

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA SAHİLİ DALGA ENERJİ POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ**

Emrah KILDIRAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA SAHİLİ DALGA ENERJİ POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ**

Emrah KILDIRAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYA SAHİLİ DALGA ENERJİ POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ**

**Emrah KILDIRAN
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2018

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA SAHİLİ DALGA ENERJİ POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ

Emrah KILDIRAN
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez/...../201..... tarihinde jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr.Öğr.Üyesi Rıfat TÜR (Danışman)

Dr.Öğr.Üyesi Tanju AKAR

Dr.Öğr.Üyesi Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU

ÖZET

ANTALYA SAHİLİ DALGA ENERJİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Emrah KILDIRAN

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Rıfat TÜR

Haziran 2018; 65 sayfa

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden birisi rüzgar enerjisidir. Kurulum maliyetlerinin düşük ve elde edilecek enerjinin diğer yenilenebilir enerjilere kıyasla yüksek olması sebebi ile ön plana çıkmaktadır. Rüzgar karada direkt esmesi ile rüzgar enerjisi oluşturabildiği gibi deniz yüzeyine enerjisini aktararak rüzgar etkenli dalgaları oluştururlar. Dalgalardan son yıllarda tercih edilen yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan dalga enerjisi temin edilebilir.

Bu tez çalışmasında Antalya İli sahil şeridinde belirlenen Kaş, Demre, Finike, Kumluca, Kemer, Konyaaltı, Lara, Serik, Manavgat, Alanya ve Gazipaşa ölçüm istasyonları için uzun dönem (01.01.1988 - 01.01.2018 veya ölçüm istasyonunun hizmete girdiği tarihten itibaren 01.01.2018'e kadar) saatlik rüzgar hızı ve yönü, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü arşivinden temin edilen veriler kullanılarak Wilson metodu ile belirgin dalga yükseklikleri belirlenmiş ve bu sayede rüzgar etkenli dalgaların enerji potansiyelleri hesaplanmıştır.

Her bölge için rüzgar gülleri, yönlere bağlı rüzgar esme sayı ve oranları belirlenmiştir. Belirgin dalga yükseklikleri tablosu ve esme yönlerine göre dalga enerjilerinin karşılaştırılması tüm Antalya sahili için sunulmuştur.

Finike bölgesi haricinde hesaplanan dalga enerjileri çok yüksek olmasa da, karadan ulaşımı olmayan adalar ve koylar gibi enerji nakilinin zor olduğu bölgeler için aydınlatma ve barınma gibi temel ihtiyaçları karşılayacak kapasitede olduğu gözlemlenmiştir. Kaş bölgesi diğer bölgelerden farklı şekilde sürekli dalga iklimi ve yüksek enerji potansiyeli sayesinde rantabl yatırım olarak gözükmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Dalga enerjisi, Wilson metodu, Belirgin dalga yüksekliği, Antalya sahili, Rüzgar etkenli dalgalar

JÜRİ: Dr.Öğr.Üyesi Rıfat TÜR

Dr.Öğr.Üyesi Tanju AKAR

Dr.Öğr.Üyesi Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU

ABSTRACT

POTENTIAL WAVE ENERGY OF ANTALYA SEASIDE

Emrah KILDIRAN

Master Thesis in Department of Civil Engineering

Supervisor: Rifat TÜR

June 2018; 65 pages

One of the most important renewable energy sources is wind energy. Installation costs are low and the energy to be obtained is high compared to other renewable energies. The wind can generate energy by direct blowing on the land as well as bringing the wind-induced waves to the water with its effect on the surface of the sea; In this context, energy production is also possible from the waves. Wind generated waves in this way would be suitable for short wave energy.

In this thesis study, long term (01.01.1988-01.01.2018 or the date when the measuring station entered service on the measurement stations of Kaş, Demre, Finike, Kumluca, Kemer, Konyaaltı, Lara, Serik, Manavgat, Alanya, Gazipaşa) wind speed and direction, using the data obtained from the General Directorate of Meteorology of the Ministry of Forestry Republic of Turkey and Water Affairs, significant wave heights were determined by the Wilson method and the potentials of wave energy generated by the wind effect were calculated.

For each region, the wind roses, the number of wind blows per direction, and the ratio of the wave energies that can be obtained in relation to the significant wave height, and the calculated wave energies for effective feces are presented.

It has been observed that although the calculated wave energy outside the finike region is not very high, it is in a capacity to meet basic needs such as lighting and housing for areas where energy transmission is difficult, such as islands and roads without land transportation. Kas region appears to be a rantable investment thanks to its continuous wave climate and high energy potential, unlike other regions.

KEYWORDS: Wave energy, Wilson method, Significant wave height, Antalya coast, Wind waves

COMMITTEE: Asst.Prof.Dr. Rifat TÜR

Asst.Prof.Dr. Tanju AKAR

Asst.Prof.Dr. Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU

ÖNSÖZ

Antalya körfezinin coğrafi yapısı sebebi ile bölgedeki enerji potansiyelleri sahil şeridi boyunca farklılıklar göstermektedir. Geçmişte yapılan çalışmalar ışığında bu kez resmi kayıtlardaki uzun dönem rüzgar verileri değerlendirilerek bölgesel ve detaylı bir çalışma yapılmıştır.

Tezimin hazırlanmasında sabırla danışmanlığımı yapan, bu konudaki tecrübelerini ve engin bilgilerini çalışmamın her anında benimle paylaşan çok değerli hocam Sayın Dr.Öğr.Üyesi Rıfat TÜR'e, teşekkürü bir borç bilirim.

Rüzgar ve rüzgar enerjisi alanında fikir ve görüşlerine başvurduğum Arş.Gör. Dilayda SOYLU PEKPOSTALCI'ya, yardım ve desteklerinden ötürü çok teşekkür ederim.

Devletimizin en saygın kamu kurumlarından olan T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne çok değerli arşiv verilerini tezimde kullanmak üzere benimle paylaştıkları ayrıca da rüzgar verilerinin kullanımı hakkında detaylı bilgi verdikleri için çok teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde bana ışık olan çok değerli BABAM'a, dualarını eksik etmeyen ANNEM'e, her konuda arkamda duran canım EŞİM'e, dünyama renk veren ve bu tez çalışması boyunca kendilerine yeterince vakit ayıramadığım canım EVLATLARIM'a sonsuz teşekkür ederim

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1.GİRİŞ	1
1.1.Çalışma Alanı	3
1.2.Çalışmanın Kapsamı.....	4
2.KAYNAK TARAMASI.....	5
3. MATERYAL VE METOD	7
3.1.Rüzgar Verileri ve Analizleri	8
3.2.Rüzgar Dalgalarının Gelişimi.....	15
3.3.Rüzgar Verileri Kullanarak Dalga Tahmini	16
3.3.1.WAM dalga modeli	17
3.3.2.CEM dalga modeli	18
3.3.3.SMB dalga modeli	18
3.3.4.Wilson dalga modeli	19
3.4.Dalga Enerjisi	20
4. BULGULAR.....	22
4.1.Kaş (36.1839 .K, 29.6422 D)	23
4.2.Demre (36.2421 K, 29.9790 D).....	26
4.3.Finike (36.3024 K, 30.1458 D)	29
4.4.Kumluca (36.3646 K, 30.2978 D).....	32
4.5.Kemer (36.5942 K, 30.5672 D).....	35
4.6.Konyaaltı (36.8400 K, 30,6100 D).....	38
4.7.Lara (36.9063 K, 30.7990 D)	41
4.8.Serik (36.8604 K, 31.0627 D)	44
4.9.Manavgat (36.7895 K, 31.4410 D).....	47
4.10.Alanya (36.5507 K, 31.9803 D)	50

4.11.Gazipaşa (36.2715 K, 32.3045 D).....	53
5. TARTIŞMA	56
5.1.Genel Değerlendirme	56
6.SONUÇLAR	61
7.KAYNAKLAR	62
8.EKLER.....	64
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Antalya Sahili Dalga Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

... / ... /

Emrah KILDIRAN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ρ	: Deniz suyu yoğunluğu (ton/m ³)
g	: Yer çekimi ivmesi (m/s ²)
H	: Dalga yüksekliği (m)
H_s	: Belirgin dalga yüksekliği (m)
F	: Feç uzunluğu (km)
F_{etk}	: Etkili Feç uzunluğu (km)
F_i	: i yönünde karşı kıyıya olan uzaklık (km)
α_i	: Etkin rüzgar yönü ile i yönü arasındaki açı (°)
u	: Rüzgar hızı (m/s)
u_{10}	: Deniz seviyesinden 10 m. yukarıdaki rüzgar hızı (m/s)
E	: Dalga enerji potansiyeli (kW/m), birim alandaki enerji miktarı.
h	: Saat.
N	: Kuzey
NNW	: Kuzey Kuzey Doğu
NW	: Kuzey Doğu
WNW	: Doğu Kuzey Doğu
W	: Doğu
WSW	: Doğu Güney Doğu
SW	: Güney Doğu
SSW	: Güney Güney Doğu
S	: Güney
SSE	: Güney Güney Batı
SE	: Güney Batı
ESE	: Güney Güney Batı

E : Batı

ENE : Batı Kuzey Batı

NE : Kuzey Batı

NNE : Kuzey Kuzey Batı

Kısaltmalar

MEVBİS : Meteoroloji Verileri Bilgi Sistemi

ECMWF : Avrupa Orta Vade Hava Tahmini Merkezi

NATO TU-WAVES : NATO'nun Barış için Bilim Birimi

NOAA : Ulusal Okyanus ve Hava Tahmin Kurumu

WAM : Wave Modelling Group

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ölçüm İstasyonları	3
Şekil 3.1. Dalgalara ait temel tanımlar.....	8
Şekil 3.2. Rüzgar Yönleri	10
Şekil 3.3. Kaş ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.....	10
Şekil 3.4. Demre ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.	10
Şekil 3.5. Finike ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.....	11
Şekil 3.6. Kumluca ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü	11
Şekil 3.7. Kemer ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü	12
Şekil 3.8. Konyaaltı ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü	12
Şekil 3.9. Lara ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.....	13
Şekil 3.10 Serik ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.....	13
Şekil 3.11. Manavgat istasyonuna ait rüzgar gülü	14
Şekil 3.12. Alanya ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.....	14
Şekil 3.13. Gazipaşa ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü	15
Şekil 3.14. Wilson metoduna göre dalga tahmini (OCDI 2009).....	20
Şekil 4.1. Rüzgar gülü (ANTALYA).....	22
Şekil 4.2. Rüzgar gülü (KAŞ).....	23
Şekil 4.3. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (KAŞ).....	24
Şekil 4.4. Kaş enerji potansiyeli (kW/m).....	25
Şekil 4.5. Rüzgar gülü (DEMRE).....	26
Şekil 4.6. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (DEMRE).....	27
Şekil 4.7. Demre enerji potansiyeli (kW/m)	28
Şekil 4.8. Rüzgar gülü (FİNİKE).....	29
Şekil 4.9. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (FİNİKE).....	30
Şekil 4.10. Finike enerji potansiyeli (kW/m).....	32

Şekil 4.11. Rüzgar gülü (KUMLUCA).....	33
Şekil 4.12. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (KUMLUCA).....	33
Şekil 4.13. Kumluca enerji potansiyeli (kW/m)	34
Şekil 4.14. Rüzgar gülü (KEMER).....	35
Şekil 4.15. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (KEMER).....	36
Şekil 4.16. Kemer enerji potansiyeli (kW/m)	37
Şekil 4.17. Rüzgar gülü (KONYAALTI)	38
Şekil 4.18. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (KONYAALTI)	39
Şekil 4.19. Konyaaltı enerji potansiyeli (kW/m)	40
Şekil 4.20. Rüzgar gülü (LARA)	41
Şekil 4.21. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (LARA)	42
Şekil 4.22. Lara enerji potansiyeli (kW/m).....	43
Şekil 4.23. Rüzgar gülü (SERİK)	44
Şekil 4.24. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (SERİK)	45
Şekil 4.25. Rüzgar gülü (MANAVGAT).....	47
Şekil 4.26. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (MANAVGAT).....	48
Şekil 4.27. Manavgat enerji potansiyeli (kW/m)	49
Şekil 4.28. Rüzgar gülü (ALANYA)	50
Şekil 4.29. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (ALANYA)	51
Şekil 4.30. Alanya enerji potansiyeli (kW/m)	52
Şekil 4.31. Rüzgar gülü (GAZİPAŞA)	53
Şekil 4.32. Yönlere bağlı rüzgar – feç ilişkisi (GAZİPAŞA)	54
Şekil 4.33. Gazipaşa enerji potansiyeli (kW/m)	55
Şekil 5.1. Asgari Dalga Enerji Seviyeleri	58
Şekil 5.2. Azami Dalga Enerji Seviyeleri	58
Şekil 5.3. Antalya kıyı şeridinde seçilen 11 bölgeye ait dalga enerji atlası	59

Şekil 8.1 Demre, Finike, Kumluca etkili feç ölçümü	63
Şekil 8.2 Kemer, Konyaaltı, Lara etkili feç ölçümü	63
Şekil 8.3 Serik, Manavgat etkili feç ölçümü.....	64
Şekil 8.4 Alanya, Gazipaşa etkili feç ölçümü	64



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Ölçüm İstasyonları.....	3
Çizelge 2.1. Türkiye denizleri dalga diklikleri	6
Çizelge 3. 1. Dalgaların oluşum sebeplerine göre sınıflandırılması	21
Çizelge 4.1. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (KAŞ).....	24
Çizelge 4.2. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (KAŞ)	25
Çizelge 4.3. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (DEMRE).....	27
Çizelge 4.4. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (DEMRE)	28
Çizelge 4.5. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (FİNİKE).....	30
Çizelge 4.6. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (FİNİKE)	31
Çizelge 4.7. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (KUMLUCA)	33
Çizelge 4.8. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (KUMLUCA).....	34
Çizelge 4.9. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (KEMER).....	36
Çizelge 4.10. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (KEMER)	37
Çizelge 4.11. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (KONYAALTI)	39
Çizelge 4.12. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (KONYAALTI).....	40
Çizelge 4.13. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (LARA).....	42
Çizelge 4.14. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (LARA).....	43
Çizelge 4.15. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (SERİK)	45
Çizelge 4.16. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (SERİK).....	46
Çizelge 4.17. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (MANAVGAT)	48
Çizelge 4.18. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (MANAVGAT).....	49
Çizelge 4.19. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (ALANYA).....	51
Çizelge 4.20. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (ALANYA)	52

Çizelge 4.21. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (GAZİPAŞA)..... 54

Çizelge 4.22. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı
(GAZİPAŞA) 55

Çizelge 5.1. Rüzgar etkenli dalga enerjisi potansiyelleri ve enerji verimlilikleri..... 60



1. GİRİŞ

İnsan, var oluştan günümüze sürekli kendini geliştirme arayışı içerisinde. 18. yüzyıldan itibaren bu arayış, elektriğin keşfi ve sanayileşme ile çağ atlamış günümüze kadar da ivmelenerek artmıştır. Başlarda fosil yakıtları ile karşılanan bu enerji ihtiyacı zaman içerisinde sera gazı etkisi yaratmış ve küresel ısınmayı tetikleyici çevresel faktörler ortaya çıkarmıştır. Günümüzde sera gazı etkisi olmayan iki çeşit enerji üretim şekli bulunmaktadır. Bunlardan birincisi nükleer enerji santralleridir. Ancak işletmesi çok dikkat isteyen nükleer enerji santralleri uranyum maddesinin elde edilip geliştirilmesi aşamalarında olası bir radyoaktif sızıntı halinde 1986 da olduğu gibi Çernobil faciası benzeri bir faciaya sebebiyet verebilecektir. Ayrıca yatırım maliyetleri de çok yüksektir. Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi hem düşük maliyetli hem de çok daha çevreci olduğu görülmektedir.

Enerji üretimi, zaman içerisinde odun, kömür, petrol ve nükleer enerji ile elde edilmiştir. Bu gelişim süresince kullanılan hammaddelerden enerji ve hammadde artıkları çıkmıştır. Tarih boyunca, enerji üretiminde kullanılan hammadde kaynaklı atıkların çevre kirliliği ve küresel ısınma gibi doğal yaşamı etkileyen zararları görülmüştür. Bunun bir sonucu olarak insanoğlu kendi eli ile dünyanın sonunu getirmekle birlikte toplumun ihtiyacı olan enerjiyi daha doğal ve çevreci yollarla elde etme arayışına girmiştir.

İlk insanlar odunu el aletlerinde, ateşte ve barınak yapımında kullanmıştır. Odun'un yanması ile hem ısınıyorlar hem de yemeklerini pişirebilmişlerdir. Ancak bu ihtiyaçlar arttıkça yerleşim yerleri ve çevresindeki ağaçlar giderek azalmıştır. İnsanlar zamanla kesilen ağaçların yerlerini tarım alanları olarak kullanmaya başlamıştır. İnsanoğlu'nun bu tutumu günümüzde de devam etmektedir.

17. yüzyılda kömür, enerji alanında kullanılan en önemli kaynak konumundadır. Sanayileşmenin başlaması ile kömür ihtiyacı da günden güne artar hale gelmiştir. 18. yüzyılda sanayi devrimi ile birlikte artan enerji ihtiyacı kömürün çeşitli şekillerde değerlendirilmesi ile elektrik üretimine kadar gelişim göstermiştir.

Kömür kullanımı çevreci olmayan atık madde ve karbondioksit gazı çıkarması nedeni ile gelişmiş ülkelerde artık kullanılmamakta veya kullanımı asgari düzeye indirilmektedir. Ülkemizde maalesef halen en önemli ısınma kaynaklarının başında gelmektedir. Doğalgaz'ın çok yaygın olmaması ve kurulum maliyetinin ekonomik olmaması insanları kömür kullanımına yönlendirmektedir. Kalitesiz kömür kullanımı aşırı çevre kirliliğine sebep olmakla birlikte piyasadaki kömürler sürekli devlet denetiminden geçirilmekte ve bir nebze de olsa daha az zararlı kömür kullanımı sağlanmaktadır.

Petrol başlarda doğaya zararlı bir maden olarak görülse de artan enerji gereksinimini karşılamak amacıyla sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. 19. yüzyılın başlarında içten yanmalı motorun icadı ile daha konforlu ve daha ekonomik araçlar yapılmaya ve enerji ihtiyacı petrol ve türevlerinden karşılanma süreci hızlanmıştır. Petrol kullanımının artışı ile çok yüksek miktarda karbondioksit gazı açığa çıkmaktadır.

Dünya, üzerine düşen güneş ışınlarından çok, dünyadan yansıyan güneş ışınlarıyla ısınmaktadır. Bu yansıyan ışınlar başta karbondioksit, metan ve su buharı olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulur, böylece dünya ısınır. Işınların bu gazlar tarafından tutulmasına sera etkisi denir. Atmosferde bu gazların miktarının artması yerküredeki ısınmayı büyük oranda arttırmaktadır.

Günümüzdeki tehlike, karbondioksit ve diğer sera gazlarının miktarındaki artışın bu doğal sera etkisini şiddetlendirmesinde yatmaktadır. Binlerce yıldır dünyamızdaki karbon kaynakları kararlı kalırken, şimdi modern insanoğlu aktiviteleri, fosil yakıtların kullanımı, ormanların yok oluşu, aşırı tarım yapılması, atmosfere büyük miktarlarda karbondioksit ve diğer sera gazlarının salınmasına sebep olmaktadır.

Gelişen dünyanın en yeni enerji üretim şekli ise tamamen doğal ve çevreci olan yenilenebilir enerjidir. Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi (biyoyakıt enerjisi de dahil), hidrojen enerjisi, dalga enerjisi, gelgit enerjisi olarak sıralanabilir.

Rüzgar esmesi ile oluşan kinetik enerji, türbin vasıtası ile mekanik enerjiye çevrilir ve elektrik üretimi sağlanır. Rüzgar türbinleri doğadaki kinetik enerjiyi kullanması, hızlı kurulum ve doğa dostu olduklarından tercih sebebidir. Gürültülü oluşu ve sürekli rüzgar ihtiyacı olması ise sistemin eksilerindendir. Ülkemizde 2005 yılı itibarı ile 20,5 MW rüzgar enerjisi kurulu gücü varken, 2018 yılına gelindiğinde bu rakam 6.872 MW'a çıkmıştır (TEİAŞ 2018).

Güneş ışınlarından elde edilen güneş enerjisi, ısıtma ve elektrik üretiminde kullanılır. Uzun yıllardan beri hayatımızda olan güneş enerjisi yakın geçmişe kadar sıcak su temininde kullanılmakta iken, ilk kez resmi kayıtlı elektrik üretimi 2014 yılında 40,2 MW iken şimdilerde 2.060 MW'a çıkmıştır (TEİAŞ 2017).

Suyun akışı ile üretilen hidrolik enerji hız ile doğru orantılıdır. Kot farklılıklarından da elde edilebilen bu yenilenebilir enerji halen ülkemizde en çok enerji ürettiğimiz yenilenebilir enerji kaynağıdır. Kurulu gücü 2005 yılı itibarı ile 12.906 MW iken 2016 yılında 26.681 MW olarak gerçekleşmiştir. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile beraber 2016 yılı sonu itibarı ile ülkemizdeki kurulu güç 34.582 MW, yenilenebilir enerji potansiyeli 78.497 MW olmak üzere % 44,1'inin değerlendirildiği görülmektedir (TEİAŞ 2017).

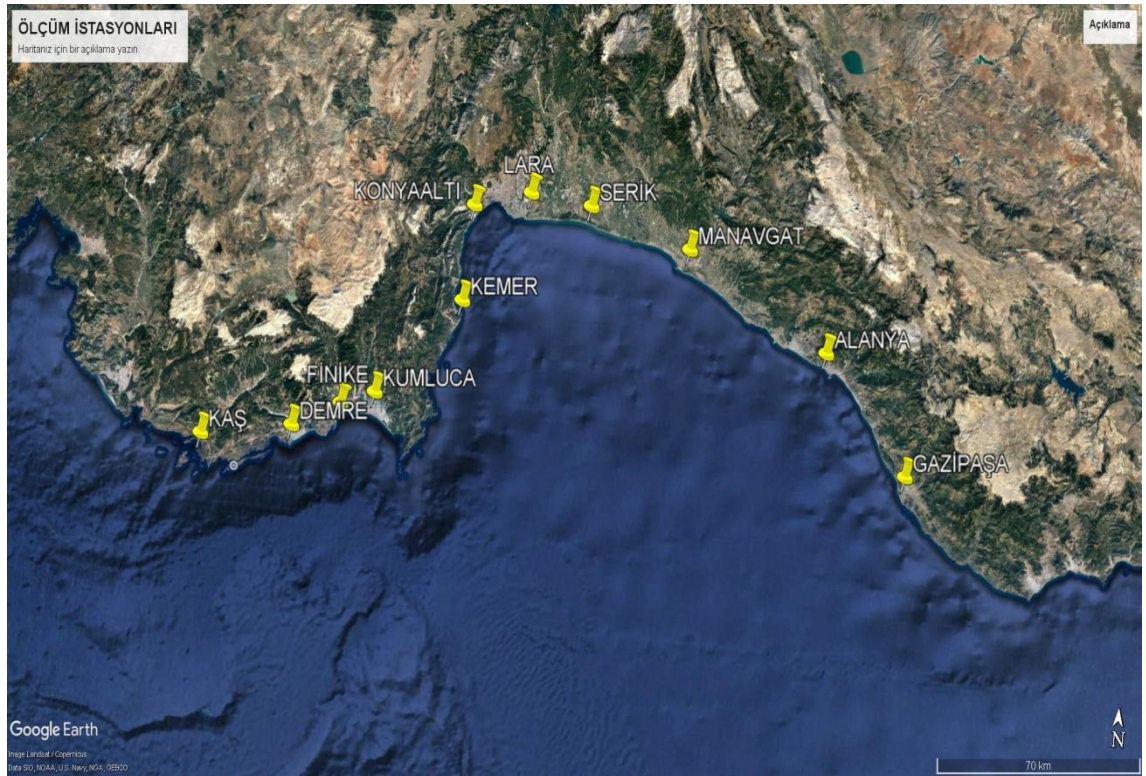
Günümüzde Antalya kıyı sahil şeridi, başta turizm olmak üzere balıkçılık, ticaret, vb. amaçlar için kullanılmaktadır. Kıyı sahil şeridinin büyük bir bölümü turizm amaçlı kullanılmakla birlikte, halen Türkiye'nin ve Dünya'nın en çok mavi bayraklı plajları Antalya'da bulunmaktadır. Sahil boyunca turizm yapıları (otel, pansiyon, vb.) ile az sayıda kıyı yapısı bulunmaktadır. Söz konusu kıyı yapıları barınma ve korunma amaçlı marina ve balıkçı barınaklarıdır. Bugüne kadar yapılan kıyı yapılarında dalga enerjisi üretimi amacıyla planlanmış herhangi bir özel yapı bulunmamaktadır.

Yapımı planlanan Kruvaziyer Liman projesi ve Boğaçay Liman projesi gibi projeler henüz inşasına başlanmamış olması sebebi ile proje revizyonu ile dalga enerjisinden elektrik üretebilecek kıyı yapıları haline getirilebilecektir. Bu ve benzeri yapılardan enerji teminin sağlanabilmesi için dalga enerjisi potansiyelinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile Antalya sahil bölgesinde farklı istasyonlarda ölçülen uzun dönem rüzgar verileri ile potansiyel dalga enerjileri hesaplanmıştır.

Belirlenen dalga enerjisi potansiyellerinin her ne kadar mahalli ihtiyaçları karşılayacak kadar büyük olmasa da karadan ulaşımı olmayan, ancak elektrik ihtiyacı olabilecek kıyı yapıları ve küçük çaplı yerleşim yerleri için aydınlatma gibi temel ihtiyaçları karşılayabileceği görülmektedir.

1.1. Çalışma Alanı

Antalya sahil şeridinde seçilen Kaş, Demre, Finike, Kumluca, Kemer, Konyaaltı, Lara, Serik, Manavgat, Alanya ve Gazipaşa ölçüm istasyonları Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Ölçüm İstasyonları

Seçilmiş olan Meteoroloji Genel Müdürlüğü istasyonları, koordinatları ve kotları Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Ölçüm İstasyonları

İstasyon	Bölge	Kuzey	Doğu	Kot (m)
17473	KAŞ	36.1839	29.6422	2
17970	DEMRE	36.2421	29.9790	25
17375	FİNİKE	36.3024	30.1458	2
17951	KUMLUCA	36.3646	30.2978	60
17953	KEMER	36.5942	30.5672	10
17304	KONYAALTI	36.8400	30.6100	4
17300	LARA	36.9063	30.7990	64
17915	SERİK	36.8604	31.0627	6
17954	MANAVGAT	36.7895	31.4410	38
17310	ALANYA	36.5507	31.9803	6
17974	GAZİPAŞA	36.2715	32.3045	21

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Dalga enerji potansiyelini hesaplayabilmek için öncelikle bölgesel dalga ikliminin belirlenmesi gerekmektedir. Ancak dalga ikliminin belirlenmesi için uzun dönem dalga ölçüm verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Antalya sahil şeridi boyunca yapılan direkt dalga ölçüm verileri çok kısıtlıdır. Ölçüm verisi mevcut olmayan kıyı alanlarında ise ölçümü dalga ölçümlerine nazaran daha kolay olan rüzgar verileri kullanılarak ampirik formüllerle dalga parametreleri elde edilebilmektedir.

Antalya sahil şeridinde belirlenen Kaş, Demre, Finike, Kumluca, Kemer, Konyaaltı, Lara, Serik, Manavgat, Alanya ve Gazipaşa ölçüm istasyonları için uzun dönem (01.01.1988 - 01.01.2018 veya ölçüm istasyonunun hizmete girdiği tarihten 01.01.2018'e kadar) saatlik rüzgar hızı ve yönü, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü arşiv verileri MEVBİS üzerinden temin edilmiştir.

Rüzgar verileri düzenlendikten sonra Wind Rose Pilot paket programı ile her bölge için rüzgar gülleri çizdirilmiştir.

Dalga oluşumunda belirleyici olan en etkin faktör feç (F) uzunluğudur. Derin deniz şartları altında feç uzunlukları 11 bölge için rüzgarın esme yönüne göre 22,5° aralıklarla ölçülmüş ve etkili feç mesafeleri hesaplanmıştır.

Belirgin dalga yüksekliklerinin tayininde Wilson metodu kullanılmıştır. Ayrıca ölçüm bölgelerine ait etkili feç ve rüzgar gülleri dikkate alınarak kıyı boyunca en etkili olacak yönlere göre belirgin dalga yükseklikleri de hesaplanmıştır. Bu kapsamda dalga enerjisi potansiyelleri değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

Derebay (2007) Uzun dönem rüzgar verileri kapsamında Akdeniz ve Ege Denizi açıklarındaki soluğan dalgası yükseklikleri karşılaştırılmıştır. Akdeniz soluğan dalga yüksekliklerinin Ege denizine oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Açık deniz için ölçülen soluğan dalgası yüksekliklerinin derinliğin az olduğu kıyı bölgelerinde daha yüksek olacağı belirtilmiştir.

Çaban (2007) Karadeniz'in Güney kıyılarının uzun dönem rüzgar ve dalga iklimi incelenmiştir. Çalışma kapsamında hesaplanan dalga yükseklikleri değerlendirilmiştir. Karadeniz'in batısının dalga yüksekliklerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Duman (2010) İğneada, Sinop, Hopa, Alanya bölgelerindeki dalga enerji potansiyelleri incelenmiştir. ECMWF (Avrupa Orta Vade Hava Tahmini Merkezi) uzun dönem rüzgar verileri ile yapılan çalışmada rüzgar etkenli dalgalardan yeterli düzeyde dalga enerjisi üretilebileceği gösterilmiştir. Dalga enerji potansiyeli en yüksek olan bölgeler İstanbul Boğazı'nın kuzeyi ile Karadeniz'in batısındaki bölgeler olarak belirlenmiştir. İğneada ve Sinop bölgelerinin dalga enerjisinden üretim yapılabilecek tesisler için yeterli düzeyde dalga iklimine sahip olduğu görülmüştür.

Sağlam ve Uyar (2005) Kalkan açıkları için yapılan rüzgar tahmini ve istatistiksel analizlerde dalga enerjisinin 6,6 kw/m – 7,6 kw/m olduğu gözlemlenmiştir. Dalga yükseklikleri 1,21 metreye ve dalga periyotları 6,09 saniyeye ulaşmıştır. Bu değerlerin yıl boyunca korunduğu belirtilmiştir. Dalga enerjisi üretmek için en uygun yerler: Karadeniz'in batısında İstanbul Boğazı'nın kuzeyi ve Ege Denizi'nin güneybatı kıyıları açıkları; Marmaris ve Finike arası olduğu tespit edilmiştir. Türkiye sahillerinden dalga enerjisi üretmek için denemelere bu bölgelerden başlanması gerektiği öngörülmüştür.

Özhan ve Abdalla (1999) Karadeniz kıyısındaki rüzgâr ve dalga iklimini Türkiye kıyıları ile kıyaslamıştır. Karadeniz, Ege ve Akdenize ait rüzgar ve dalga iklimi parametreleri 30 kilometre aralıklarla ve Marmara Denizi için 10 kilometre aralıklarla belirlenmiştir. Yüzey rüzgâr hızları ve önemli dalga yükseklikleri için yıllık ve mevsimsel rüzgar ve dalga gülleri, aylık ortalamalar ve uç değerler, uç değer istatistikleri ve aynı zamanda dalga boyu arasındaki ortalama dalga periyodu ilişkileri ortaya konmuştur.

Özhan (1999) Bireysel çalışmasında mevcut modellere ek olarak meteorolojik ve dalga modelleri hazırlamış ve kullanmıştır. Meteorolojik ve dalga modelleri rüzgar alanlarını girdi olarak kullanmaktadır ve rüzgar alanları ECMWF ve sinoptik (synoptic) haritalardan elde edilmiştir. Çalışma, uzun vadeli istatistikler için 8 yıllık bir süre boyunca 3 saatlik örnekleme süresine sahip sürekli veri kullanmıştır. Aşırı değer istatistikleri için, Karadeniz için 20 yıllık (1976-1995) yıllık maksimum rüzgar hızı ve belirgin dalga yüksekliği kullanılmıştır.

NATO TU-WAVES (NATO'nun Barış için Bilim birimi) Projesi'nde dalga iklimi, Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz olmak üzere dört bölgede incelenmiştir. Bu projenin sonunda, rüzgar ve dalga iklimi hakkında ayrıntılı istatistiki bilgiler içeren “Türkiye kıyıları Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası” hazırlanmıştır (Özhan ve Abdalla 1999).

Bierbooms (2002) Uzun dönemli açık deniz türbülansını incelemek için rüzgarın doğrudan denizden geldiği (240°-300°) metrik rüzgar verileri değerlendirilmiştir. 50 m yükseklik için ölçülen veriler, deniz-kara arası mesafeden ötürü çok fazla kumullardan etkilenmeyecek şekilde seçilmiş, ayrıca kumulların etkisinde değerlendirilmiştir. Türbülans yoğunluğunun yüksekliğe bağlı logaritmik olarak değiştiğini belirlemişlerdir. Yüksek irtifalarda ekstrapolasyon nedeniyle güvenilir sonuçlar vermediği gözlemlenmiştir.

Yüksel vd. (2011) Türkiye denizleri için rüzgar ve derin deniz dalga iklimi arasındaki ilişki sayısal olarak modellenerek elde edilmiştir ve bu denizlere ait belirgin dalga yüksekliği ile ortalama dalga periyodu arasındaki ilişki belirlenmiştir.

Çizelge 2.1. Türkiye denizleri dalga diklikleri (Yüksel vd. 2011)

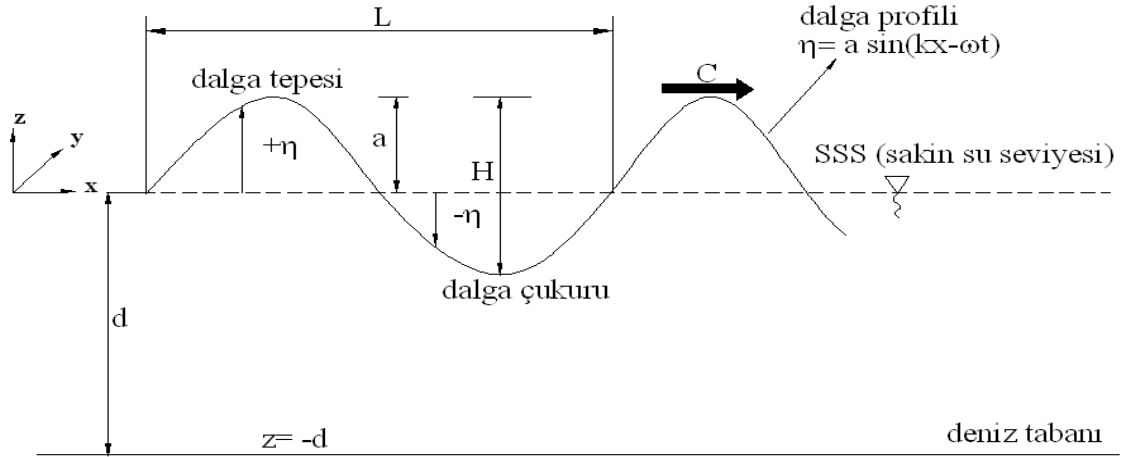
Bölge	İlişki	R ²
Karadeniz	$T_m = 4,513 H_s^{0.3235}$	0.9553
Marmara	$T_m = 3,521 H_s^{0.3327}$	0.9621
Ege	$T_m = 3,623 H_s^{0.35}$	0.9426
Akdeniz	$T_m = 4,473 H_s^{0.3371}$	0.8991

3. MATERYAL VE METOD

Rüzgarın esmesi ile enerjinin, deniz yüzeyine geçişi ile oluşan salınımlar, dalga olarak tanımlanabilir. Rüzgar etkisi ile meydana gelen dalgalara rüzgar etkenli dalgalarda (wind waves) denilmektedir. Kıyı yapılarının planlama ve tasarım safhalarında genellikle rüzgar etkenli dalgalarda esas alınmaktadır.

Açık denizlerde rüzgar enerjisinin deniz yüzeyine geçişi ile sakin su yüzeyinin hareketlenmesi sonucu düzensiz dalgalarda oluşmaktadır. Düzensiz dalgalarda oluşumunda rastgele değişkenler rol oynamaktadır. Rüzgar etkenli dalgalarda oluşumunda etkin parametreler; etkin rüzgar esme mesafesi (feç mesafesi), rüzgar esme hızı ve rüzgar esme süresidir. Bu parametrelerin büyüklüğü dalga yüksekliğini ve periyodunu (H ve T) belirlemektedir (Akdoğan, 2016).

Kıyı yapılarının tasarımında en önemli çevresel faktör olan dalgalarda su partiküllerinin yörüngesel hareketiyle oluşmaktadır. En basit yaklaşımla (lineer dalga teorisi) dalgalarda profili sinüs (veya kosinüs) eğrisi ile ifade edilmektedir. Bu dalgalarda oluşumu ve hidroliği, temel fizik kuralları ile tanımlanmaktadır. Temel dalga parametreleri Şekil 3.1.'de verilmiştir (Yüksel vd. 2011).



Şekil 3.1. Dalgalara ait temel tanımlar (Yüksel ve Çevik, 2009)

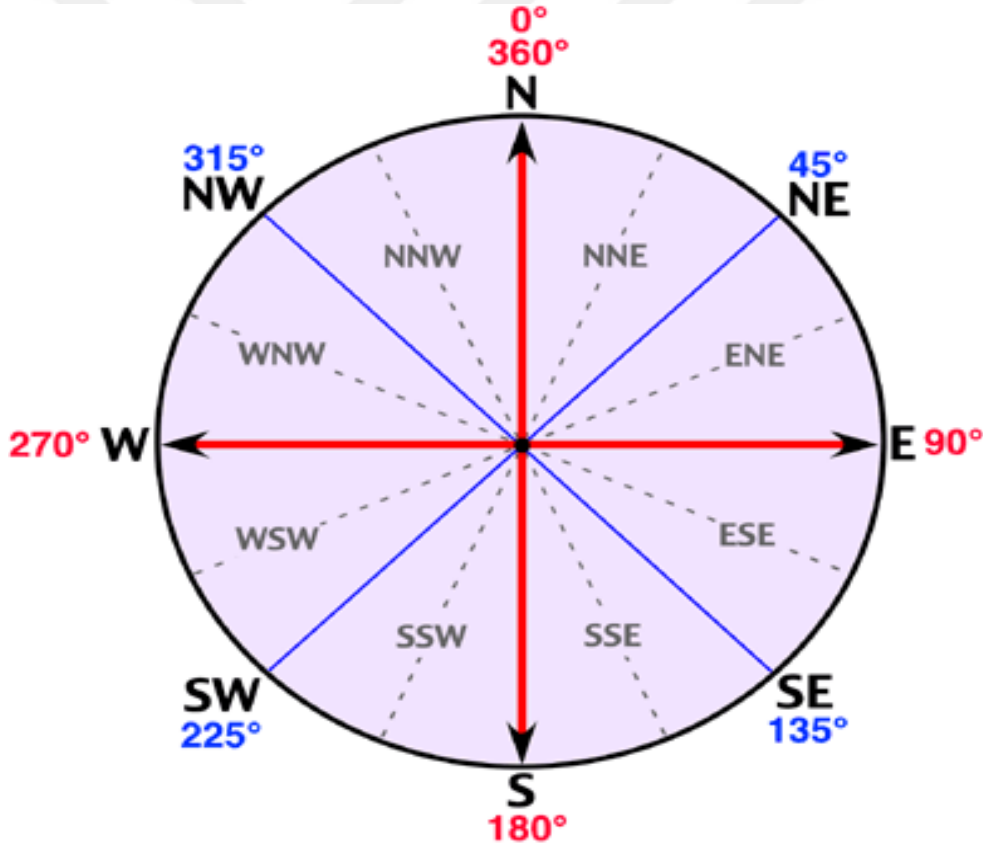
- L: Dalga boyu (m)
- H: Dalga yüksekliği (m)
- C: Dalga ilerleme hızı (m/s)
- a: Dalga genliği (m)
- η: Dalga profilinin sakin su seviyesine göre yaptığı deplasman (m)
- d: Su derinliği (m)
- x: Dalga ilerleme yönü
- z : Yukarı doğru pozitif olan düşey yön

3.1. Rüzgar Verileri ve Analizleri

Rüzgar verileri, proje alanında yapılan uzun süreli ölçümlerden, sinoptik haritalardan, sahil kesimindeki meteorolojik rüzgar ölçüm istasyonlarından, Ulusal Okyanus ve Hava Tahmin Kurumu (The National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) veya Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (European Centre for Medium Range Weather Forecasts, ECMWF) benzeri uluslararası hava tahmin kurumlarından elde edilmektedir.

Ülkemizde direkt olarak dalga yüksekliği ölçümlerinin sınırlı olması nedeniyle ölçüm istasyonlarından elde edilen rüzgar verileri (rüzgar hızı, yönü ve esme süresi) ile dalga yüksekliği hesaplanmaktadır. Deniz ve dalga tahminlerini hesaplamada kullanılan rüzgar ölçümleri, genellikle her saat için 10 dakikalık ölçümlerdir. Ölçüm istasyonları kıyılara yakın ve deniz seviyesinden farklı yüksekliklerde bulunmaktadır.

Rüzgar yönü başlangıçtan itibaren 22,5 derecelik aralıklarla toplam 16 farklı yönde Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi tanımlanmıştır.



Şekil 3.2. Rüzgar Yönleri

Çalışma kapsamında Antalya sahil şeridinde belirlenen Kaş, Demre, Finike, Kumluca, Kemer, Konyaaltı, Lara, Serik, Manavgat, Alanya ve Gazipaşa ölçüm istasyonları için uzun dönem (01.01.1988–01.01.2018 veya ölçüm istasyonunun hizmete girdiği tarihten 01.01.2018'e kadar) saatlik rüzgar hızı ve yönü, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait MEVBİS sistemi üzerinden

talep edilmiş ve akademik çalışma kapsamında kullanmak üzere temin edilmiştir.

Dalga tahminlerinde, rüzgarın yönlerine göre hızlarını veren saatlik rüzgar verileri kullanılmaktadır. Bu kapsamda rüzgar verilerinin istatistiksel dağılımı (rüzgar gülü) belirlenir. Hakim rüzgar yönü, esme sayıları ve oranları gibi değerler rüzgar gülünden temin edilebilir.

Rüzgar verilerine bağlı dalga yüksekliği ve periyodunu hesaplayabilmek için denizin 10 metre üzerindeki rüzgar hızı gerekmektedir. Bunun için ilk önce Ölçüm yapılan istasyona ait rüzgar verisi “güç kanunu” yöntemiyle (OCDI, 2009) 10 metre yüksekliğe indirgenerek karadaki rüzgar hızı parametresi U_{kara} hesaplanmaktadır.

$$U_z' = U_z (z'/z)^n \quad (3.1)$$

U_z : z yüksekliğindeki rüzgar hızı, U_z' : z' yüksekliğindeki rüzgar hızı ($z'=10m$)

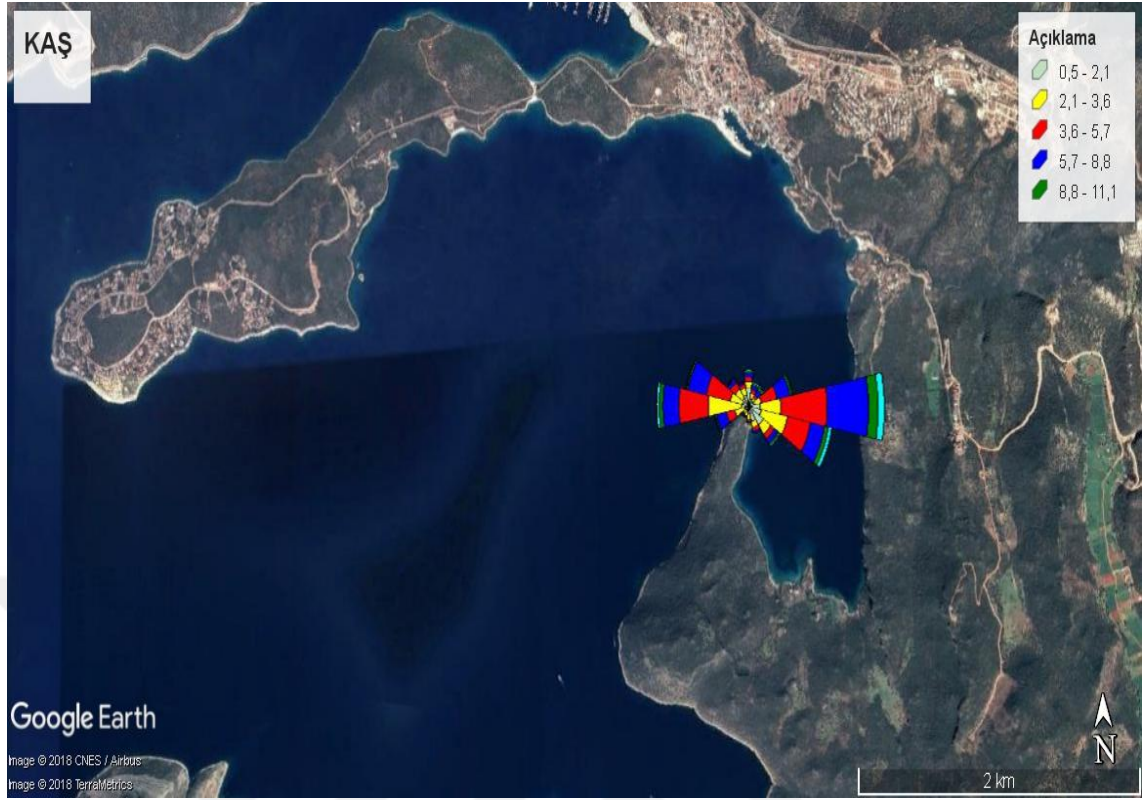
n: Bölge pürüzlülük katsayısı ($0,1 < n < 0,25$) deniz üzeri için 1/7 seçilmiş olup, hava limanı ölçüm istasyonu gibi etrafı yapılaşmış ölçüm istasyonları için 0,25 seçilmiştir.

Kıyı istasyonlarınca ölçülen rüzgar verileri dalga tahmininde sorun oluşturmaktadır. Rüzgar etkenli dalga tahmini yapmak için önerilmiş yöntemler genellikle deniz üzerinde ölçülmüş rüzgar hızlarını baz almaktadır. Kıyı ölçüm istasyonları verileri aynı anda deniz üzerinde ölçülen hızlardan daha küçüktür. Kara coğrafyasının (yapılar, ağaçlar ve topoğrafik farklılıklar gibi) hava akımını etkilemesi ve pürüzlülük oluşturarak rüzgar hız profilini değiştirmektedir. Fakat bu değişimi ölçebilen, geçerli kuramsal bir model bulunmamaktadır. Deniz ve Kara’da aynı süreçteki rüzgar hızları karşılaştırılarak incelenmiştir. Kara ve deniz rüzgar hızları arasında çeşitli ölçümler sonucunda denklem 3.2’de verilen bağıntının bulunduğu kabul edilmektedir (H_{su} , 1984).

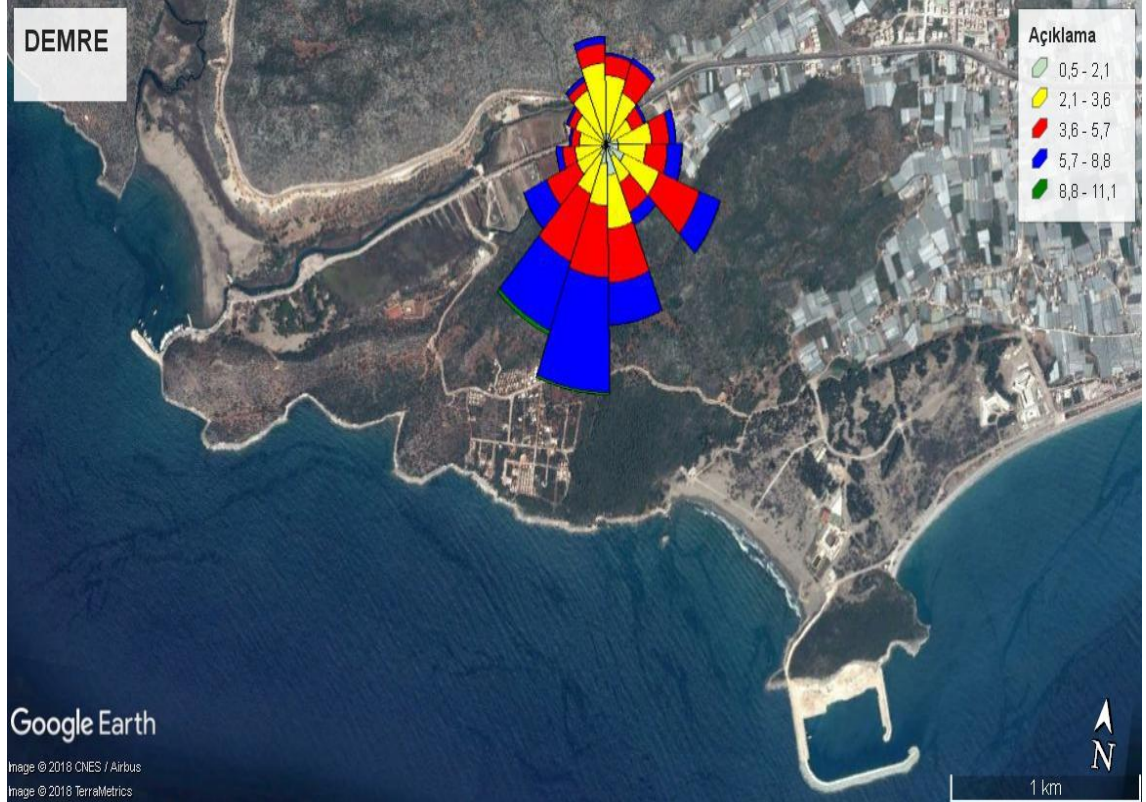
$$U_{kara} < 10m/s \text{ için } U_{deniz} = 3,93.(U_{kara})^{0,5} \quad U_{kara} \geq 10m/s \text{ için } U_{deniz} = 1,24.U_{kara} \quad (3.2)$$

Hesaplamalarda kullanmak üzere deniz seviyesinden 10 m yükseklikteki rüzgar hızları belirlenmiştir. Ayrıca rüzgar yönleri açısız olarak yeniden düzenlenmiş ve Wind Rose Pilot yazılımı ile 11 bölge için rüzgar gülleri çizilmiştir.

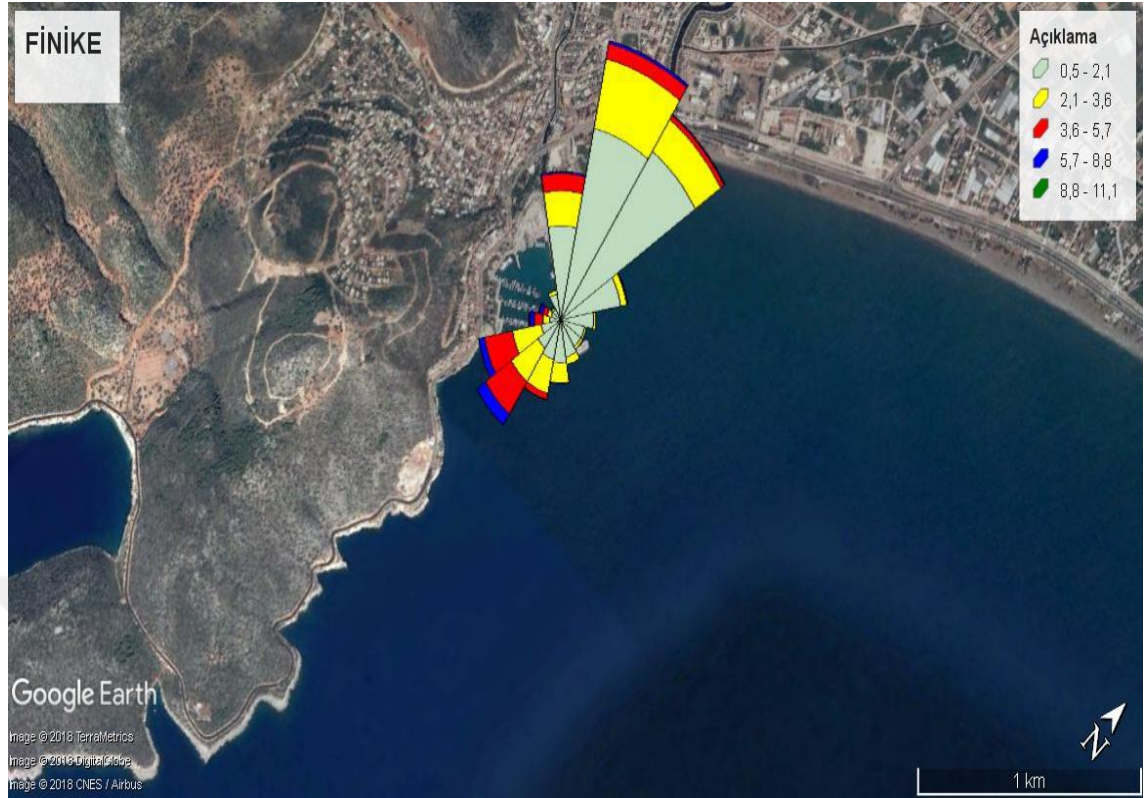
Ölçüm istasyonlarına ait rüzgar gülleri harita üzerinde; Kaş “Şekil 3.3.’de”, Demre “Şekil 3.4.’de”, Finike “Şekil 3.5.’de”, Kumluca “Şekil 3.6.’da”, Kemer “Şekil 3.7.’de”, Konyaaltı “Şekil 3.8.’de”, Lara “Şekil 3.9.’da”, Serik “Şekil 3.10.’da”, Manavgat “Şekil 3.11.’de”, Alanya “Şekil 3.12.’de”, Gazipaşa “Şekil 3.13.’de” gösterilmiştir.



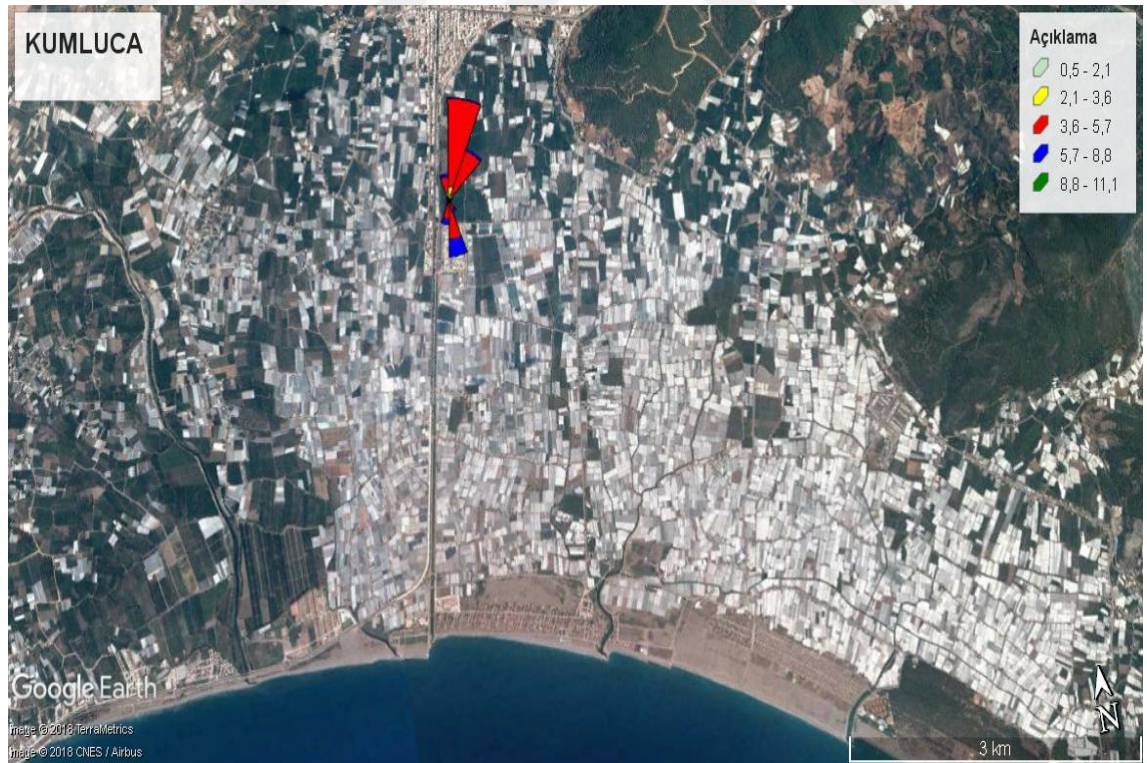
Şekil 3.3. Kaş ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.



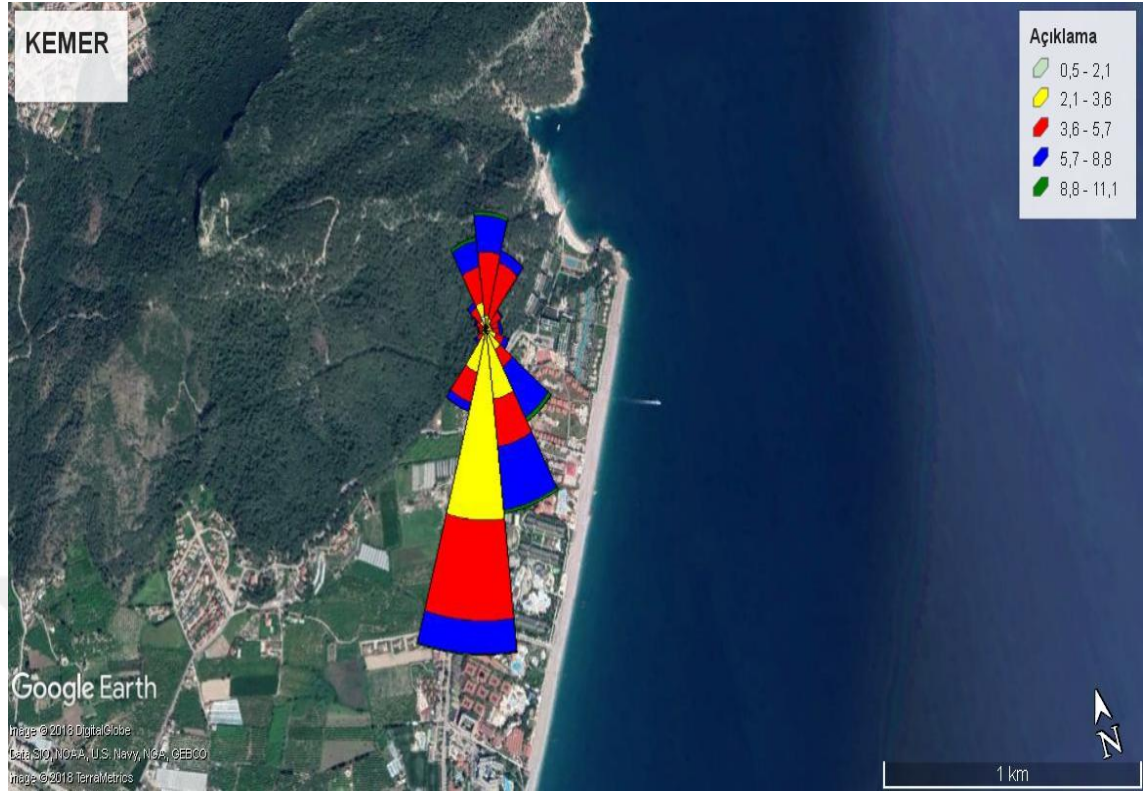
Şekil 3.4. Demre ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.



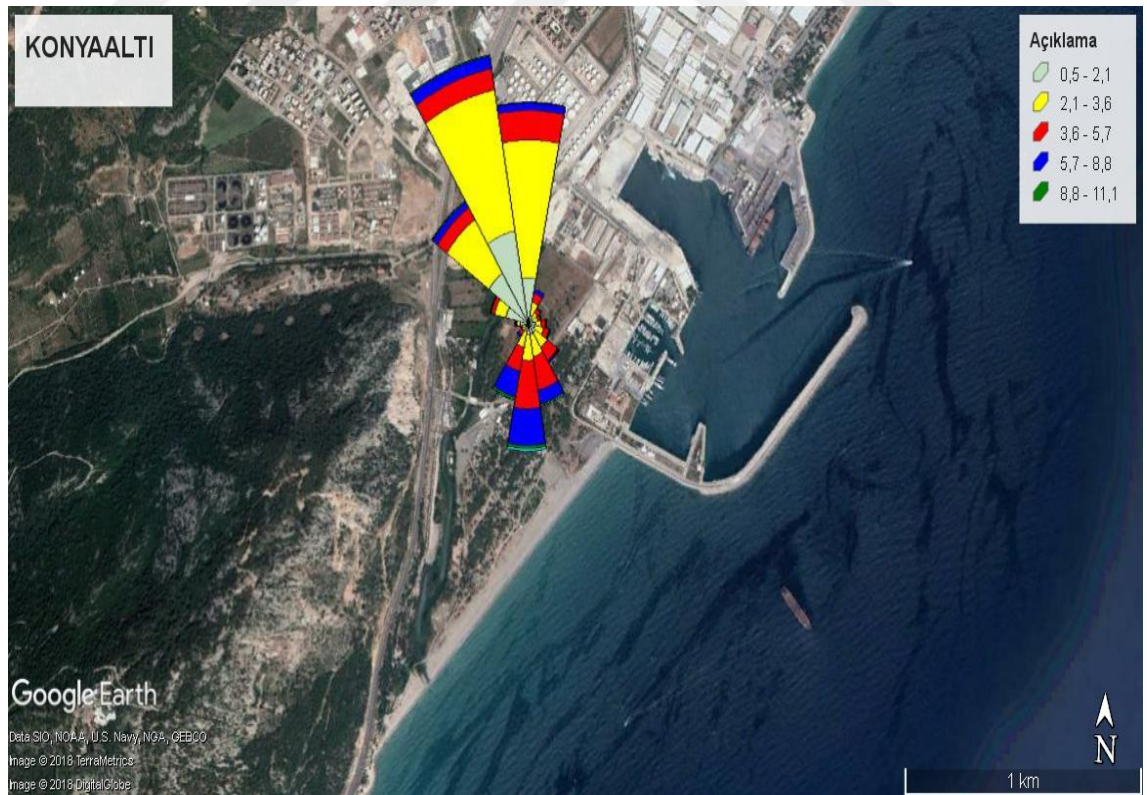
Şekil 3.5. Finike ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.



Şekil 3.6. Kumluca ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.



Şekil 3.7. Kemer ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.



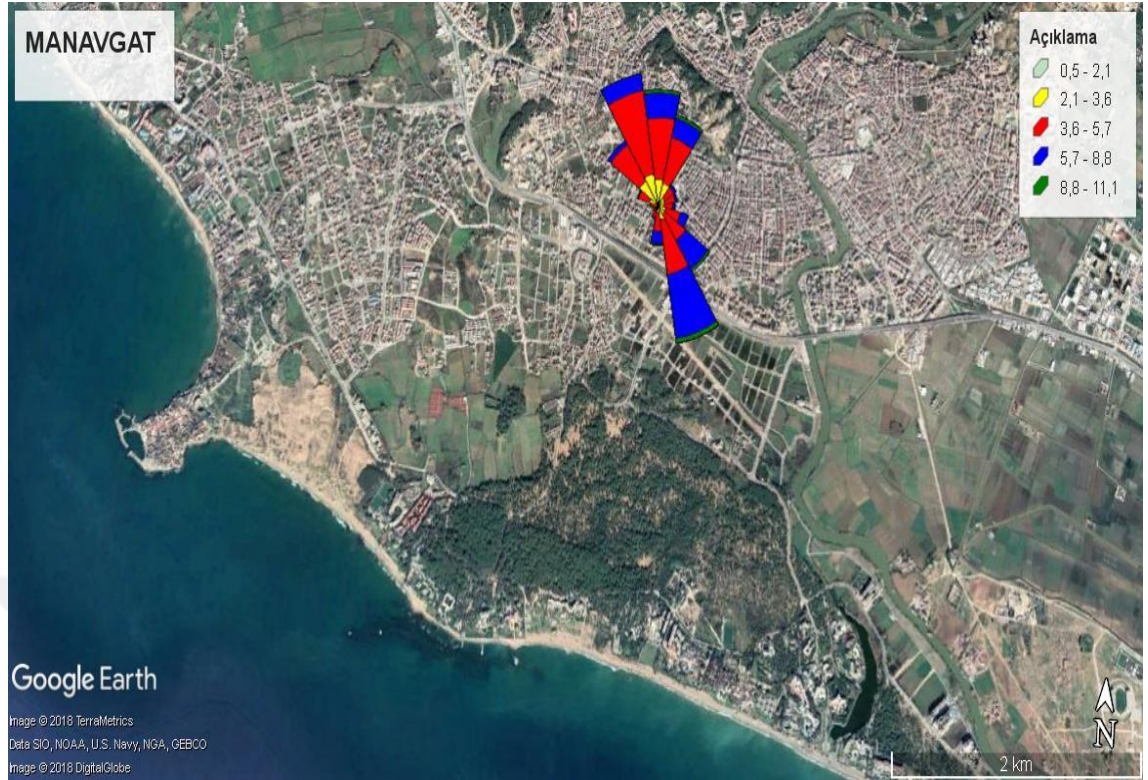
Şekil 3.8. Konyaaltı ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.



Şekil 3.9. Lara ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.



Şekil 3.10. Serik ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.



Şekil 3.11. Manavgat ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.



Şekil 3.12. Alanya ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.



Şekil 3.13. Gazipaşa ölçüm istasyonuna ait rüzgar gülü.

3.2. Rüzgar Dalgalarının Gelişimi

Belirgin dalga yüksekliği ve periyodu ($H_{1/3}$, $T_{1/3}$); dalga yükseklikleri büyükten küçüğe doğru sıralanırlar, bu sıralama toplam dalga sayısının $1/3$ 'üne ulaşana kadar yapılır ve buradaki dalgaların yükseklikleri ile bunlara karşılık gelen periyotlarının ortalamaları hesaplanır. $H_{1/3}$ en sık kullanılan dalga yüksekliği değeridir. Bunun nedeni eski yapıların, dalgaların gözlem değerlerine göre tasarlanması ve belirgin dalga yükseklik ve periyodunun bu değerlere karşılık gelmiş olmasıdır (Yüksel ve Çevik 2009).

Su yüzeyi üzerinde esen rüzgarın oluşturduğu enerji dalga ve akıntıya dönüşmektedir. Deniz üzerinde rüzgar dalgalarının olduğu yüzeysel alana feç denir. Dalga yükseklikleri feç ile doğru orantılıdır. Feç arttıkça dalga yükseklikleri artmaktadır. Karadan esen rüzgarlar boyutu ne olursa olsun feç olmadığı için kıyıda dalga oluşturmazken, en büyük dalga yükseklikleri maksimum feç yönlerinden gelmektedir.

Feç uzunluklarının belirlenebilmesi için çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte en çok tercih edilen etkili feç uzunluğudur. Belirlenen konum için dalga yönüne göre $\pm 45^\circ$ aralığında $7,5^\circ$ de bir doğrultu boyunca rastlanan ilk kara parçasına kadar feç uzunlukları ölçülür ve bu yöndeki etkili feç uzunluğu denklem 3.3'e göre belirlenir.

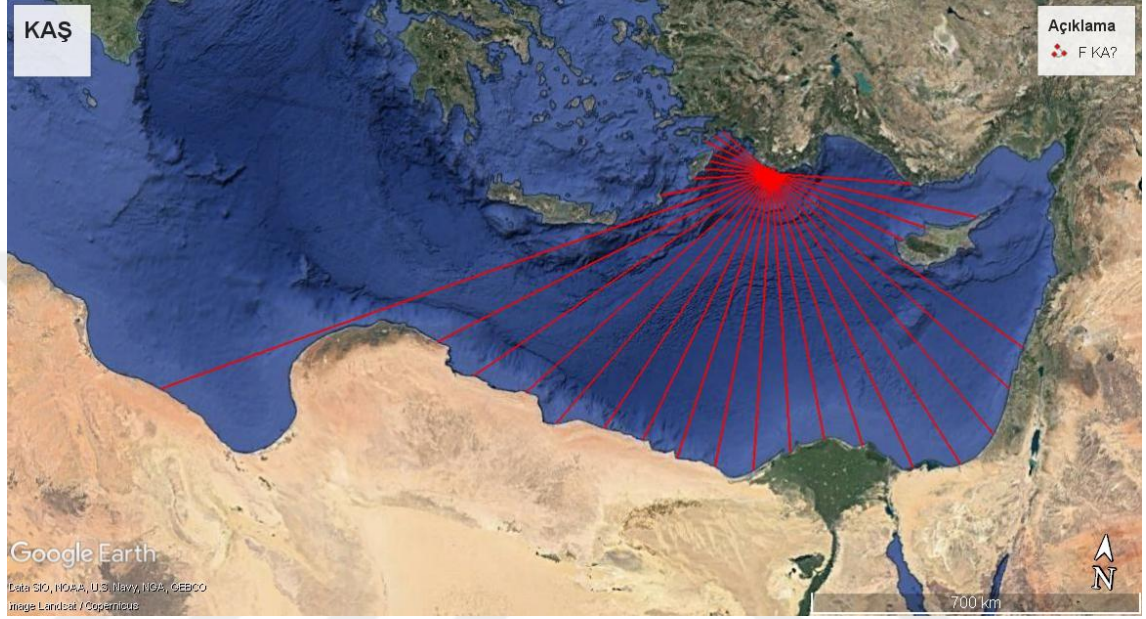
$$F_{\text{etk.}} = \frac{\sum F_i \cos^2 a_i}{\sum \cos a_i} \quad (3.3)$$

F_{etk} : Etkili feç uzunluğu (km)

F_i : i yönünde karşı kıyıya olan uzaklık (km)

α_i : Etkin rüzgar yönü ile i yönü arasındaki açıdır. ($^\circ$)

Kaş bölgesine ait feç tespiti Şekil 3.14.'de gösterilmiştir. Diğer bölgelere ait feç ölçümleri Ek-1'de sunulmuştur.



Şekil 3.14. Kaş feç ölçümü

3.3. Rüzgar Verileri Kullanılarak Dalga Tahmini

Karmaşık rüzgar dalgalarını oluşturan tekil sinüzoidal dalgaların yayılmasını, gelişmesini ve sönümlenmesini modelleyen yarı kuramsal-yarı gözlemsel denklemleri sayısal yöntemlerle çözerek, belirli noktalarda tekil dalgaların yüksekliklerini ve yayılma yönlerini, daha sonra da yönsel spektrumlarını hesaplayan yöntemler şeklinde yapılmaktadır (Yüksel vd. 2016).

Spektral yöntemler (OCDI 2009) ve belirgin dalga yöntemleri ile rüzgar verilerine bağlı dalga tahminleri yapılmaktadır.

Rüzgar etkenli belirgin dalga yöntemleri WAM (Sayısal Model), CEM, SBM, Wilson (Parametrik model) dur. Bu çalışmada Wilson yöntemi kullanılmıştır.

3.3.1 WAM dalga modeli

WAM dalga modeli, Dalga Model Geliştirme ve Uygulama Grubu (WAMDI, 1988) tarafından geliştirilen 3. nesil bir dalga modelidir. Birinci nesil dalga modelleri ile

birlikte ikinci nesil dalga modelleri ile bilinen sorunları çözmek için geliştirilmiştir. (ki bunlar hızla değişen rüzgarların oluşturduğu karmaşık dalga alanlarını düzgün bir şekilde simüle edememiştir).

WAM, dalga spektrumlarını, belirgin dalga yüksekliği, ortalama dalga yönü ve frekansı, dalga boyu yüksekliği ve hakim yön gibi dalga özellikleri ve seçilen çıkış zamanlarında her bir grid noktasındaki dalga kaynaklı gerilme ve sürüklenme katsayısı dahil edilerek düzeltilen rüzgar stres alanlarını tahmin etmektedir.

Dalga spektrum sayısının yoğunluğa bağlı gelişimi $N(k)$ denklem 3.4’de sunulmuştur.

$$F(k) = \mathbf{s} \cdot N(k) \quad (3.4)$$

$F(k)$: Dalga spektrum sayısı ; k : Dalga sayısı. $\mathbf{s}$ denklem 3.5’e göre hesaplanır.

$$\mathbf{s} = \sqrt{gk \tanh kD} \quad (3.5)$$

g : Yer çekimi ivmesi ; D : Su derinliği

Düzenlenmiş dalga sayısı spektrumu denklem 3.6’ya göre hesaplanır.

$$\int dk F(k) = (\eta^2) = m_0 \quad (3.6)$$

η : Yüzey yüksekliği ; m_0 : Dalga varyansı

Belirgin dalga yüksekliği H_s , denklem 3.7’ye göre hesaplanır.

$$H_s = \sqrt[4]{(\eta^2)} \quad (3.7)$$

Frekans spektrumu denklem 3.8’e göre hesaplanır.

$$F_2(\omega, \theta) d\omega d\theta = F(k) dk = F(k, \theta) k d.k \theta \quad (3.8)$$

θ : Dalga geliş açısı

Tek boyutlu frekans spektrumu, denklem 3.9’a göre hesaplanır.

$$F_1(\omega) = \int d\theta F_2(\omega, \theta) \quad (3.9)$$

Tam gelişmiş dalgalar için denklem 3.10 kullanılır.

$$g^3 \cdot F(\omega) / u_{10}^5 = f(\omega u_{10} / g) \quad (3.10)$$

Feçlerin limitli olması durumunda, denklem 3.11 kullanılır.

$$g^3 F(\omega) / u_{10}^5 = f(\omega u_{10} / g, gF / u_{10}^2) \quad (3.11)$$

F : Feç uzunluğu

3.3.2 CEM dalga modeli

Cem dalga modelinde minimum esme süresi $t_{\min}$ (saat), denklem 3.12'ye göre hesaplanır.

$$t_{\min} = 77,23 \frac{F^{0,67}}{u_{10}^{0,34} g^{0,33}} \quad (3.12)$$

F : Feç uzunluğu; u_{10} : Deniz seviyesinden 10 metre yükseklikteki rüzgar hızı (m/s);
g: Yer çekimi ivmesi (m/s²)

Belirgin dalga yüksekliği (H_s) Feç limitli durumda, denklem 3.13'e göre hesaplanır.

$$H_s = \frac{u_*^2}{g} 4,13 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{g \cdot F}{u_*^2} \right)^{0,5} \quad (3.13)$$

u_* : Sürtünme hızı (m/s), denklem 3.14' de verilmiştir.

$$u_* = u_{10} C_D^{0,5} \quad (3.14)$$

C_D : Sürüklemeye katsayısı, denklem 3.15'de verilmiştir.

$$C_D = 0,001(1,1 + 0,035 u_{10}) \quad (3.15)$$

Süre sınırlı durumda eşdeğer feç, denklem 3.3.16'ya göre hesaplanır.

$$F = \frac{u_*^2}{g} 5,23 \cdot 10^{-3} \left(\frac{g t}{u_*} \right)^{1,5} \quad (3.16)$$

3.3.3 SMB dalga modeli

Esme süresinin $t_{\min}$ 'den büyük olması durumunda belirgin dalga yüksekliği (H_s), denklem 3.17'ye göre hesaplanır. Bu durumda feç limitli olacaktır. Esme süresinin $t_{\min}$ 'den küçük olması durumunda ise belirgin dalga yüksekliği (H_s), denklem 3.18'de tanımlı parametrelere göre hesaplanacaktır. Feç uzunlukları ise süre limitli durumdaki ölçümlere göre alınacaktır.

$$H_s = 0,283 \frac{u_{10}^2}{g} \tanh (0,0125 \cdot \left(\frac{g F}{u_{10}^2} \right)^{0,42}) \quad (3.17)$$

$$t_{\min} = \frac{u_{10}}{g} 6,5882 \exp \left\{ \left[0,0161 \left(\ln \left(\frac{g \cdot F}{u_{10}^2} \right)^2 \right) - 0,3692 \left(\ln \left(\frac{g \cdot F}{u_{10}^2} \right) + 2,2024 \right) \right]^{0,5} + 0,8789 \right. \\ \left. \left(\ln \left(\frac{g F}{u_{10}^2} \right) \right) \right\} \quad (3.18)$$

3.3.4 Wilson Dalga Modeli

Çalışma kapsamında belirgin dalga yüksekliklerinin belirlenmesi için Wilson metodu seçilmiştir. Her ölçüm istasyonuna ait saatlik rüzgar verileri kullanılarak belirgin dalga yükseklikleri (H_s) hesaplanmıştır

Wilson (1965) elde ettiği gözlemler ile aşağıdaki denklemleri geliştirmiştir.

Belirgin dalga yüksekliği (H_s), denklem 3.19'a göre, dalga periyodu ($T_{1/3}$) ise denklem 3.20'ye göre hesaplanır.

$$H_s = \frac{u_{10}^2}{g} 0,30 \left[1 - \left\{ 1 + 0,004 \left(\frac{g \cdot F}{u_{10}^2} \right)^{0,5} \right\}^{-2} \right] \quad (3.19)$$

g : Yer çekimi ivmesi (m/s^2)

$$T_{1/3} = \frac{u_{10}}{g} 8,61 \left[1 - \left\{ 1 + 0,008 \left(\frac{g \cdot F}{u_{10}^2} \right)^{1/3} \right\}^{-5} \right] \quad (3.20)$$

Minimum süre (t_{min} , saat) ile minimum feç uzunluğu (F_{min} , km) denklem 3.21 ve 3.22'de belirlenmektedir.

$$t_{min} = 1,0 F^{0,73} u_{10}^{-0,46} \quad (3.21)$$

$$F_{min} = 1,0 t^{1,37} u_{10}^{-0,63} \quad (3.22)$$

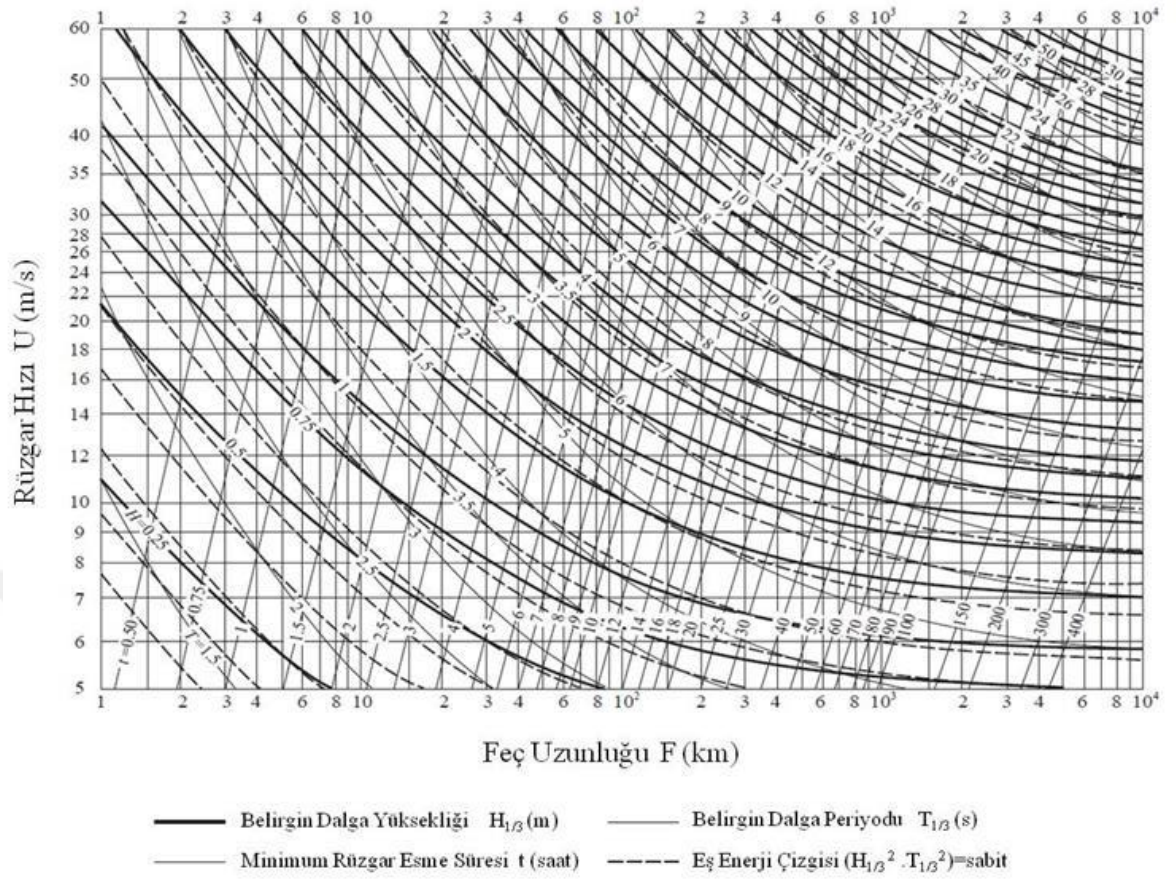
F : Fetch uzunluğunu (km); u_{10} : Deniz yüzeyinden 10 metre yüksekteki rüzgar hızı (m/s)
 t : rüzgar hızı ölçüm periyodunu (saat) belirtmektedir.

Rüzgarın esme süresi " t ", " t_{min} " ile kıyaslanır. $t < t_{min}$ ise süre limitli olur ve t ile F_{min} hesabı yapılır. F_{min} ve F kıyaslanır $F < F_{min}$ ise feç limitli olur. Belirgin dalga yüksekliği hesabında süre ve feç limitleri kontrol edilir. Oluşan koşullar için hesaplama yapılır.

Rüzgar dalgaları için belirgin dalga yüksekliği ile dalga periyodu arasında belli bir ilişki vardır. Wilson metodu için dalga periyodu ile belirgin dalga yüksekliği arasındaki ilişki denklem 3.23'de verilmiştir (Yüksel ve Çevik 2013).

$$T_{1/3} \approx 3,3 H_s^{0,63} \quad (3.23)$$

Rüzgar hızlarına ve feç mesafelerine göre dalga tahmini Şekil 3.15.'de verilmiştir (OCDI 2009).



Şekil 3.15. Wilson metoduna göre dalga tahmini (OCDI 2009)

3.4. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi, rüzgarın deniz ve okyanus yüzeylerinde hareketi ile meydana gelen dalga hareketlerinden elde edilen enerji türüdür. Rüzgarların sınır tabakasında yarattığı sürtünme kuvveti etkisiyle oluşan dalgalar, deniz yüzeyinin rastgele yukarı ve aşağı hareket etmesine neden olur.

Dalga enerjisi diğer yenilenebilir enerji kaynakları'na göre daha yoğundur. Ancak ilk dalga türbinlerinin kuvvetli fırtınalarda deformasyona uğramışlardır. Türbinler dışında da enerji temin yöntemleri bulunmaktadır. Gel-gitlerden, dalga çitlerinden, deniz suyu salınımlarından, deniz suyu sıcaklık farklılıklarından ve akıntılardan da enerji üretilebilmektedir.

Deniz dalgaları gelişimleri ve dalga periyotları Çizelge 3.1.'de kısaca sınıflandırılmıştır (Yüksel vd. 2016).

Çizelge 3.1. Dalgaların oluşum sebeplerine göre sınıflandırılması (Yüksel vd. 2016)

Dalga tipi	Periyot	Sebebi
Rüzgar dalgası (ağırlık dalgaları) Ölü deniz dalgası, Soluğan (Swell)	15 s 30 s	Rüzgar gerilmesi Rüzgar dalgası
Surf salınımı (Surf beat) Liman içi çalkantı Çalkantı (Seiche) Tsunami	1-5 dak 2-10 dak 2-40 dak 5-60 dak	Dalga grubu Surf salınımı ve tsunami Tsunami, ani rüzgar değişimi, atmosfer etkisi, lineer olmayan dalga etkileşimi Deprem
Gel-git Fırtına kabarması (Storm surge)	12-24 saat 1-30 gün	Güneş ve ay çekimi Rüzgar gerilmesi ve atmosfer basıncındaki azalma

Sahiller, dalga ve akıntı gibi etkilerin tesirinde kalmaktadır. Kıyılar, kara-deniz-hava kütlelerinin kesiştiği alanlardır. Bu faktörlerin sahil bandında yaptığı bu etkileşim kıyı hidrodinamik sistemini meydana getirmektedir. Kıyı hidroliğinin birincil konusu ise dalgalardır. Bir kıyı bölgesini etkileyen rüzgar ve dalgaların genel özelliklerini belirten rüzgar ve dalga ikliminin ortaya konması hemen hemen tüm kıyı ve deniz etkinlikleri için temel bir unsurdur (Özhan ve Abdalla 1999).

Rüzgar etkenli dalgaların oluşturduğu enerji, potansiyel ve kinetik enerjinin toplamıyla hesaplanmaktadır.

$$E = E_p + E_k = \frac{1}{8} \rho \cdot g \cdot H^2 \quad (3.4.1)$$

E: Enerji (kW/m), H: Dalga yüksekliği (m), ρ :Deniz suyu yoğunluğu, g:Yer çekimi ivmesi (m/s^2)

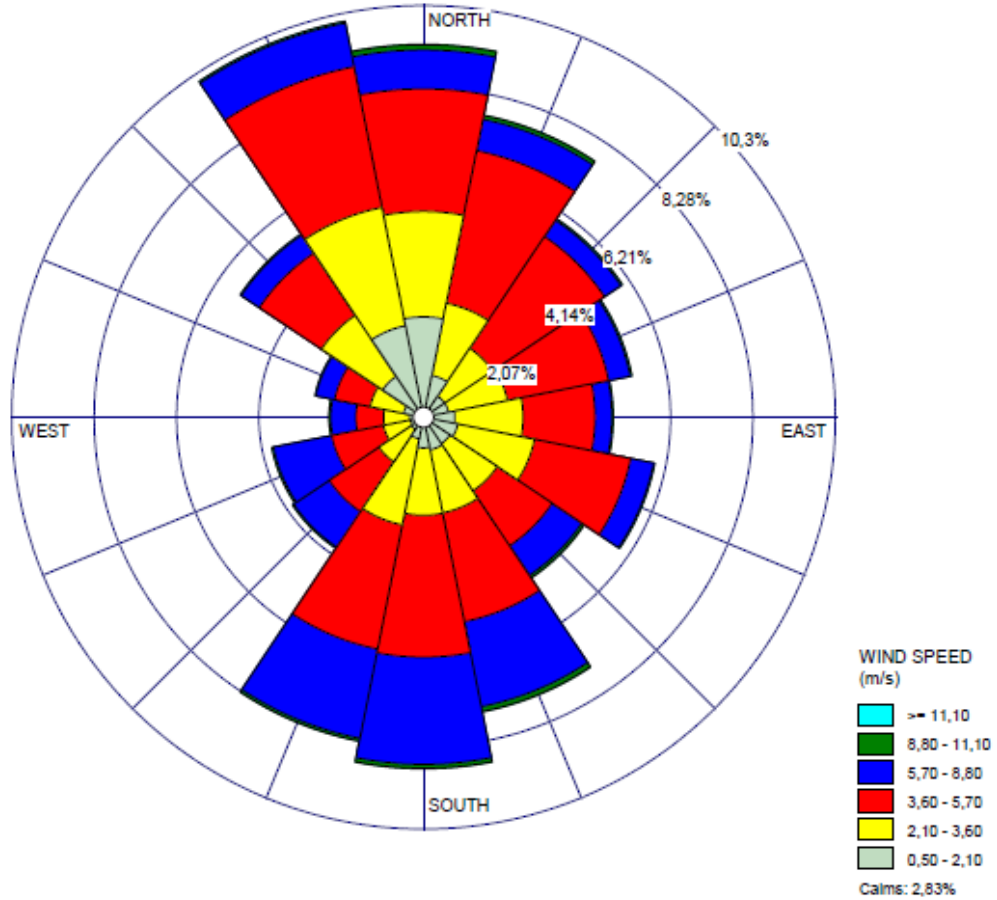
4. BULGULAR

Bu bölümde Antalya'nın kıyı bandında yer alan 11 bölge seçilmiştir. Sonuçlar uzun dönem (01.01.1988 – 01.01.2018 veya ölçüm istasyonunun hizmete girdiği tarihten 01.01.2018'e kadar) saatlik rüzgar hızı ve yönlerine ait ölçümlerden elde edilmiştir.

11 bölge için analiz ve sonuçların detaylı yorumu batıdan başlayarak doğuya 11 alt bölümde verilmiştir. Coğrafi konumları Giriş bölümünde koordinatları ile verilmektedir. Bölgelere ait rüzgar gülleri, yönlere bağlı rüzgar esme saatleri ve süreç boyunca esme oranları, hakim rüzgar yönleri, belirgin dalga yükseklikleri (H_s), birim alanda elde edilebilecek saatlik enerji ve etkin feçlerden esen rüzgarların oluşturacağı enerji potansiyelleri sunulmuştur.

Sonuçlar 30 yıllık rüzgar verilerinin incelenmesi sonucunda elde edilmiş olup bazı istasyonların yeni kurulmuş olması sebebi ile daha az veri incelenmiştir. Benzer bir çalışma daha sınırlı süreler için ECMWF ve NOAA gibi hava tahmin kurumlarından rüzgar verileri temin edilerek hazırlanabilir.

Çalışma kapsamında 1.806.604 saatlik rüzgar verisi değerlendirilmiştir. Tüm ölçüm verileri kapsamında Antalya Bölgesine ait ortalama rüzgar hızı 3,92 m/s olarak hesaplanmış ve rüzgar gülü Şekil 4.1'de verilmiştir.



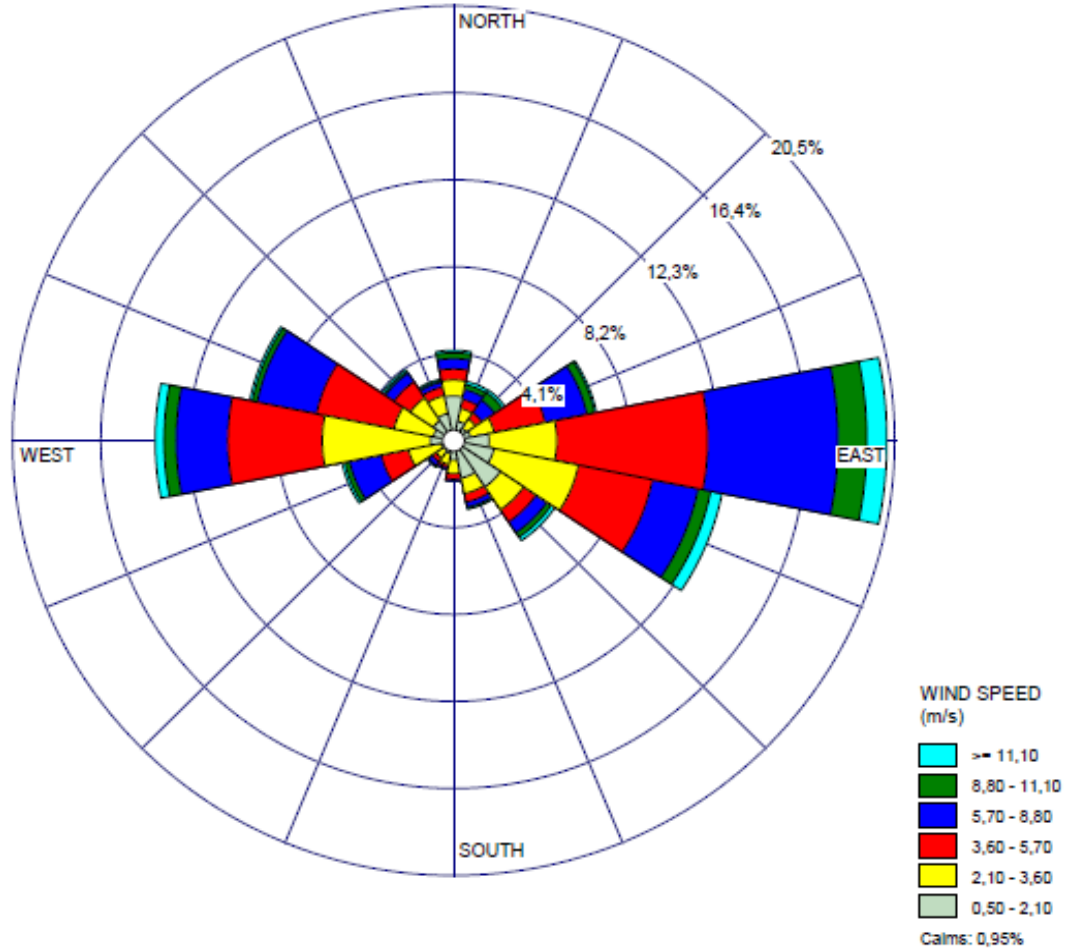
Şekil 4.1. Rüzgar Gülü (ANTALYA)

4.1. KAŞ (36.1839 K, 29.6422D)

Kaş, Antalya sahil bandının en batısındaki yerleşim yeridir. 17473 numaralı ölçüm istasyonu 36.1839 K, 29.6422 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 2 metre, Antalya şehir merkezine uzaklığı 187 kilometredir. 29.12.2013 – 29.04.2017 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Güney ve Güney doğu yönlerinde bulunan Meis ve diğer adalar güney yönlerinden esen rüzgarları önemli derecede engellemektedir. Bu durum Kaş bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.2’de görülmektedir.

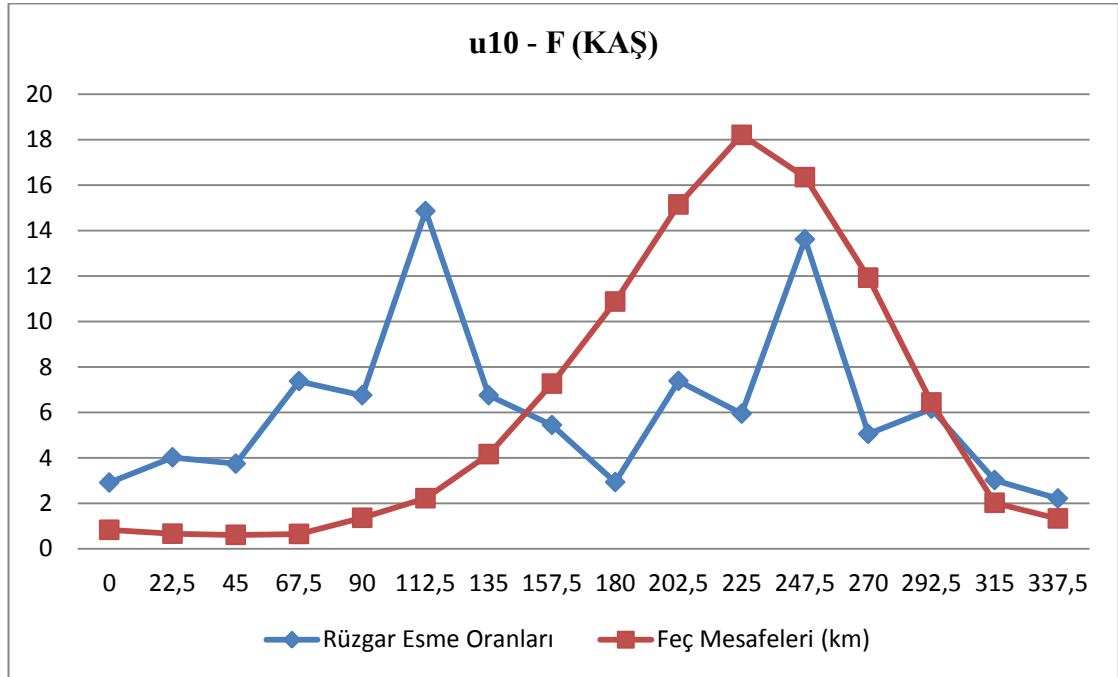
Çalışma kapsamında değerlendirilen 24588 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, Sakin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.1.’de verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Doğu (90°) ve etkili feç Güney Güney Batı (202,5°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.3’de kıyaslanmıştır.



Şekil 4.2. Rüzgar Gülü (KAŞ)

Çizelge 4.1. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (KAŞ)

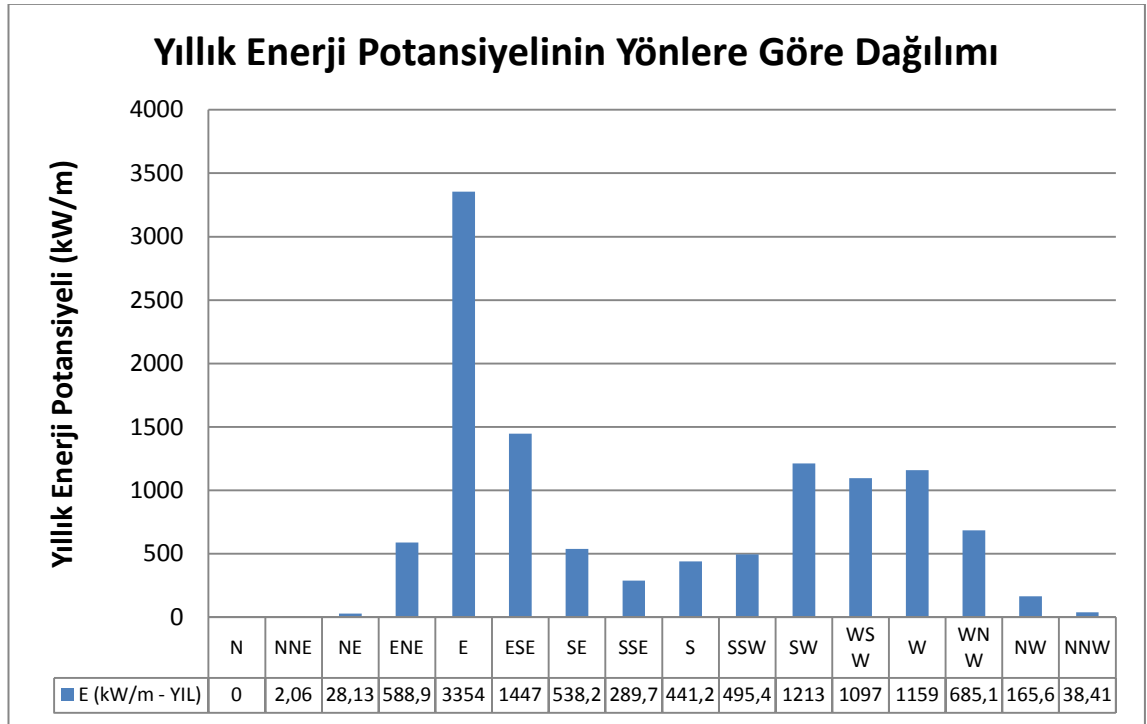
Yön (°) - Hız (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	515	187	128	120	68	29	1047	4,26	9,53
22,5 NNE	229	153	106	115	60	39	702	2,85	8,49
45 NE	178	123	88	177	104	37	707	2,88	21,23
67,5 ENE	198	275	591	486	91	21	1662	6,76	86,10
90 E	405	772	1720	1483	330	230	4940	20,09	217,13
112,5 ESE	470	982	861	530	146	132	3121	12,69	368,00
135 SE	643	318	170	149	62	49	1391	5,66	480,50
157,5 SSE	442	183	101	58	22	2	808	3,29	519,74
180 S	224	160	62	21	1	3	471	1,92	524,71
202,5 SSW	160	122	32	21	5	5	345	1,40	562,06
225 SW	133	112	52	53	13	6	369	1,50	530,98
247,5 WSW	147	379	315	369	57	32	1299	5,28	432,78
270 W	266	1232	1077	588	139	101	3403	13,84	294,01
292,5 WNW	234	459	901	690	58	30	2372	9,65	143,37
315 NW	280	315	223	118	26	26	988	4,02	57,54
337,5 NNW	321	210	102	56	22	18	729	2,96	29,32
Toplam	4845	5982	6529	5034	1204	760	24354	99,04	
Sakin Deniz							234	0,95	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.3** Yönlerle bağlı rüzgar – feç ilişkisi (KAŞ)

Çizelge 4.2. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (KAŞ)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	0	0	0	0	0	0
NNE	1	0	0	0	0	0
NE	6	0	0	0	0	0
ENE	21	4	1	0	0	0
E	73	17	4	3	0	0
ESE	20	8	2	0	0	0
SE	26	6	2	0	0	0
SSE	18	3	1	0	0	0
S	19	2	1	1	0	0
SSW	24	5	0	0	0	0
SW	30	8	0	1	0	0
WSW	37	9	2	0	0	0
W	26	2	4	2	0	0
WNW	31	7	1	0	0	0
NW	2	3	0	0	0	0
NNW	2	0	0	0	0	0
Toplam	336	74	18	7	0	0

29.12.2013 – 29.04.2017 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilecek yıllık enerji potansiyeli 11.543 kWh/m olup rüzgar yönlerine göre dağılımı Şekil 4.4.'te sunulmaktadır.

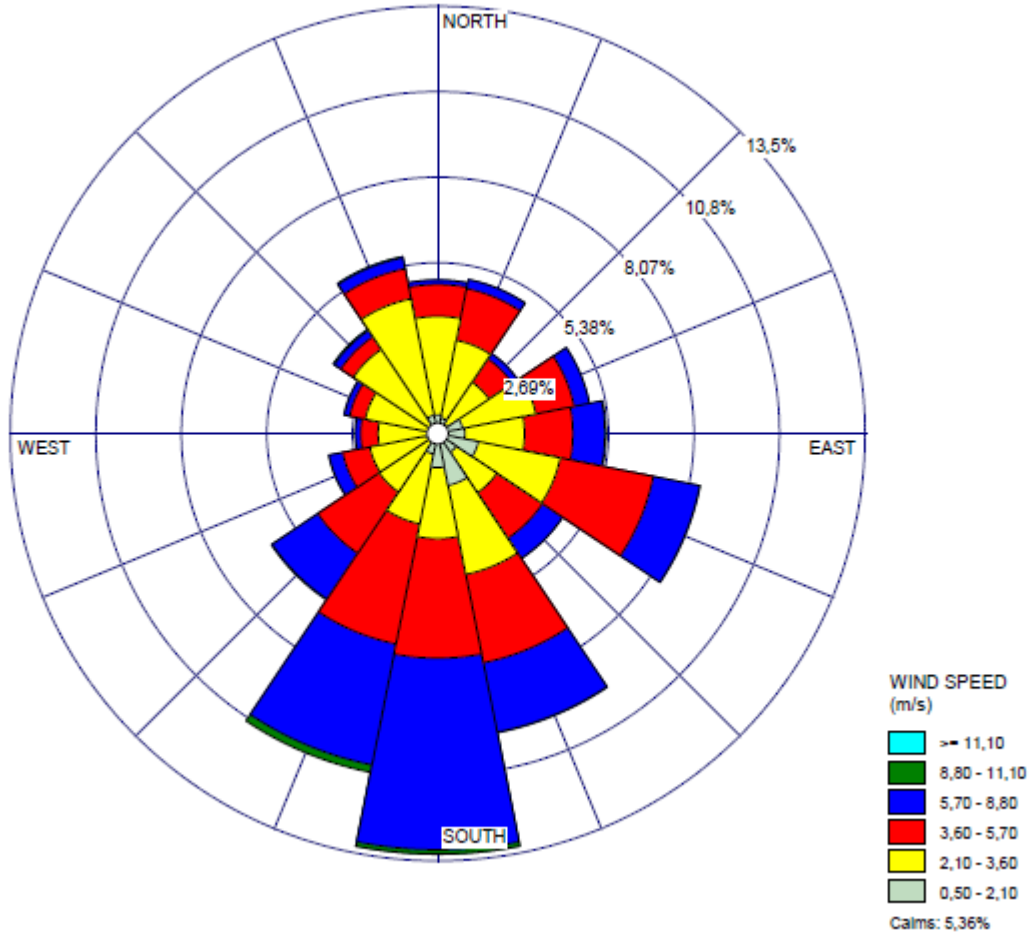
**Şekil 4.4.** Kaş enerji potansiyeli (kW/m)

4.2. DEMRE (36.2421 K, 29.9790 D)

Demre, Antalya sahil bandının batısındaki yerleşim yerlerindendir. 17970 numaralı ölçüm istasyonu 36.2421 K, 29.9790 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 25 metre, Antalya şehir merkezine uzaklığı 143 kilometredir. 03.05.1993 – 01.01.2018 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Coğrafi konumu sebebi ile doğu ve güneyde iki sahil bandı bulunmaktadır. 201.798 saatlik ölçüm verileri Wind Rose Pilot yazılımı ile düzenlenerek Demre bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.5.'de çizilmiştir.

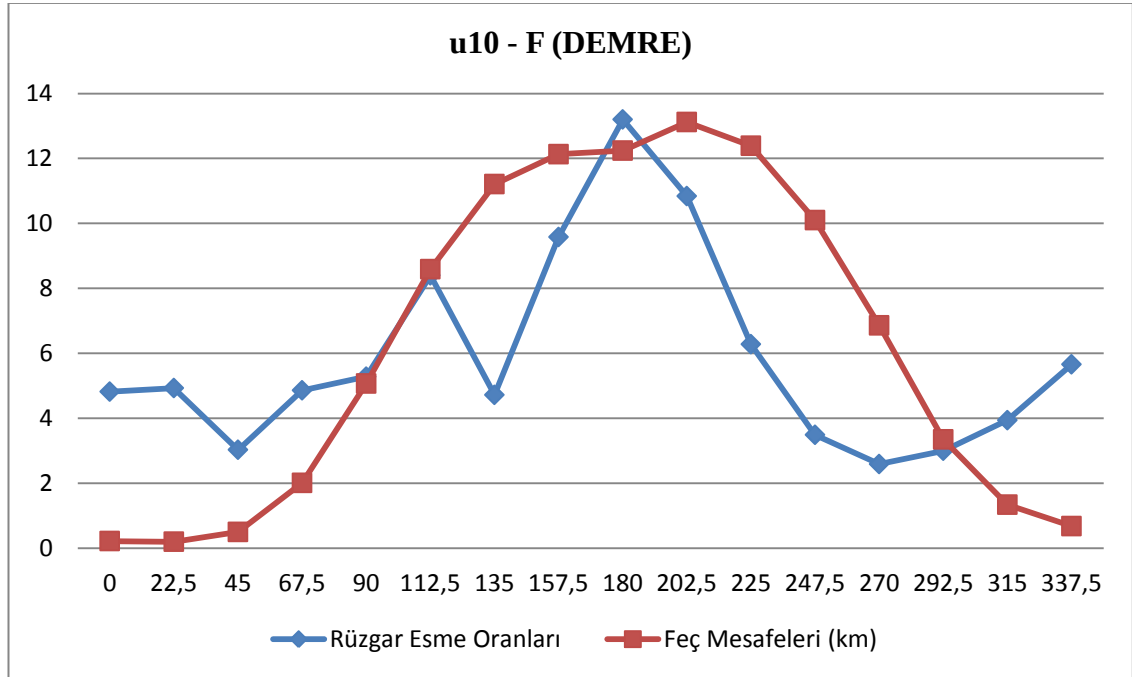
Çalışma kapsamında değerlendirilen 201.798 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, sahin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.3'de verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Güney (180°) ve etkili feç Güney Güney Batı (202,5°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.6'da kıyaslanmıştır.



Şekil 4.5. Rüzgar Gülü (DEMRE)

Çizelge 4.3. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (DEMRE)

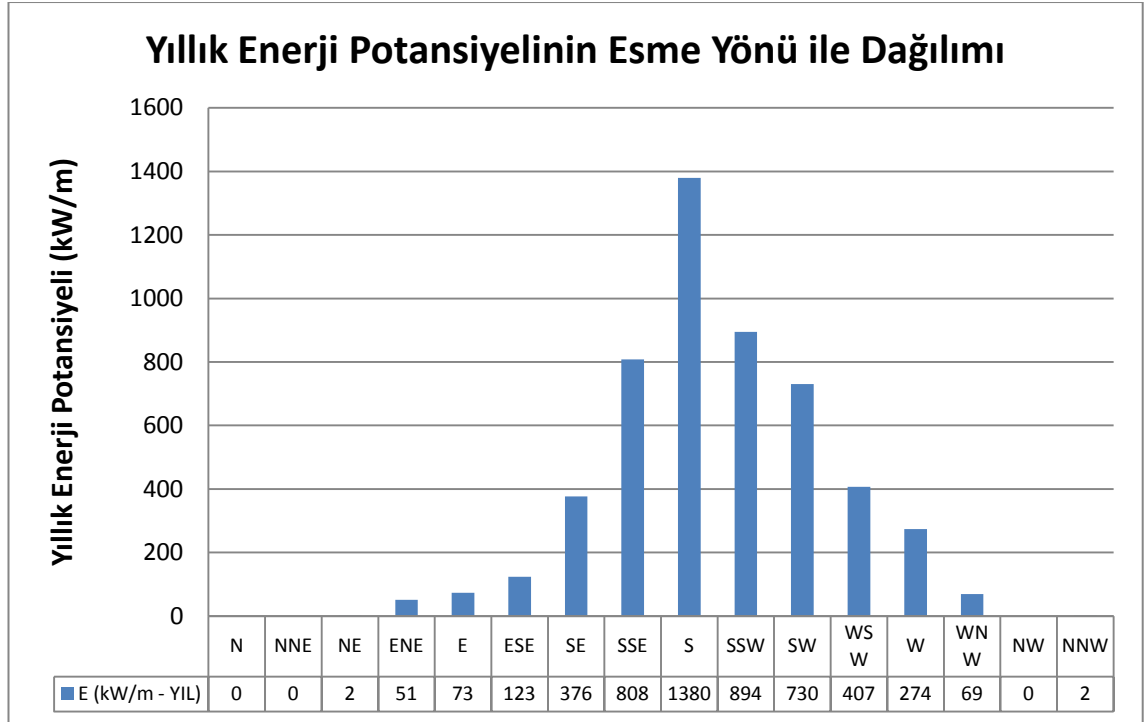
Yön (°) – Hız (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	1197	6233	2025	278	2	0	9735	4,82	14,16
22,5 NNE	1015	5014	3336	579	3	0	9947	4,93	15,14
45 NE	726	3199	1783	396	2	0	6106	3,03	41,73
67,5 ENE	1619	4725	2469	974	13	0	9800	4,86	106,18
90 E	1735	3771	3061	2031	67	0	10665	5,28	184,60
112,5 ESE	2631	5290	6008	2998	32	0	16959	8,40	308,05
135 SE	1432	3087	3472	1523	15	0	9529	4,72	404,30
157,5 SSE	3359	5750	5706	4473	42	0	19330	9,58	471,79
180 S	2166	4494	7586	12124	269	5	26644	13,20	530,73
202,5 SSW	1332	4511	7749	7808	484	0	21884	10,84	561,06
225 SW	613	3851	4667	3493	55	0	12679	6,28	511,92
247,5 WSW	729	3660	1751	883	20	0	7043	3,49	384,58
270 W	429	3354	1098	336	13	0	5230	2,59	221,07
292,5 WNW	519	4160	1005	349	27	0	6060	3,00	69,64
315 NW	548	5878	958	488	59	14	7945	3,94	15,58
337,5 NNW	1187	7516	1941	712	62	2	11420	5,66	13,82
Toplam	21237	74493	54615	39445	1165	21	190976	94,64	
Sakin Deniz							10822	5,36	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.6.** Yönlere bağlı rüzgar ve feç ilişkisi (DEMRE)

Çizelge 4.4. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (DEMRE)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0
NE	1	0	0	0	0	0
ENE	43	0	0	0	0	0
E	82	0	0	0	0	0
ESE	119	1	0	0	0	0
SE	460	3	0	0	0	0
SSE	974	2	0	0	0	0
S	1351	24	0	0	0	0
SSW	725	28	0	0	0	0
SW	430	18	1	1	0	0
WSW	138	4	0	1	0	0
W	100	3	0	1	0	0
WNW	21	0	1	1	0	0
NW	0	0	0	0	0	0
NNW	1	0	0	0	0	0
Toplam	4445	83	2	4	0	0

03.05.1993 – 01.01.2018 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilecek yıllık enerji potansiyeli 5.189 kWh/m olup rüzgar yönlerine göre dağılımı Şekil 4.7.'te sunulmaktadır.

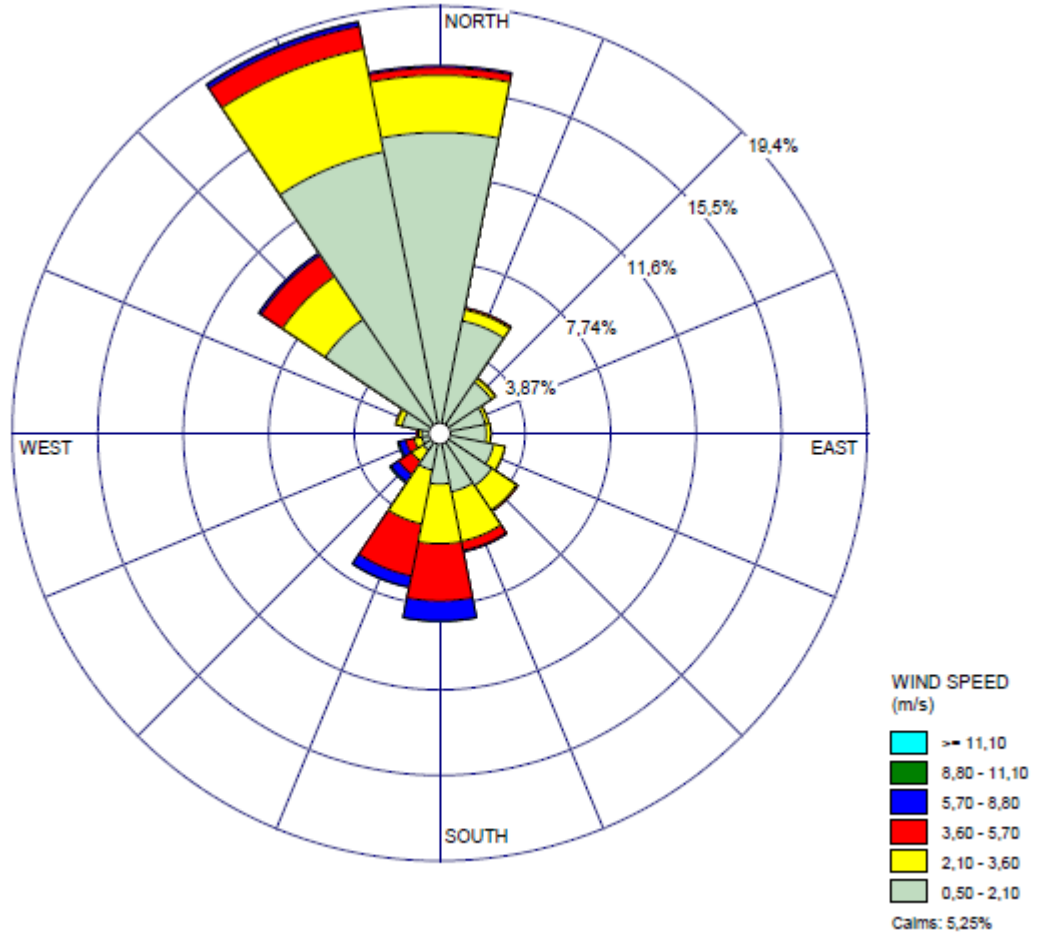
**Şekil 4.7.** Demre enerji potansiyeli (kW/m)

4.3. FİNİKE (36.3024 K, 30.1458 D)

Finike, Antalya sahil bandının batısındaki yerleşim yerlerindendir. 17375 numaralı ölçüm istasyonu 36.3024 K, 30.1458 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 2 metre, Antalya şehir merkezine uzaklığı 114 kilometredir. 01.01.1988 – 01.01.2018 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Kuzeyinde bulunan Elmalı ile arasında derin vadiler bulunmaktadır. Dağ rüzgarlarının denizle buluştuğu konumdur. 260.478 saatlik ölçüm verileri Wind Rose Pilot yazılımı ile düzenlenerek Finike bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.8.'de çizilmiştir.

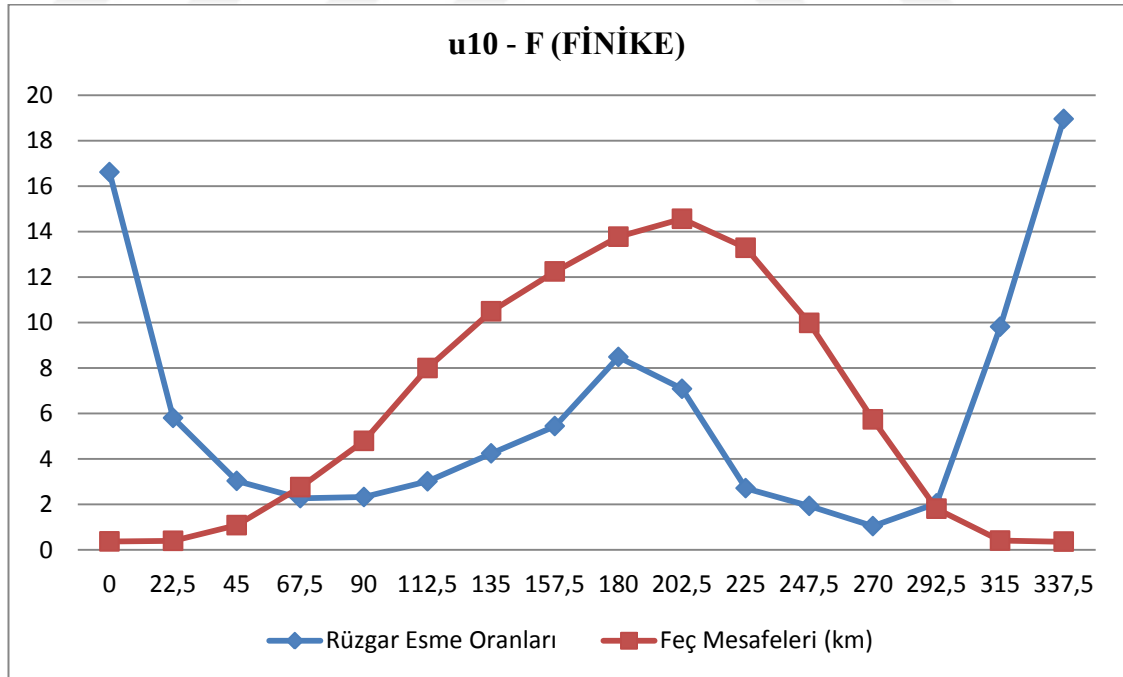
Çalışma kapsamında değerlendirilen 260.478 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, sakin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.5.'de verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Kuzey Kuzey Batı (337,5°) ve etkili feç Güney Güney Batı (202,5°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.9.'da kıyaslanmıştır.



Şekil 4.8. Rüzgar Gülü (FİNİKE)

Çizelge 4.5. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (FİNİKE)

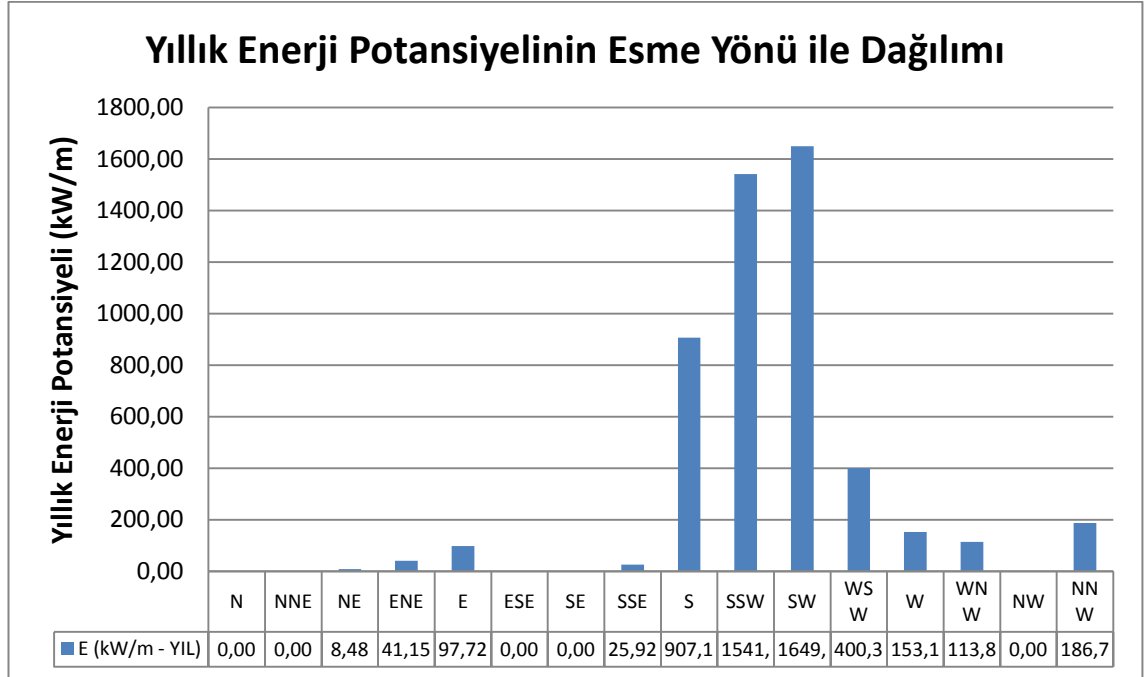
Yön (°) - Hız (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	35437	6702	892	220	9	0	43260	16,61	14,16
22,5 NNE	13515	1341	202	37	1	0	15096	5,80	15,14
45 NE	7266	562	46	10	1	0	7885	3,03	41,73
67,5 ENE	5464	421	16	1	0	0	5902	2,27	106,18
90 E	5457	566	10	2	0	0	6035	2,32	184,60
112,5 ESE	6482	1334	28	6	0	0	7850	3,01	308,05
135 SE	7389	3475	146	25	2	0	11037	4,24	404,30
157,5 SSE	6997	5941	1101	122	6	2	14169	5,44	471,79
180 S	5962	7020	6728	2340	39	4	22093	8,48	530,73
202,5 SSW	4401	6449	6234	1329	37	3	18453	7,08	561,06
225 SW	2374	1591	1857	1047	150	37	7056	2,71	511,92
247,5 WSW	2157	912	1011	784	150	19	5033	1,93	384,58
270 W	2145	385	146	33	3	0	2712	1,04	221,07
292,5 WNW	4509	680	104	10	0	0	5303	2,04	69,64
315 NW	16179	6058	3000	317	4	2	25560	9,81	15,58
337,5 NNW	33783	12314	2713	504	41	12	49367	18,95	13,82
Toplam	159517	55751	24234	6787	443	79	246811	94,75	
Sakin Deniz							13667	5,25	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.9.** Yönlere bağlı rüzgar ve feç ilişkisi (FİNİKE)

Çizelge 4.6. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (FİNİKE)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0
NE	1	0	0	0	0	0
ENE	1	0	0	0	0	0
E	1	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0
SSE	3	0	0	0	0	0
S	103	0	0	0	0	0
SSW	121	1	0	0	0	0
SW	79	8	0	0	0	0
WSW	14	2	1	0	0	0
W	7	0	0	0	0	0
WNW	5	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0
NNW	6	0	0	0	0	0
Toplam	341	11	1	0	0	0

01.01.1988 – 01.01.2018 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilecek yıllık enerji potansiyeli 5.126 kWh/m olup rüzgar yönlerine göre dağılımı Şekil 4.10’da sunulmaktadır. Ancak hesaplanan bu değer yalnızca %3 oranında görülebileceğinden verimli enerji üretimi mümkün olmayacağı düşünülmektedir.

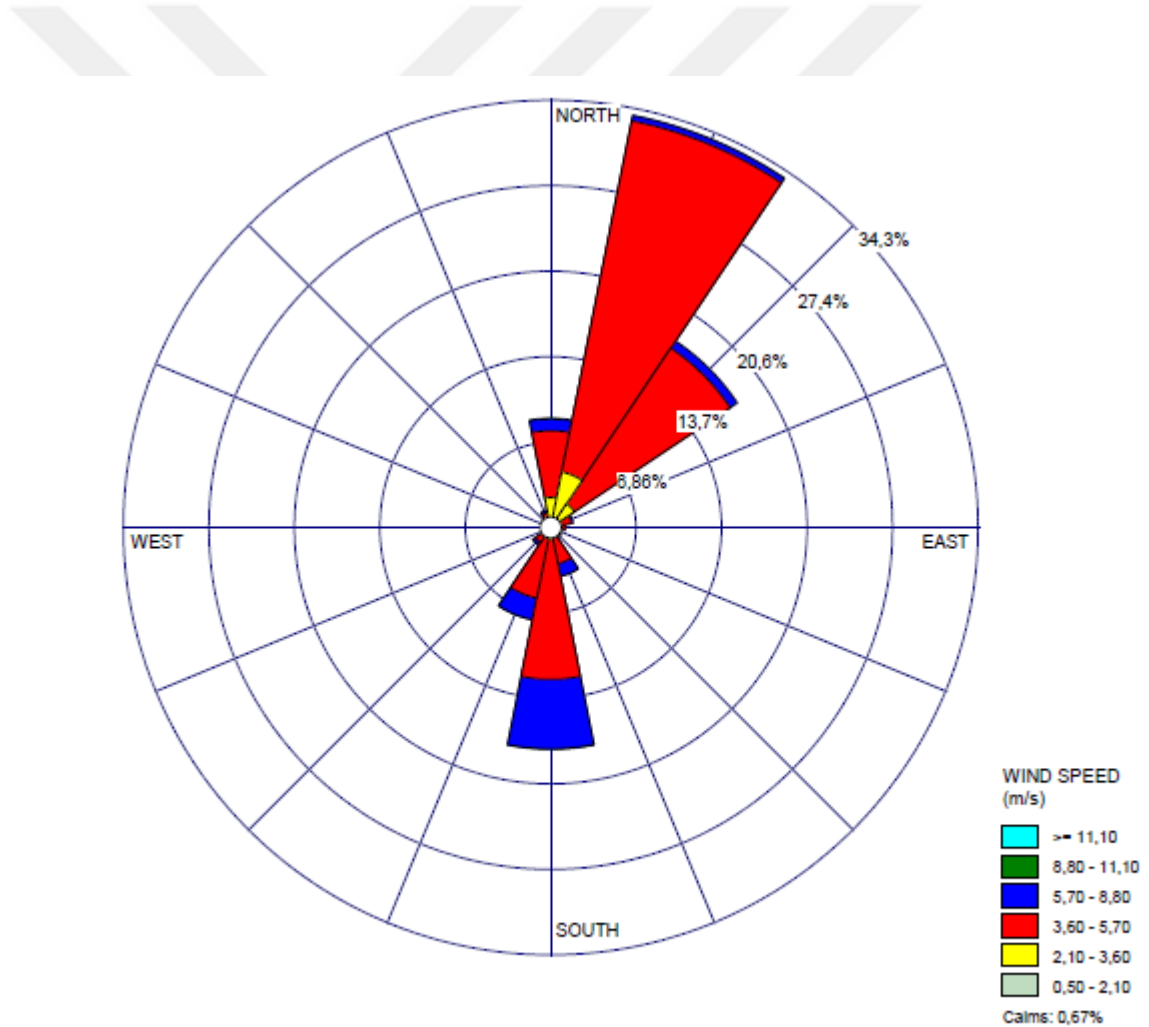
**Şekil 4.10.** Finike enerji potansiyeli (kW/m)

4.4. KUMLUCA (36.3646 K, 30.2978 D)

Kumluca, Antalya sahil bandının batısındaki yerleşim yerlerindendir. 17951 numaralı ölçüm istasyonu 36.3646 K, 30.2978 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 60 metre, Antalya şehir merkezine uzaklığı 97 kilometredir. 01.01.2005 – 01.01.2018 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Finike ile benzer yapıda karasal rüzgarlar hakimdir. 105.548 saatlik ölçüm verileri Wind Rose Pilot yazılımı ile düzenlenerek Kumluca bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.11.'de çizilmiştir.

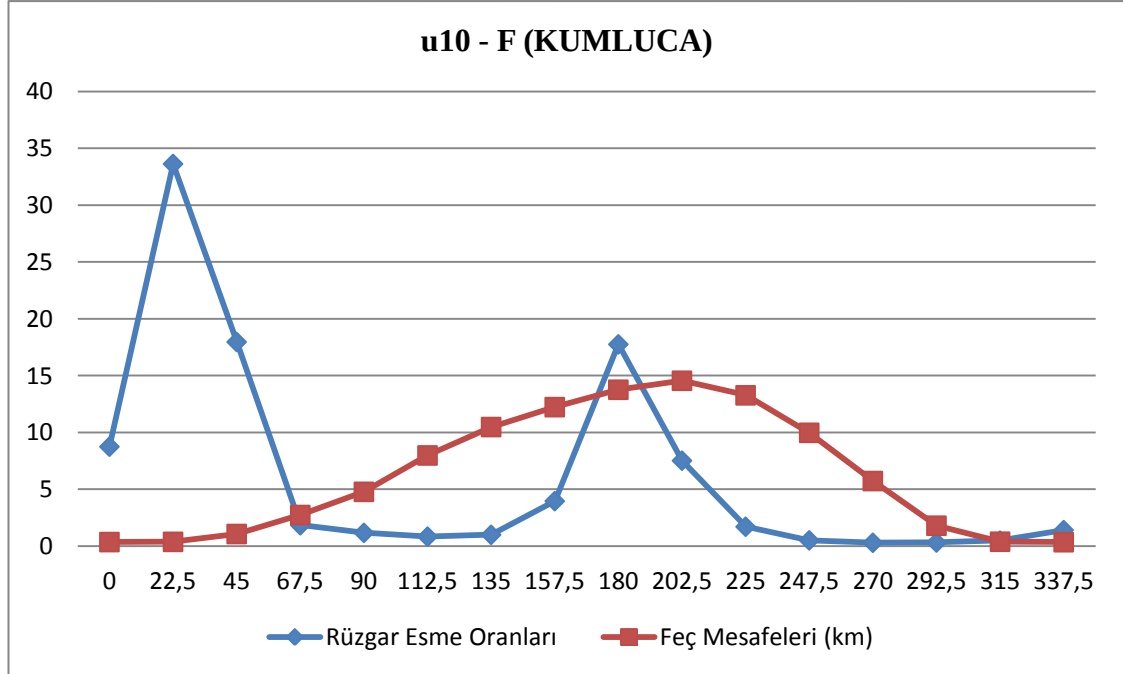
Çalışma kapsamında değerlendirilen 105.548 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, saikin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.7'de verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Kuzey Kuzey Doğu (22,5°) ve etkili feç Güney Güney Batı (202,5°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.12'de kıyaslanmıştır.



Şekil 4.11. Rüzgar Gülü (KUMLUCA)

Çizelge 4.7. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (KUMLUCA)

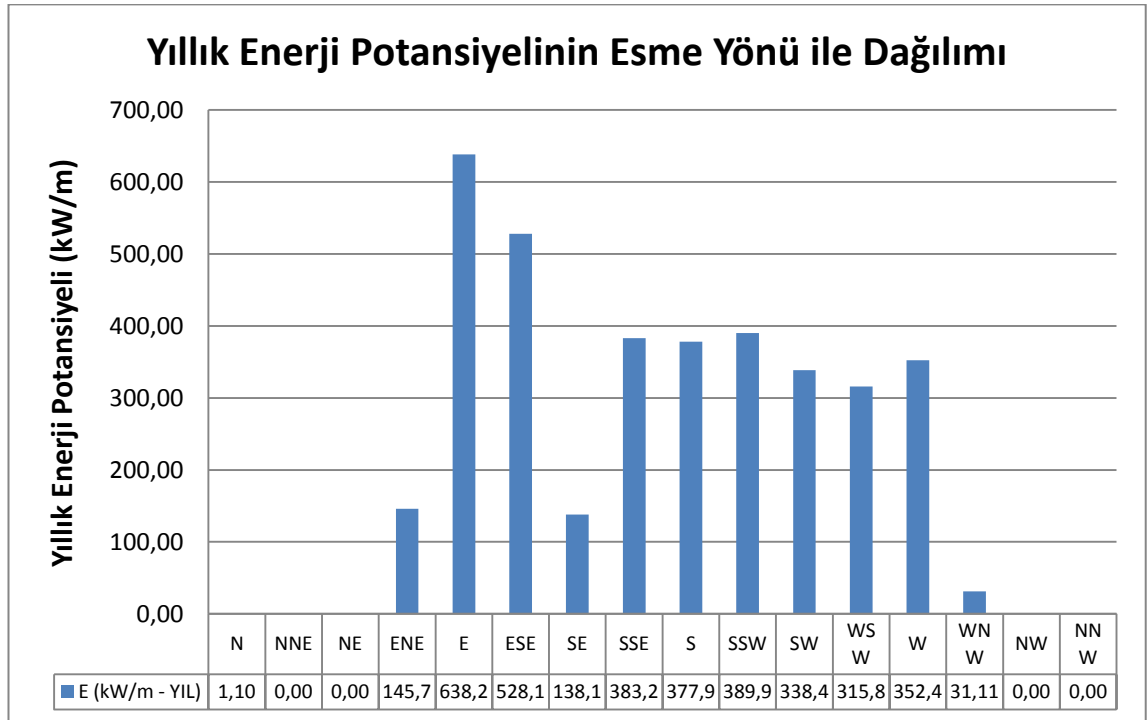
Yön (°) - Hız (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	82	2462	5645	986	75	0	9250	8,76	14,16
22,5 NNE	24	4775	30239	458	3	0	35499	33,63	15,14
45 NE	31	2382	15829	729	0	0	18971	17,97	41,73
67,5 ENE	7	681	1091	177	0	0	1956	1,85	106,18
90 E	5	429	755	58	0	0	1247	1,18	184,6
112,5 ESE	1	319	551	23	0	0	894	0,85	308,05
135 SE	0	327	686	52	0	0	1065	1,01	404,3
157,5 SSE	2	514	2609	1056	6	0	4187	3,97	471,79
180 S	20	934	11882	5866	42	0	18744	17,76	530,73
202,5 SSW	3	954	5134	1835	25	0	7951	7,53	561,06
225 SW	2	501	1057	256	2	0	1818	1,72	511,92
247,5 WSW	1	251	266	34	0	0	552	0,52	384,58
270 W	2	196	122	6	0	0	326	0,31	221,07
292,5 WNW	1	209	124	12	0	0	346	0,33	69,64
315 NW	1	305	200	27	0	0	533	0,50	15,58
337,5 NNW	3	651	633	186	24	0	1497	1,42	13,82
Toplam	185	15890	76823	11761	177	0	104836	99,32	
Sakin Deniz							712	0,67	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.12.** Yönlere bağlı rüzgar ve feç ilişkisi (KUMLUCA)

Çizelge 4.8. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (KUMLUCA)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	1	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0
NE	0	0	0	0	0	0
ENE	65	0	0	0	0	0
E	227	0	0	0	0	0
ESE	161	0	0	0	0	0
SE	52	0	0	0	0	0
SSE	120	0	0	0	0	0
S	181	0	0	0	0	0
SSW	93	0	0	0	0	0
SW	54	0	0	0	0	0
WSW	53	0	0	0	0	0
W	58	0	0	0	0	0
WNW	4	0	0	0	0	0
NW	0	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0
Toplam	1069	0	0	0	0	0

01.01.2005 – 01.01.2018 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilecek yıllık enerji potansiyeli 3.639 kWh/m olup rüzgar yönlerine göre dağılımı Şekil 4.13.'te sunulmaktadır.

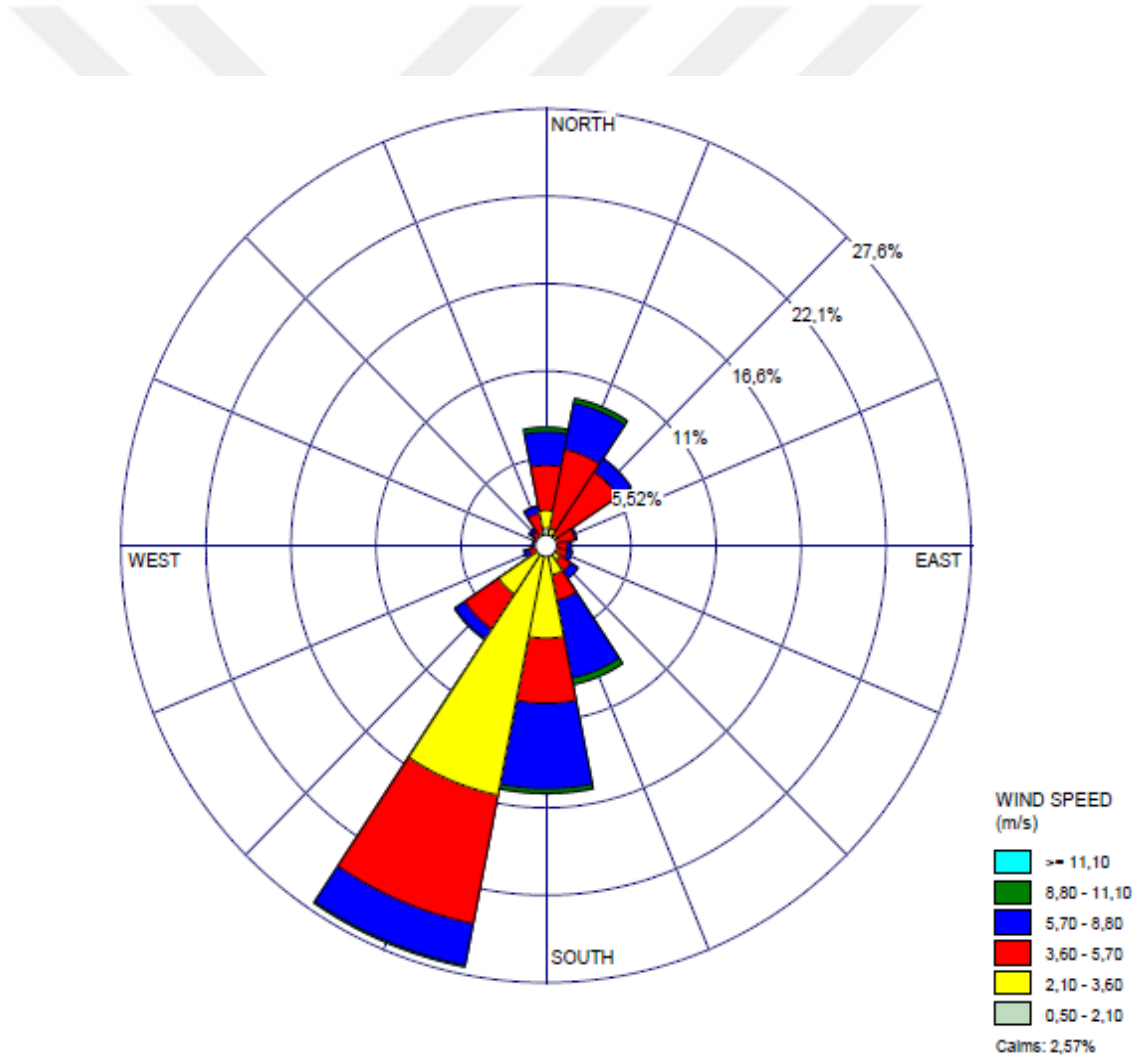
**Şekil 4.13.** Kumluca enerji potansiyeli (kWh/m)

4.5. KEMER (36.5942 K, 30.5672 D)

Kemer, Antalya'nın merkezine göre nispeten batıda yer almaktadır. 17953 numaralı ölçüm istasyonu 36.5942 K, 30.5672 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 10 metre, Antalya şehir merkezine uzaklığı 45 kilometredir. 01.01.2005 – 01.01.2018 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Turizm merkezi olan Kemer'in sahilin büyük kısmı turizm işletmecilerine ait tesislerden oluşmaktadır. 104.163 saatlik ölçüm verileri Wind Rose Pilot yazılımı ile düzenlenerek Kemer bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.14.'de çizilmiştir.

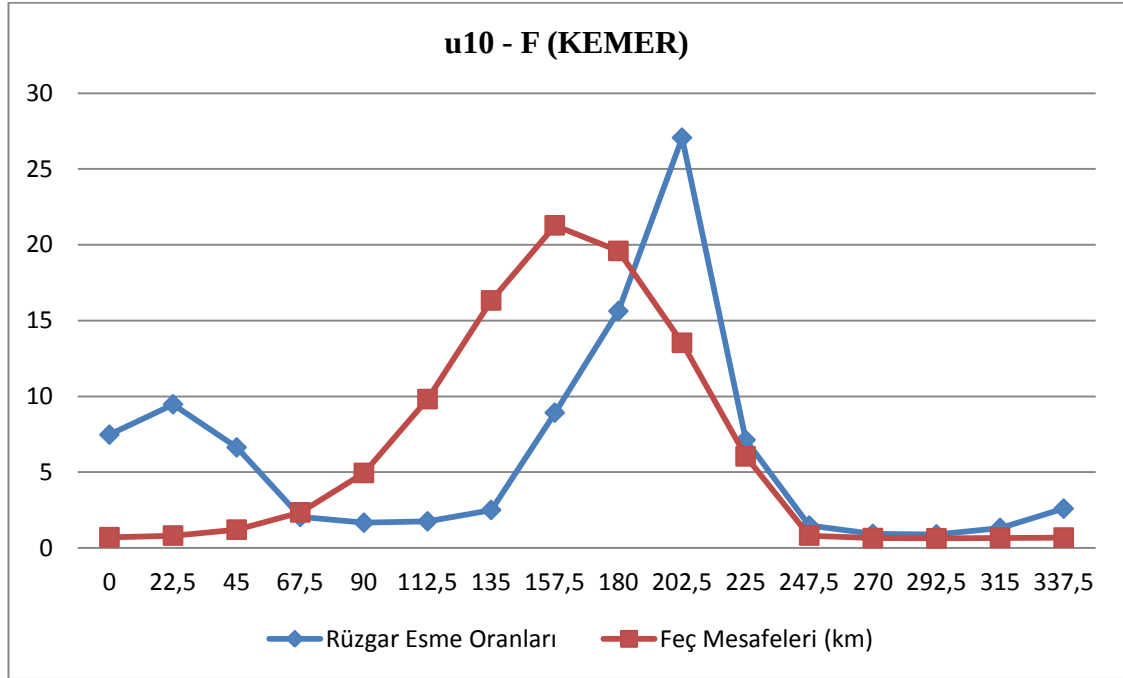
Çalışma kapsamında değerlendirilen 104.163 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, sahilin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.9.'da verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Güney Güney Batı (202,5°) ve etkili feç Güney Güney Doğu (157,5°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.15.'de kıyaslanmıştır.



Şekil 4.14. Rüzgar Gülü (KEMER)

Çizelge 4.9. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (KEMER)

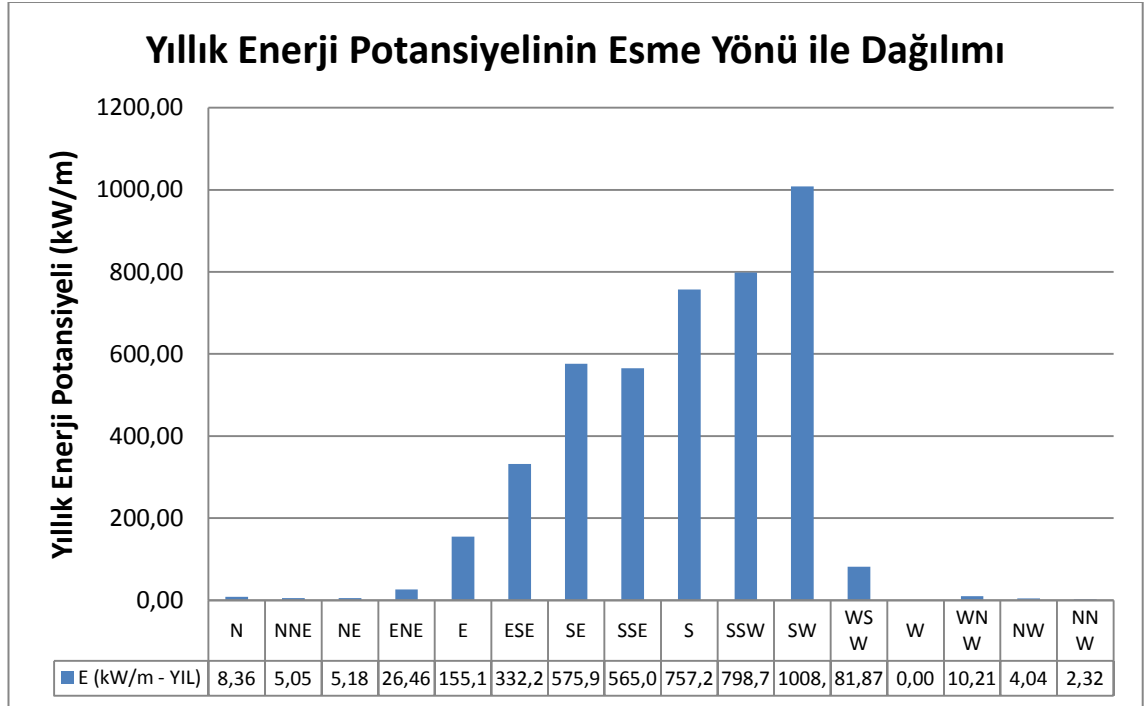
Yön (°) – Hız (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	1173	1153	2959	2191	298	11	7785	7,47	13,76
22,5 NNE	228	936	5293	3085	319	2	9863	9,47	15,92
45 NE	63	878	4901	1040	21	0	6903	6,63	23,54
67,5 ENE	27	560	1406	135	2	0	2130	2,04	45,92
90 E	25	527	883	291	4	0	1730	1,66	96,89
112,5 ESE	26	708	737	345	4	0	1820	1,75	192,41
135 SE	22	1136	861	580	3	0	2602	2,50	320,00
157,5 SSE	64	1907	1695	5201	415	14	9296	8,92	417,15
180 S	82	6001	4270	5602	291	24	16270	15,62	384,06
202,5 SSW	73	16619	8596	2783	96	15	28182	27,06	265,25
225 SW	52	3784	2752	778	45	7	7418	7,12	118,35
247,5 WSW	29	522	633	315	35	1	1535	1,47	15,93
270 W	35	302	427	182	13	0	959	0,92	12,68
292,5 WNW	62	281	439	127	15	0	924	0,89	12,36
315 NW	71	364	710	218	9	2	1374	1,32	13,00
337,5 NNW	267	567	1365	475	26	0	2700	2,59	13,33
Toplam	2299	36245	37927	23348	1596	76	101491	97,43	
Sakin Deniz							2672	2,57	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.15.** Yönlere bağlı rüzgar ve feç ilişkisi (KEMER)

Çizelge 4.10. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (KEMER)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	2	0	0	0	0	0
NNE	2	0	0	0	0	0
NE	2	0	0	0	0	0
ENE	16	0	0	0	0	0
E	87	0	0	0	0	0
ESE	157	0	0	0	0	0
SE	214	1	0	0	0	0
SSE	191	1	0	0	0	0
S	158	2	0	0	0	0
SSW	127	2	0	0	0	0
SW	107	0	0	0	0	0
WSW	2	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0
WNW	3	0	0	0	0	0
NW	1	0	0	0	0	0
NNW	1	0	0	0	0	0
Toplam	1070	6	0	0	0	0

01.01.2005 – 01.01.2018 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilecek yıllık enerji potansiyeli 4.335 kWh/m olup rüzgar yönlerine göre dağılımı Şekil 4.16.'da sunulmaktadır.

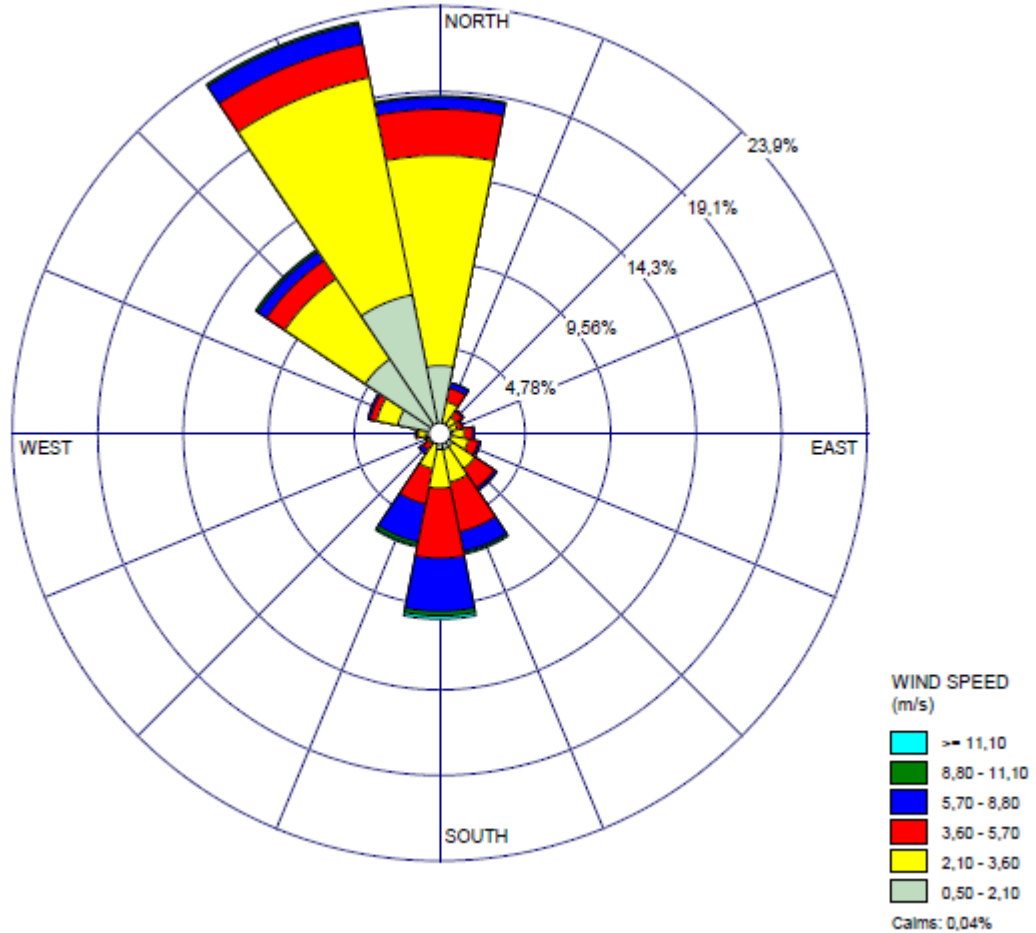
**Şekil 4.16.** Kemer enerji potansiyeli (kW/m)

4.6. KONYAALTI (36.8400 K, 30.6100 D)

Konyaaltı Antalya'nın batı sahil bölgesidir. 17304 numaralı ölçüm istasyonu 36.8400 K, 30.6100 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 4 metre, Antalya şehir merkezinin batısında yer almaktadır. 01.01.2005 – 01.01.2018 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Nüfus yoğunluğu yüksek olan Konyaaltı sahil bandında iki adet liman ve Boğaçayı bulunmaktadır. Antalya Büyükşehir Belediyesi'nin Boğaçayı projesi kapsamında yeni bir liman ve kıyı yapıları yapılması planlanmaktadır. 35.497 saatlik ölçüm verileri Wind Rose Pilot yazılımı ile düzenlenerek Konyaaltı bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.17.'de çizilmiştir.

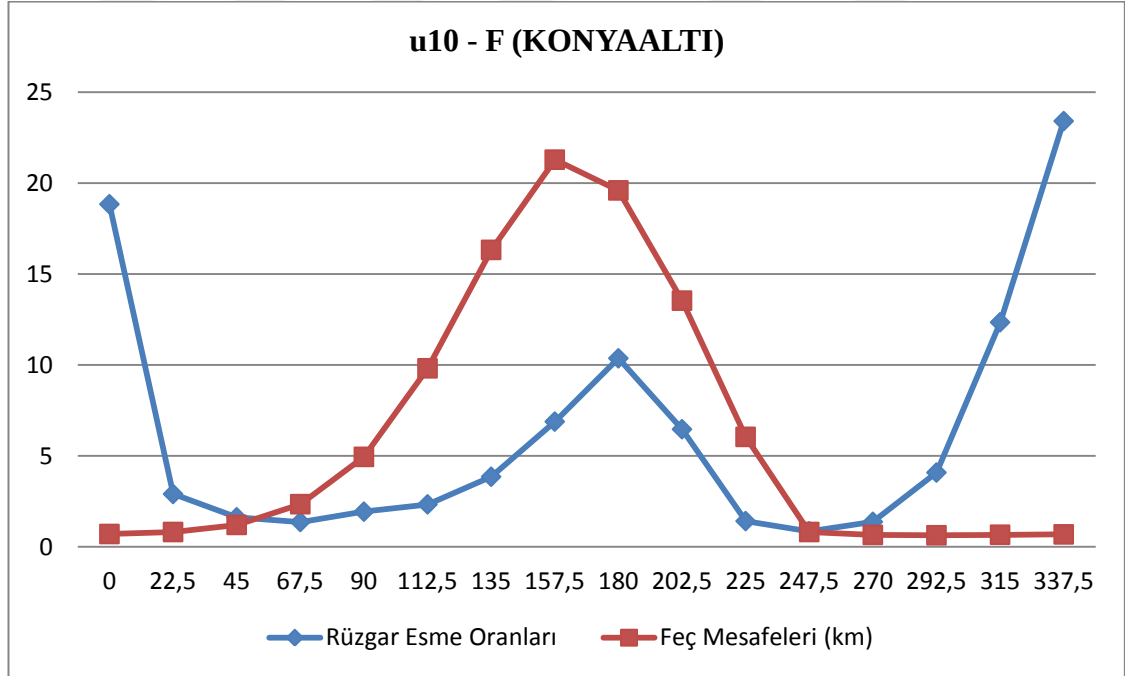
Çalışma kapsamında değerlendirilen 35.497 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, saikin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.11.'de verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Kuzey Kuzey Batı (337,5°) ve etkili feç Güney Güney Doğu (157,5°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.18.'de kıyaslanmıştır.



Şekil 4.17. Rüzgar Gülü (KONYAALTI)

Çizelge 4.11. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (KONYAALTI)

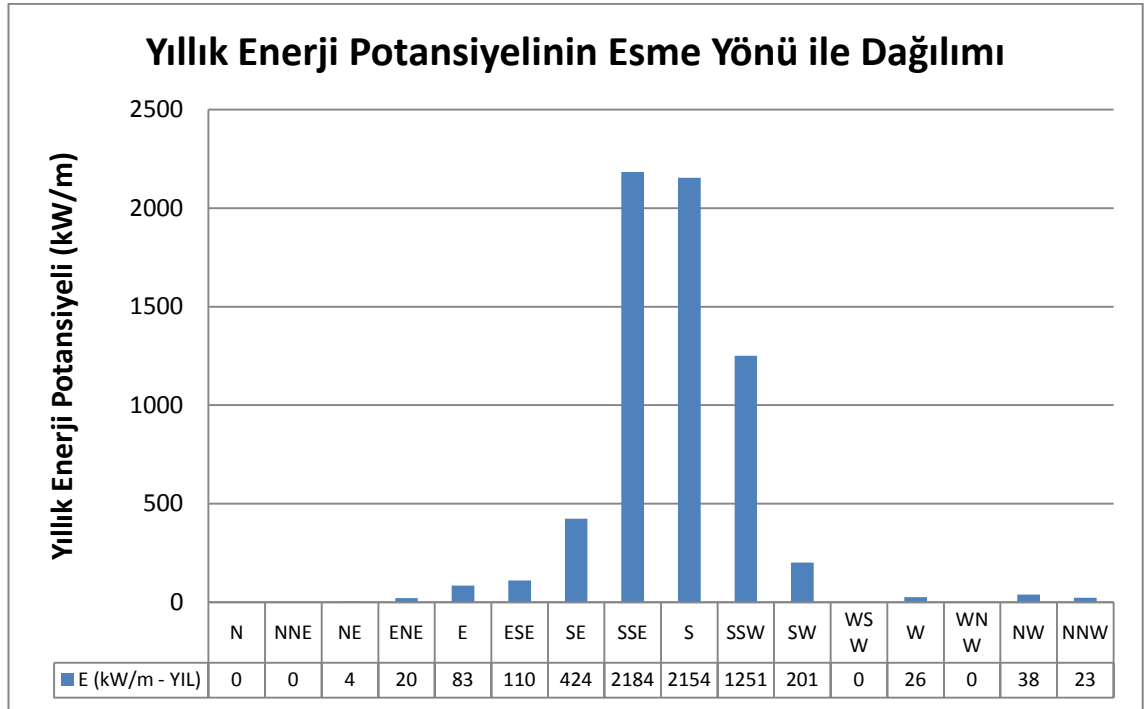
Yön (°) – Hız (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	1344	4164	914	232	25	4	6683	18,83	13,76
22,5 NNE	237	403	276	104	7	1	1028	2,90	15,92
45 NE	176	217	144	36	1	0	574	1,62	23,54
67,5 ENE	170	186	101	25	2	0	484	1,36	45,92
90 E	269	213	161	40	1	1	685	1,93	96,89
112,5 ESE	247	334	199	43	3	1	827	2,33	192,41
135 SE	314	525	459	50	3	16	1367	3,85	320,00
157,5 SSE	325	658	998	392	39	30	2442	6,88	417,15
180 S	323	762	1387	1048	92	65	3677	10,36	384,06
202,5 SSW	225	490	711	760	77	29	2292	6,46	265,25
225 SW	115	146	144	91	3	0	499	1,41	118,35
247,5 WSW	128	115	51	7	1	1	303	0,85	15,93
270 W	282	134	51	16	2	0	485	1,37	12,68
292,5 WNW	846	427	129	40	4	1	1447	4,08	12,36
315 NW	1776	1914	432	204	48	8	4382	12,34	13,00
337,5 NNW	2802	4381	677	403	44	1	8308	23,40	13,33
Toplam	9579	15069	6834	3491	352	158	35483	99,96	
Sakin Deniz							14	0,04	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.18.** Yönlere bağlı rüzgar ve feç ilişkisi (KONYAALTI)

Çizelge 4.12. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (KONYAALTI)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0
NE	2	0	0	0	0	0
ENE	2	0	0	0	0	0
E	4	0	0	0	0	0
ESE	3	1	0	0	0	0
SE	56	0	0	0	0	0
SSE	107	2	1	1	0	1
S	116	5	1	3	0	0
SSW	57	6	2	0	0	0
SW	12	2	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0
W	1	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0
NW	1	0	0	0	0	0
NNW	1	0	0	0	0	0
Toplam	362	16	4	4	0	1

01.01.2005 – 01.01.2018 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilecek yıllık enerji potansiyeli 6.520 kWh/m olup rüzgar yönlerine göre dağılımı Şekil 4.19’da sunulmaktadır.

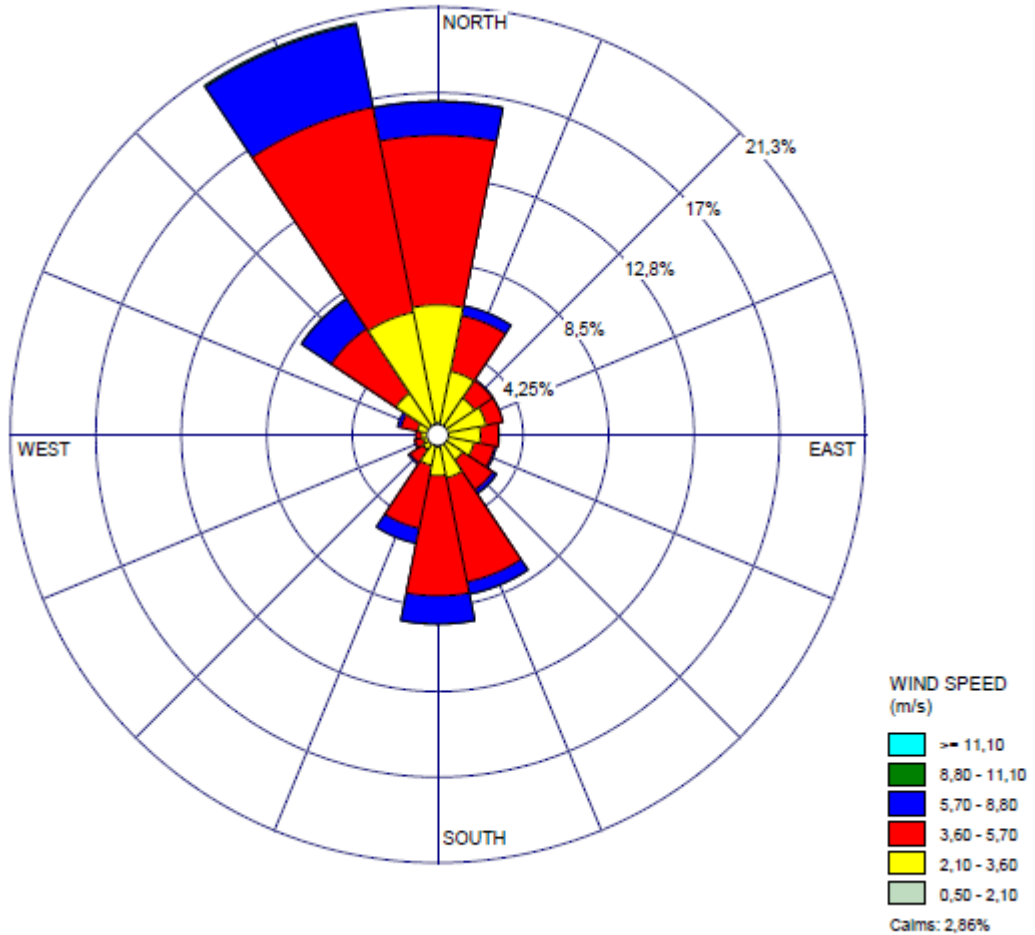
**Şekil 4.19** Konyaaltı enerji potansiyeli (kW/m)

4.7. LARA (36.9063 K, 30.7990 D)

Lara Antalya'nın doğu sahil bölgesidir. 17300 numaralı ölçüm istasyonu 36.9063 K, 30.7990 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 64 metre, Antalya şehir merkezinin doğusunda yer almaktadır. 01.01.1988 – 01.01.2018 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Nüfus yoğunluğu Konyaaltı bölgesi kadar yüksek olmayan Lara sahil bandında turizm yapıları ve çoklukla üzerinde kıyı yapısı bulunmayan halk plajları bulunmaktadır. Antalya Büyükşehir Belediyesi'nin Kruvaziyer Gemiler için liman projesi kapsamında yeni bir liman ve kıyı yapıları yapılması planlanmaktadır. 254.643 saatlik ölçüm verileri Wind Rose Pilot yazılımı ile düzenlenerek Lara bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.20.'de çizilmiştir.

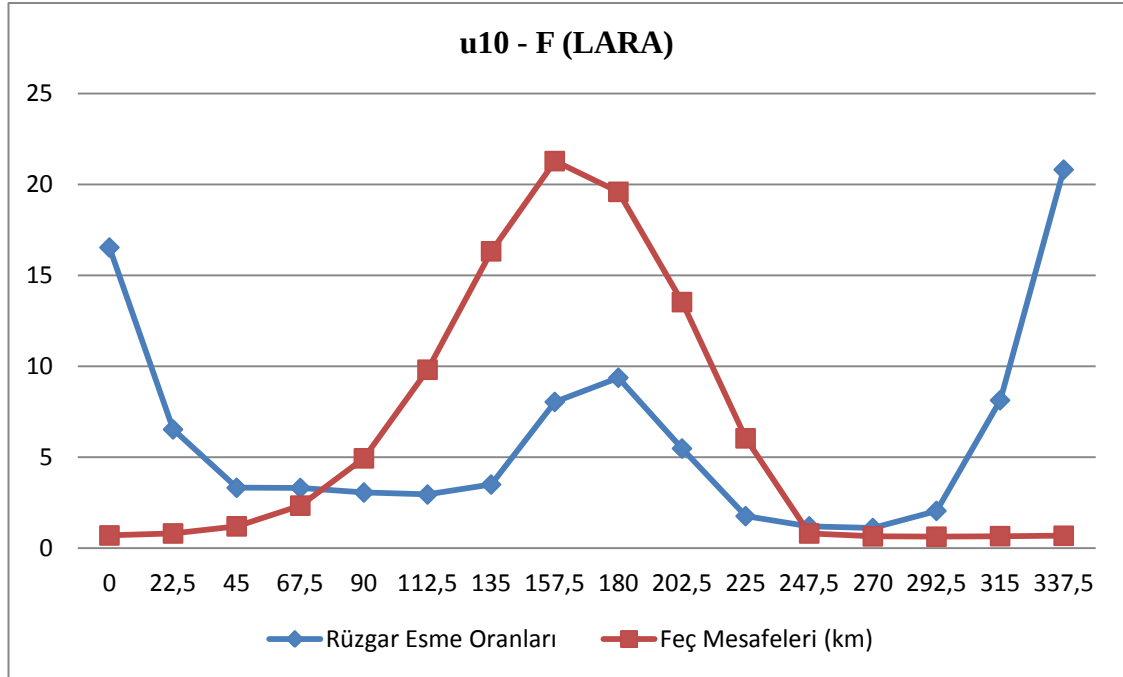
Çalışma kapsamında değerlendirilen 254.643 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, saikin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.13.'de verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Kuzey Kuzey Batı (337,5°) ve etkili feç Güney Güney Doğu (157,5°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.21.'de kıyaslanmıştır.



Şekil 4.20. Rüzgar Gülü (LARA)

Çizelge 4.13. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (LARA)

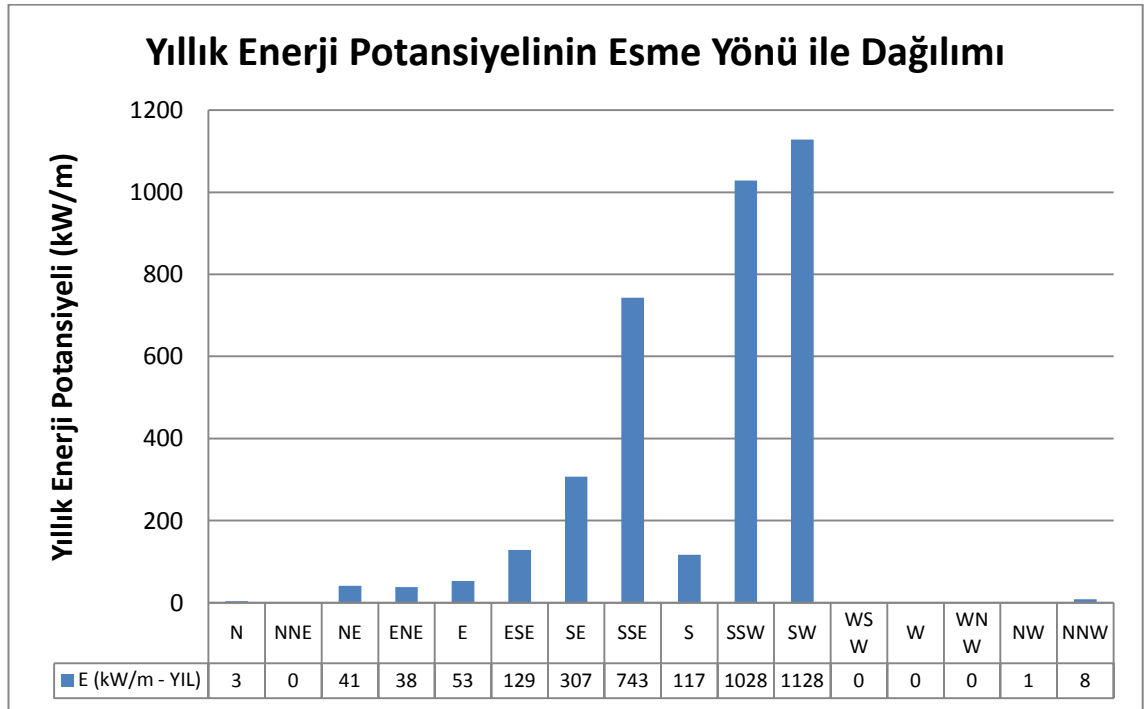
Yön (°) - Hız (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	1597	14809	21408	4221	60	3	42098	16,53	13,76
22,5 NNE	984	7213	7167	1250	19	0	16633	6,53	15,92
45 NE	754	4877	2681	133	3	0	8448	3,32	23,54
67,5 ENE	1055	5180	2126	68	0	0	8429	3,31	45,92
90 E	1090	4304	2334	61	0	0	7789	3,06	96,89
112,5 ESE	1174	3525	2611	200	6	1	7517	2,95	192,41
135 SE	904	2906	4556	536	18	1	8921	3,50	320
157,5 SSE	1167	4351	13381	1546	20	2	20467	8,04	417,15
180 S	1523	3631	15169	3510	27	5	23865	9,37	384,06
202,5 SSW	937	2991	8088	1930	3	0	13949	5,48	265,25
225 SW	605	1697	1899	288	0	0	4489	1,76	118,35
247,5 WSW	419	1513	1006	106	0	0	3044	1,20	15,93
270 W	455	1616	702	45	0	0	2818	1,11	12,68
292,5 WNW	399	2219	2097	496	0	0	5211	2,05	12,36
315 NW	1016	5342	9797	4503	41	2	20701	8,13	13
337,5 NNW	1423	14366	26352	10634	211	7	52993	20,81	13,33
Toplam	15502	80540	121374	29527	408	21	247372	97,14	
Sakin Deniz							10822	2,86	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.21.** Yönlere bağlı rüzgar ve feç ilişkisi (LARA)

Çizelge 4.14. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (LARA)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	1	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0
NE	2	0	0	0	0	0
ENE	2	0	0	0	0	0
E	10	0	0	0	0	0
ESE	21	0	0	0	0	0
SE	35	0	0	0	0	0
SSE	83	3	0	0	0	0
S	109	7	0	0	0	0
SSW	128	1	0	0	0	0
SW	140	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0
NW	1	0	0	0	0	0
NNW	1	0	0	0	0	0
Toplam	533	11	0	0	0	0

01.01.1988 – 01.01.2018 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilecek yıllık enerji potansiyeli 3.597 kWh/m olup rüzgar yönlerine göre dağılımı Şekil 4.22.’de sunulmaktadır.

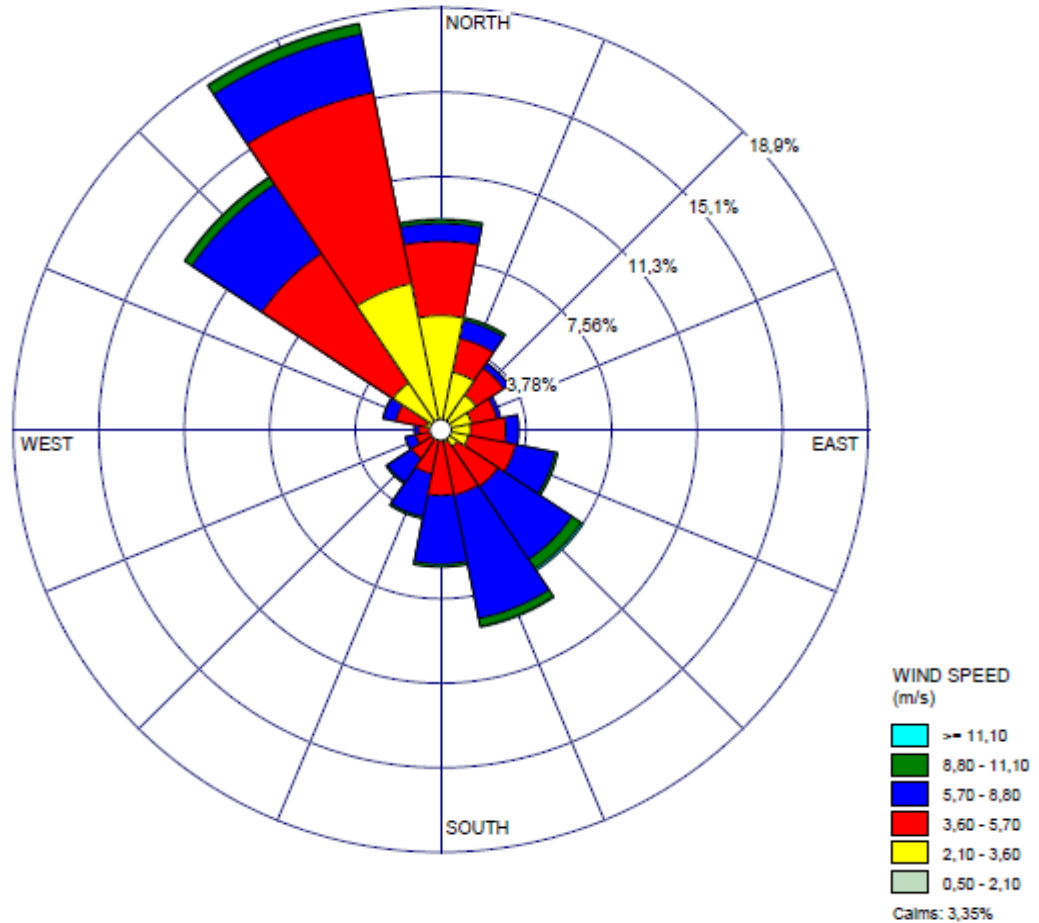
**Şekil 4.22.** Lara enerji potansiyeli (kW/m)

4.8. SERİK (36.8604 K, 31.0627 D)

Serik Antalya'nın doğusunda kalan Kadriye, Belek, Boğazkent Turizm merkezleri ve nüfus yoğunluğu düşük yerleşim yerlerine sahiptir. 17915 numaralı ölçüm istasyonu 36.8604 K, 31.0627 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 6 metre, Antalya şehir merkezine uzaklığı 42 kilometredir. 01.01.2005 – 01.01.2018 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Sahil şeridinin hemen hemen tamamında Turizm yapıları bulunmaktadır. Kadriye, Acısu ve Boğazkent derelerinin denizle buluştuğu bölgelerdeki dalga kıranlar dışında gelişmiş kıyı yapısı bulunmamaktadır. 42.732 saatlik ölçüm verileri Wind Rose Pilot yazılımı ile düzenlenerek Serik bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.23.'de çizilmiştir.

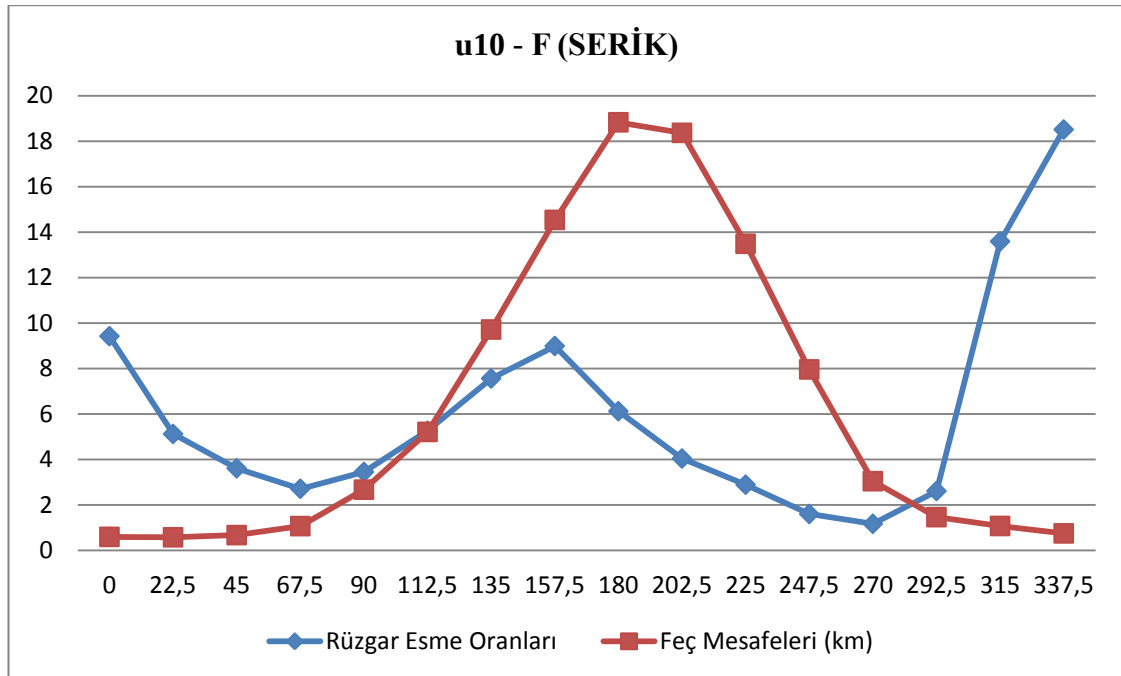
Çalışma kapsamında değerlendirilen 42.732 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, sahin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.15.'de verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Kuzey Kuzey Batı ($337,5^\circ$) ve etkili feç Güney (180°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.24.'de kıyaslanmıştır.



Şekil 4.23. Rüzgar Gülü (SERİK)

Çizelge 4.15. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (SERİK)

Yön (°) - Hız (m/s)	0,50-2,10	2,10-3,60	3,60-5,70	5,70-8,80	8,80-11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	202	1980	1418	338	73	16	4027	9,42	16,01
22,5 NNE	150	974	655	349	56	6	2190	5,12	15,52
45 NE	127	676	619	115	4	0	1541	3,61	18,08
67,5 ENE	106	485	485	83	0	0	1159	2,71	28,77
90 E	93	471	661	248	1	0	1474	3,45	71,96
112,5 ESE	83	451	899	761	49	4	2247	5,26	140,35
135 SE	59	323	918	1673	212	46	3231	7,56	261,70
157,5 SSE	26	213	1028	2400	153	20	3840	8,99	391,60
180 S	20	165	1066	1306	56	3	2616	6,12	507,25
202,5 SSW	18	183	653	832	39	1	1726	4,04	494,74
225 SW	17	151	490	549	28	1	1236	2,89	363,31
247,5 WSW	29	163	287	199	6	0	684	1,60	214,43
270 W	29	149	241	79	1	0	499	1,17	81,97
292,5 WNW	36	252	575	241	10	0	1114	2,61	39,39
315 NW	80	1002	2970	1584	163	10	5809	13,59	28,94
337,5 NNW	179	2668	3714	1135	198	14	7908	18,51	20,14
Toplam	1254	10306	16679	11892	1049	121	41301	96,65	
Sakin Deniz							1431	3,35	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.24.** Yönlere bağlı rüzgar ve feç ilişkisi (SERİK)

Çizelge 4.16. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (SERİK)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	0	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0
NE	0	0	0	0	0	0
ENE	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0
SE	11	1	0	0	0	0
SSE	8	1	0	0	0	0
S	3	0	0	0	0	0
SSW	0	1	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0
WSW	3	0	0	0	0	0
W	1	0	0	0	0	0
WNW	0	0	0	0	0	0
NW	1	0	0	0	0	0
NNW	0	0	0	0	0	0
Toplam	27	3	0	0	0	0

01.01.2005 – 01.01.2018 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü rüzgar yöne ve hızlarına ait veriler incelendiğinde önemli tutarsızlıklar gözlenmiştir. Rüzgar hızının bir çok kez “0” olması, ani rüzgar yönü değişimleri, 16 farklı esme yönünden “0” hızında ölçümler gözlenmiştir. Normal şartlar altında rüzgarın esmemesi durumunda yön bilgisinin de olmaması gerekmektedir. Bu durum Serik ölçüm istasyonundan elde edilen rüzgar hızı verilerinin hatalı ve düzensiz olduğu izlenimi yaratmaktadır.

Serik ölçüm istasyonundan elde edilen rüzgar verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilebilecek enerji potansiyeli, ölçüm istasyonuna ait verilerin çok kesikli ve düzensiz oluşmasından dolayı uzun dönem dalga istatistiği kapsamında değerlendirilmesinin uygun olmayacağı düşünülmektedir.

Çizelge 4.16.’da görüldüğü üzere çok sınırlı sayıda belirgin dalga yüksekliği hesaplanabilmiştir. Bu kapsamda hesaplanacak değerler gerçeği yansıtmayacağından tez çalışması kapsamında enerji potansiyelleri hesaplanmamıştır.

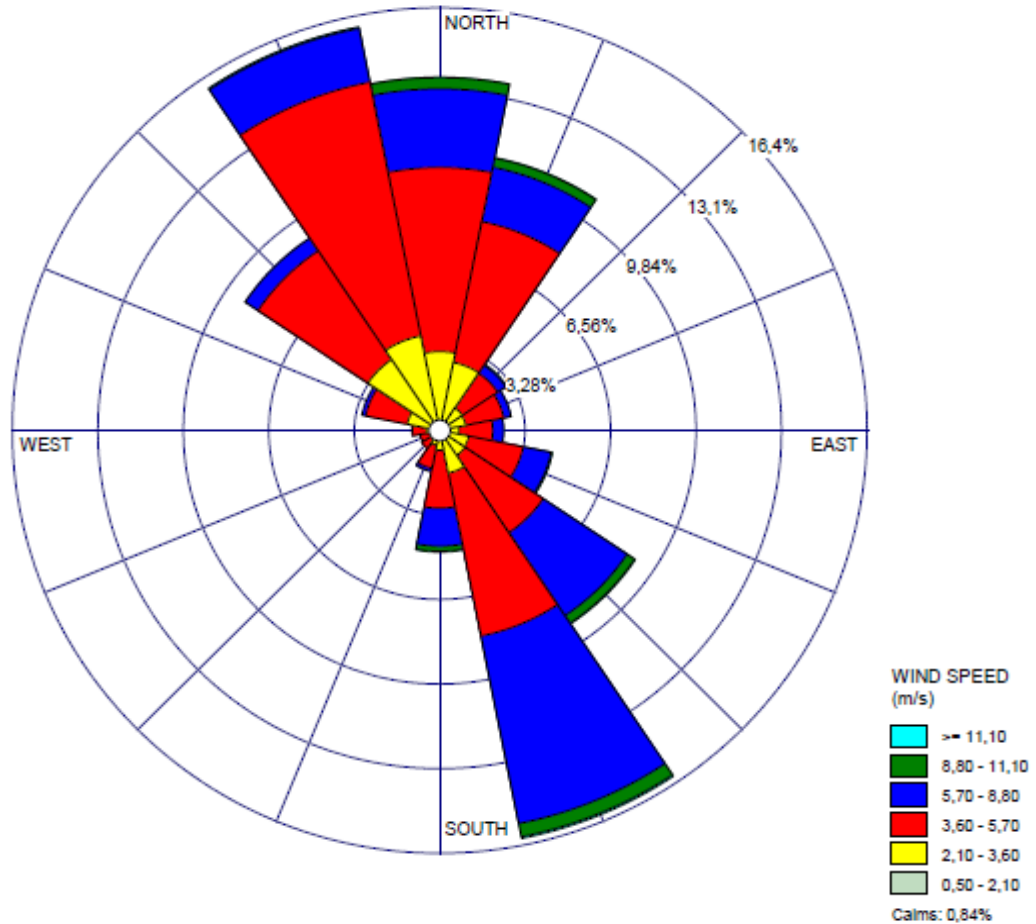
Serik, Acısu çayı içerisinde küçük ve orta ölçekli deniz taşıtlarını indirebilecek bir tekne çekek yeri bulunmaktadır. Karayolu ile ulaşımı mümkün olan bu bölgeden denize ulaşım sağlanmaktadır. Mevcut ölçüm istasyonunun konumunun da önünde sıralı otellerin bulunması nedeni ile uygun olmadığı düşünülmektedir. Acısu çıkışına yakın bir bölgede konumlandırılacak şamandıra ölçüm istasyonu ile daha doğru ölçümler yapılabilecek, ulaşım olduğu için de istasyon bakım ve düzenlemelerinin kolayca yapılabileceği düşünülmektedir.

4.9. MANAVGAT (36.7895 K, 31.4410 D)

Manavgat Antalya'nın doğusunda kalan Çolaklı, Side, Titreyen Göl, Kızılot gibi Turizm merkezleri ve merkezi yerleşim yerlerine sahiptir. 17954 numaralı ölçüm istasyonu 36.7895 K, 31.4410 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 38 metre, Antalya şehir merkezine uzaklığı 80 kilometredir. 01.01.1988 – 01.01.2018 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Sahil şeridinde çok sayıda Turizm yapıları bulunmakla birlikte halen yapılaşma olmayan plajları da mevcuttur. Manavgat ırmağının denizle buluştuğu bölgede liman yapıları mevcut olup sahilin geri kalan kısmında önemli bir kıyı yapısı bulunmamaktadır. 253.601 saatlik ölçüm verileri Wind Rose Pilot yazılımı ile düzenlenerek Manavgat bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.25.'de çizilmiştir.

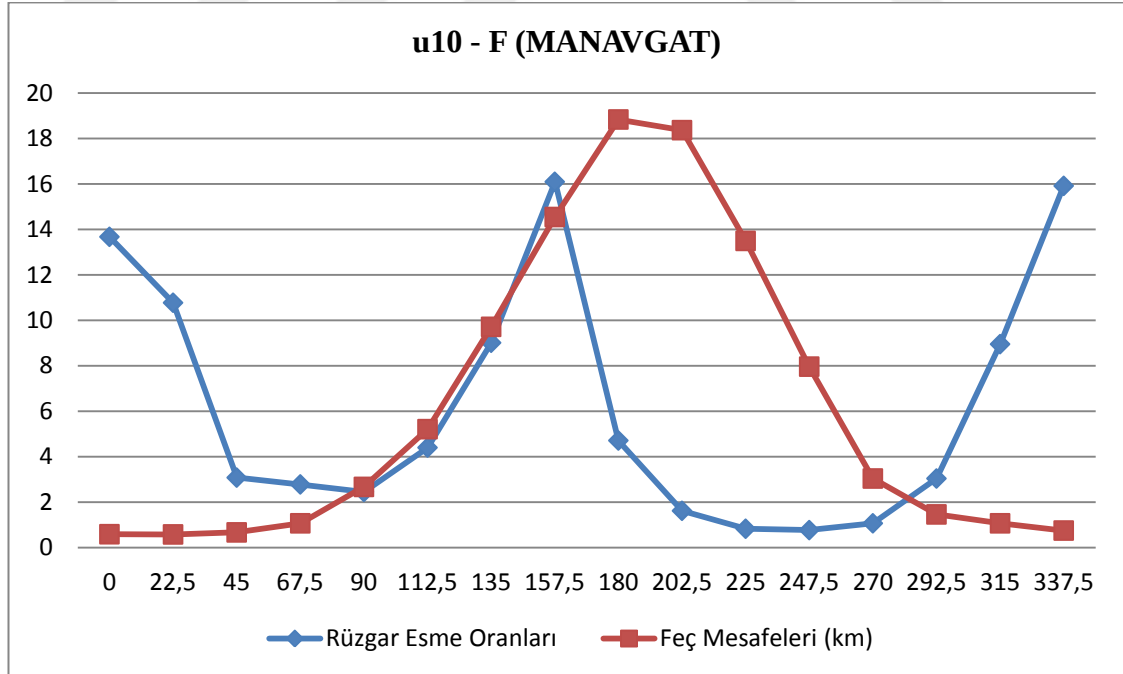
Çalışma kapsamında değerlendirilen 253.601 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, sahilin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.17'de verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Güney Güney Doğu (157,5°) ve etkili feç Güney (180°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.26.'da kıyaslanmıştır.



Şekil 4.25. Rüzgar Gülü (MANAVGAT)

Çizelge 4.17. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (MANAVGAT)

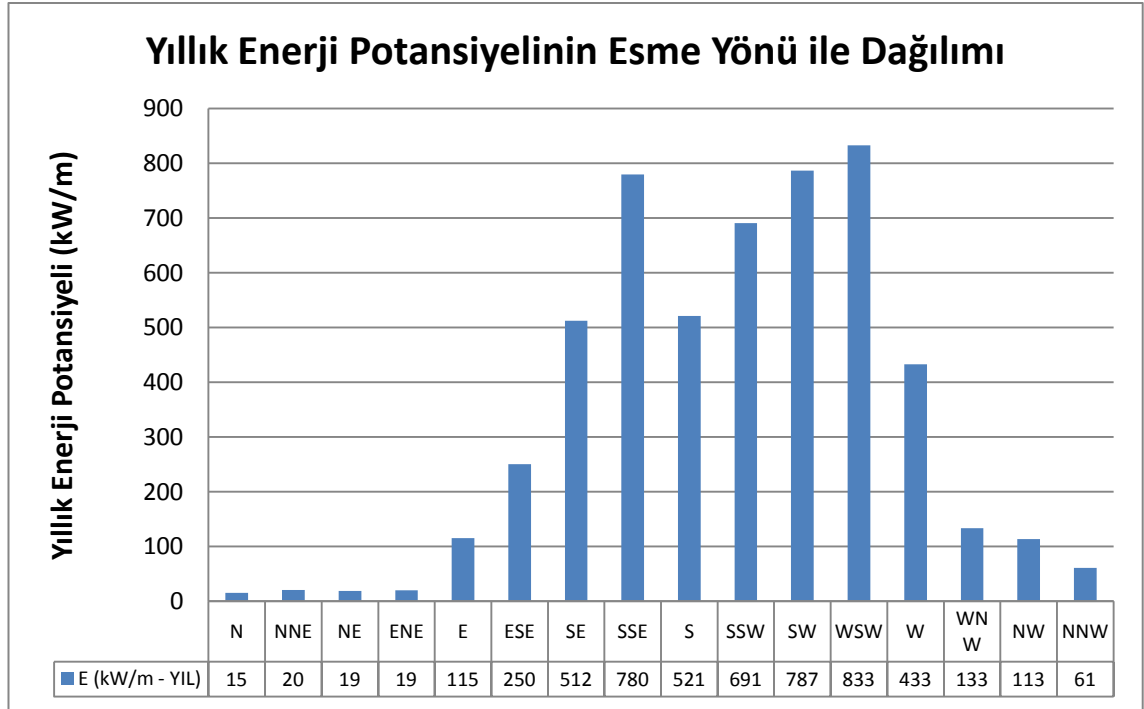
Yön (°) – Hız (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	996	6837	18255	7803	1117	26	35034	13,67	16,01
22,5 NNE	900	5998	14235	5493	912	59	27597	10,77	15,52
45 NE	331	2358	4163	943	100	9	7904	3,08	18,08
67,5 ENE	358	2259	3799	715	1	0	7132	2,78	28,77
90 E	263	1663	3296	1054	3	0	6279	2,45	71,96
112,5 ESE	454	2464	5451	2770	121	10	11270	4,40	140,35
135 SE	479	2517	9217	9894	895	79	23081	9,01	261,70
157,5 SSE	754	3568	16478	18955	1338	150	41243	16,09	391,60
180 S	421	1557	5758	3765	488	81	12070	4,71	507,25
202,5 SSW	239	1276	2322	294	16	0	4147	1,62	494,74
225 SW	63	944	1110	20	0	0	2137	0,83	363,31
247,5 WSW	82	964	922	12	0	0	1980	0,77	214,43
270 W	64	1215	1407	65	0	0	2751	1,07	81,97
292,5 WNW	127	3129	4156	382	0	0	7794	3,04	39,39
315 NW	234	8251	12964	1480	7	0	22936	8,95	28,94
337,5 NNW	685	8886	25654	5422	134	1	40782	15,91	20,14
Toplam	6450	53886	129187	59067	5132	415	254137	99,16	
Sakin Deniz							2164	0,84	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.26.** Yönlere bağlı rüzgar ve feç ilişkisi (MANAVGAT)

Çizelge 4.18. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (MANAVGAT)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	6	0	0	0	0	0
NNE	6	0	0	0	0	0
NE	9	0	0	0	0	0
ENE	13	0	0	0	0	0
E	84	0	0	0	0	0
ESE	196	4	0	0	0	0
SE	490	20	1	0	0	0
SSE	844	26	3	0	0	0
S	320	15	1	0	0	0
SSW	271	18	0	0	0	0
SW	283	14	0	0	0	0
WSW	270	5	0	0	0	0
W	144	0	0	0	0	0
WNW	43	0	0	0	0	0
NW	40	0	0	0	0	0
NNW	18	0	0	0	0	0
Toplam	3037	102	5	0	0	0

01.01.1988 – 01.01.2018 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilecek yıllık enerji potansiyeli 5.303 kWh/m olup rüzgar yönlerine göre dağılımı Şekil 4.27.'de sunulmaktadır.

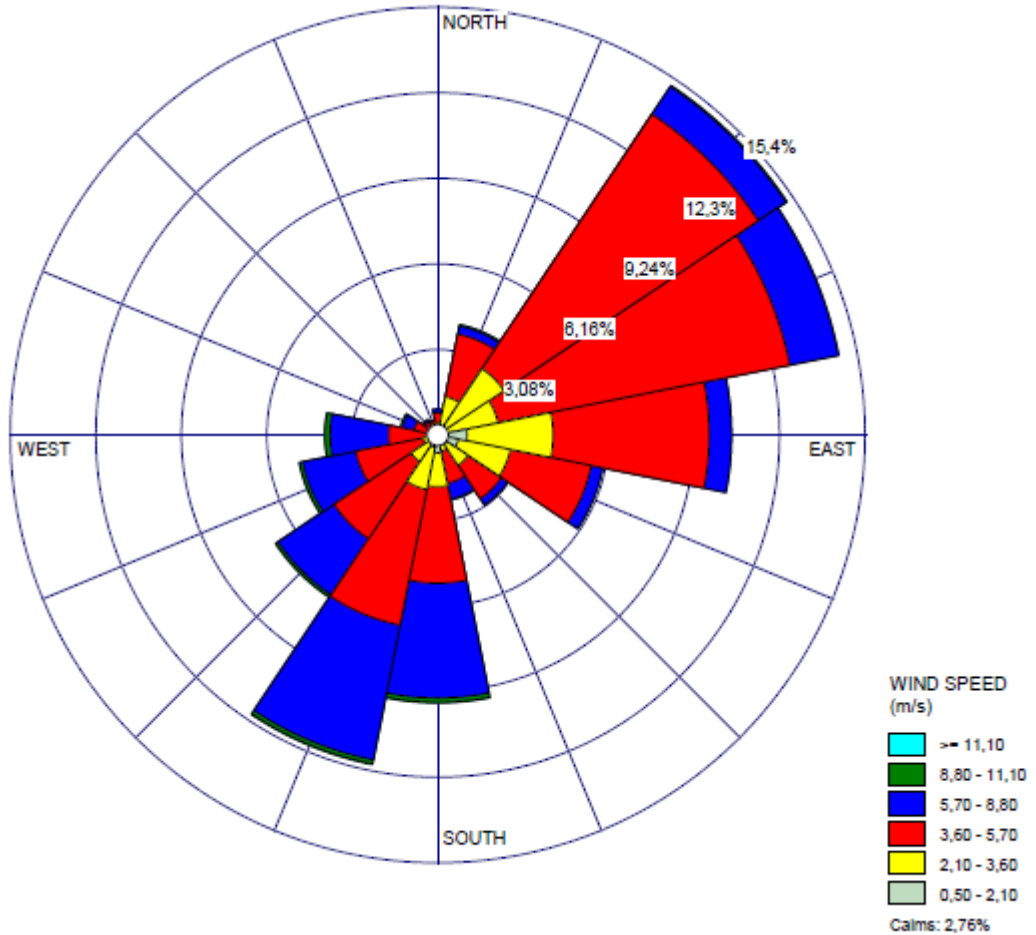
**Şekil 4.27.** Manavgat enerji potansiyeli (kW/m)

4.10. ALANYA (36.5507 K, 31.9803 D)

Alanya, Antalya'nın doğu kısmında yer alan merkezinde nüfus yoğunluğu yüksek yerleşim yeri ve turizm merkezidir. 17310 numaralı ölçüm istasyonu 36.5507 K, 31.9803 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 6 metre, Antalya şehir merkezine uzaklığı 135 kilometredir. 01.01.1988 – 01.01.2018 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Sahil şeridinde çok sayıda Turizm yapıları bulunmakla birlikte halen yapılaşma olmayan plajları da mevcuttur. Alanya merkezde kıyı yapıları mevcut olup sahil boyunca çok sayıda Turizm yapısı olsa da halen çoğunluğu plaj olarak kullanılmaktadır. 261.525 saatlik ölçüm verileri Wind Rose Pilot yazılımı ile düzenlenerek Alanya bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.28.'de çizilmiştir.

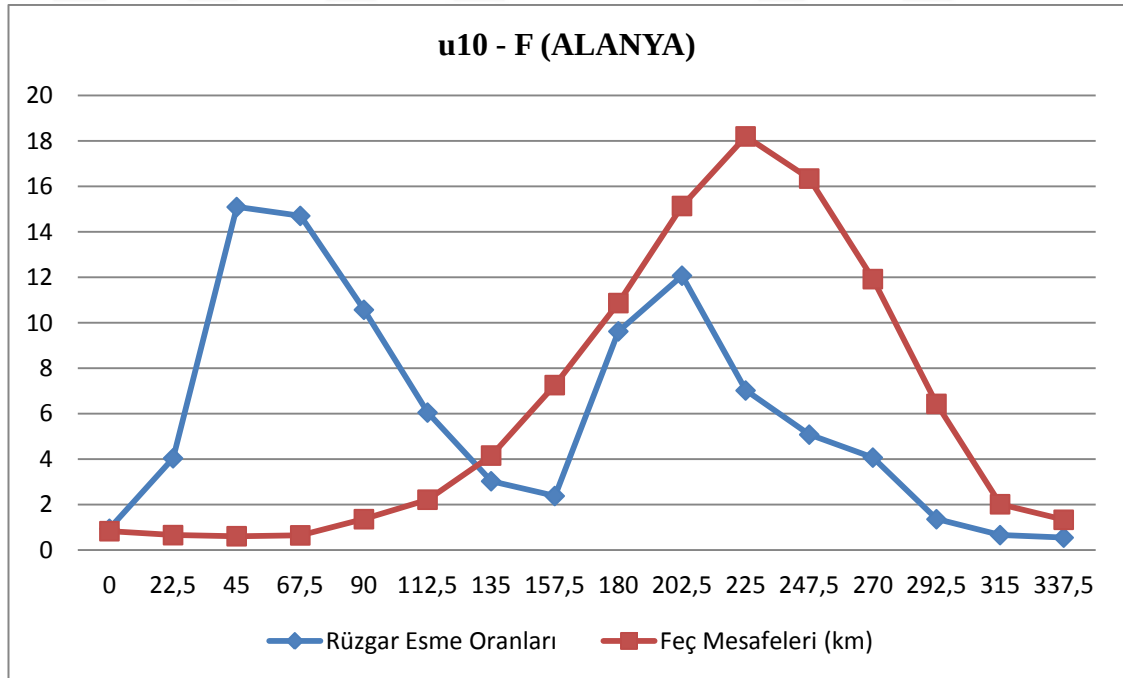
Çalışma kapsamında değerlendirilen 261.525 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, sahilin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.19.'da verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Kuzey Doğu (45°) ve etkili feç Güney Batı (225°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.29.'da kıyaslanmıştır.



Şekil 4.28. Rüzgar Gülü (ALANYA)

Çizelge 4.19. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (ALANYA)

Yön (°) - Hız (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	71	1039	1010	304	39	0	2463	0,94	30,10
22,5 NNE	175	3488	6005	756	127	14	10565	4,04	23,84
45 NE	366	7133	28752	3106	92	7	39456	15,09	22,08
67,5 ENE	863	4926	27964	4664	34	0	38451	14,70	23,45
90 E	2786	8073	14679	2087	7	0	27632	10,57	49,15
112,5 ESE	1990	4973	7759	1096	6	0	15824	6,05	80,05
135 SE	1084	2367	3758	698	26	0	7933	3,03	150,15
157,5 SSE	441	1131	3070	1504	65	7	6218	2,38	262,00
180 S	1694	3172	9062	10766	414	59	25167	9,62	392,20
202,5 SSW	1230	4012	12972	12884	391	76	31565	12,07	546,32
225 SW	663	2381	8693	6320	249	57	18363	7,02	656,78
247,5 WSW	266	1185	6419	5091	295	42	13298	5,08	589,84
270 W	188	852	3577	5514	485	30	10646	4,07	430,24
292,5 WNW	86	672	1518	1104	171	18	3569	1,36	232,12
315 NW	76	629	763	248	7	1	1724	0,66	72,87
337,5 NNW	55	698	559	119	10	3	1444	0,55	48,17
	1203								
Toplam	4	46731	136560	56261	2418	314	254318	97,24	
Sakin Deniz							7207	2,76	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.29.** Yönlere bağlı rüzgar ve feç ilişkisi (ALANYA)

Çizelge 4.20. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (ALANYA)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	1	0	0	0	0	0
NNE	0	0	0	0	0	0
NE	5	0	0	0	0	0
ENE	6	0	0	0	0	0
E	64	0	0	0	0	0
ESE	155	1	0	0	0	0
SE	458	2	0	0	0	0
SSE	678	8	0	0	0	0
S	943	6	0	0	0	0
SSW	515	10	0	0	0	0
SW	237	8	1	0	0	0
WSW	168	4	0	0	0	0
W	173	2	0	0	0	0
WNW	100	0	0	0	0	0
NW	47	0	0	0	0	0
NNW	6	0	0	0	0	0
Toplam	3556	41	1	0	0	0

01.01.1988 – 01.01.2018 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilecek yıllık enerji potansiyeli 4.833 kWh/m olup rüzgar yönlerine göre dağılımı Şekil 4.30.'da sunulmaktadır.

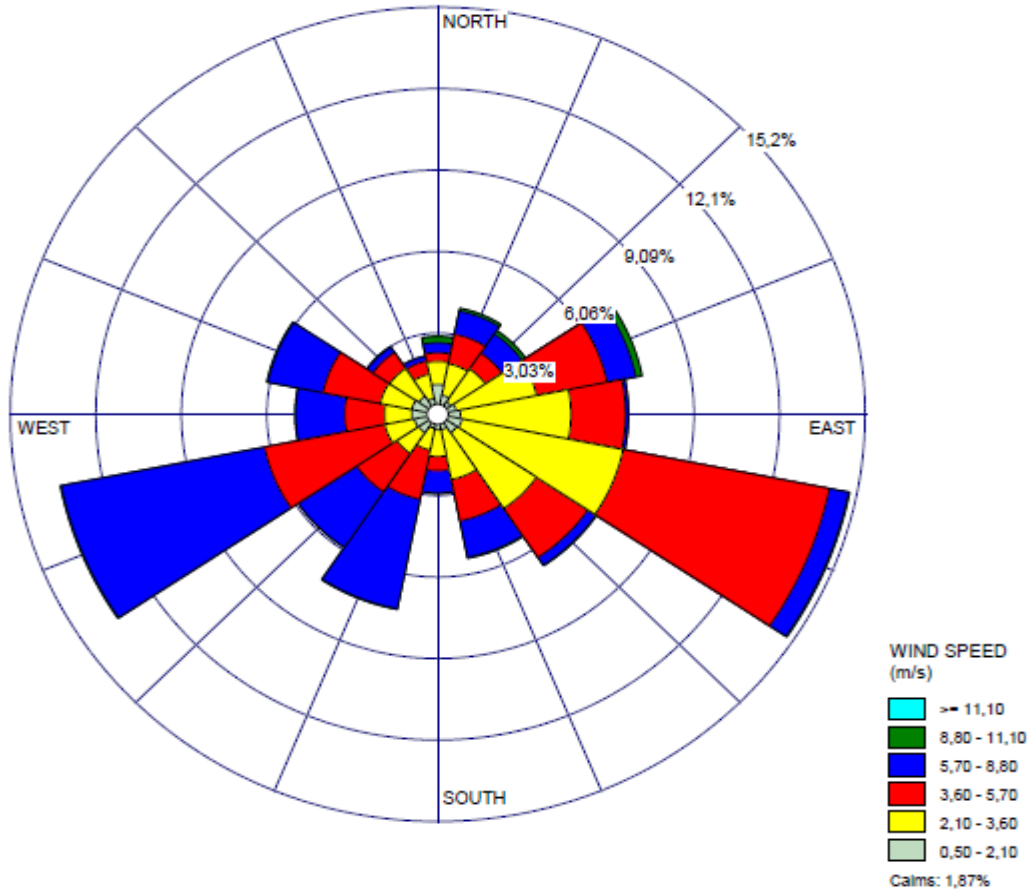
**Şekil 4.30.** Alanya enerji potansiyeli (kW/m)

4.11. GAZİPAŞA (36.2715 K, 32.3045 D)

Gazipaşa, Antalya kıyı şeridinin en doğusunda bulunan yerleşim yeridir. 17974 numaralı ölçüm istasyonu 36.2715 K, 32.3045 D koordinatlarında, deniz seviyesinden yüksekliği 21 metre, Antalya şehir merkezine uzaklığı 180 kilometredir. 01.01.1988 – 01.01.2018 yılları arasında ölçüm verileri bulunmaktadır.

Daha çok dağların denizle buluştuğu bir kıyı şeridi vardır. Gazipaşa merkezde sınırlı kullanım alanı olan bir plaj ve bir adet balıkçı barınağı vardır. 261.525 saatlik ölçüm verileri Wind Rose Pilot yazılımı ile düzenlenerek Alanya bölgesine ait rüzgar gülü Şekil 4.31’de çizilmiştir.

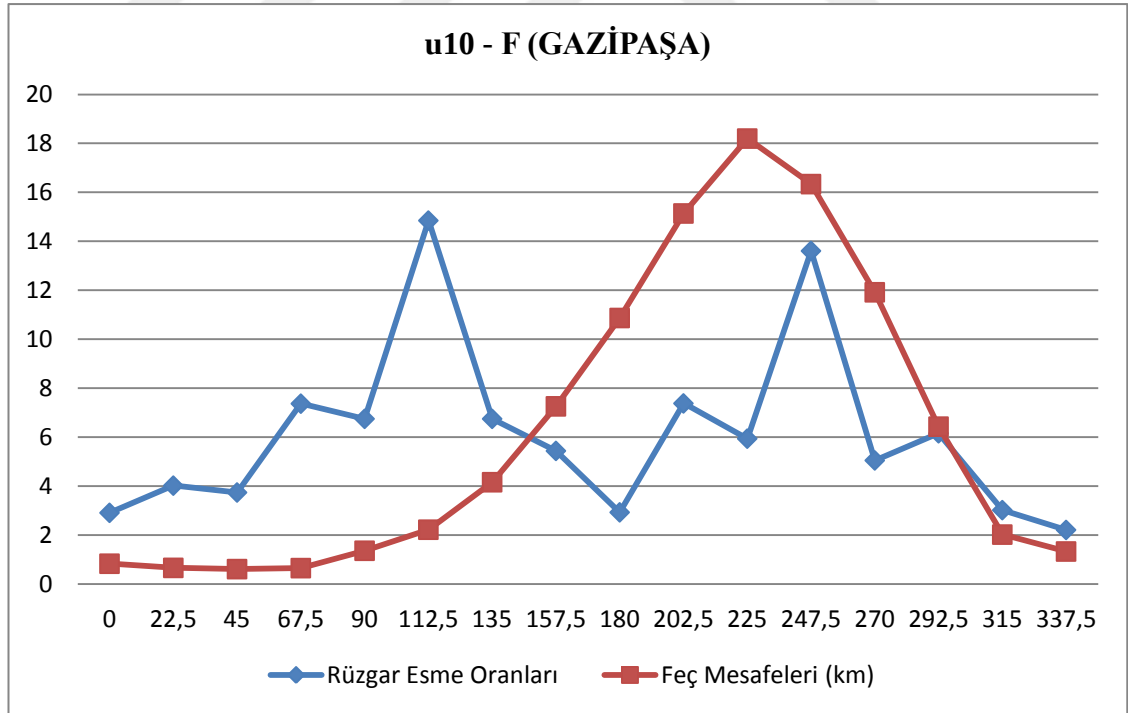
Çalışma kapsamında değerlendirilen 261.525 saatlik rüzgar verilerinin dağılımı, sakin deniz durumu ve etkili feçler Çizelge 4.21.’de verilmiştir. Buna göre hakim rüzgar yönü Doğu Güney Doğu (112,5°) ve etkili feç Güney Batı (225°) yönündendir. Ayrıca rüzgar dağılımları ile feç mesafeleri Şekil 4.32.’de kıyaslanmıştır.



Şekil 4.31. Rüzgar Gülü (GAZİPAŞA)

Çizelge 4.21. Rüzgar dağılımı ve etkili feçler (GAZİPAŞA)

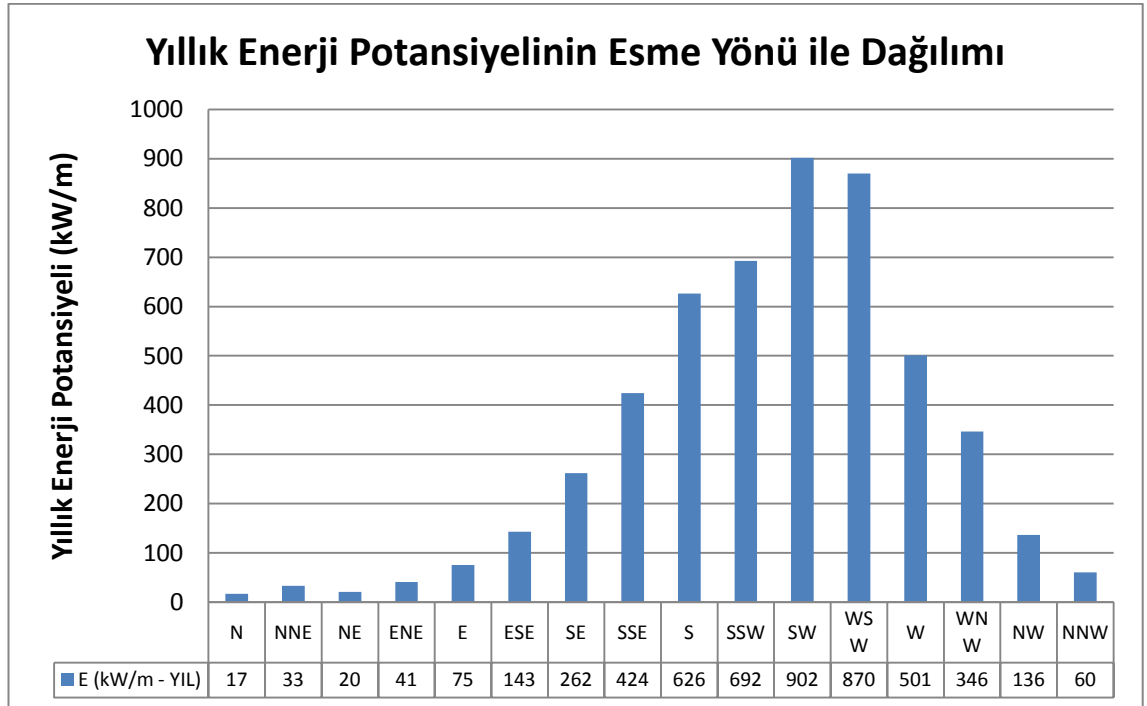
Yön (°) - Hız (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Esme Sayısı	(%)	Feç (km)
0 N	2882	2205	855	950	585	65	7542	2,91	30,10
22,5 NNE	1898	3082	2888	2271	270	7	10416	4,02	23,84
45 NE	1487	3767	1843	2210	384	12	9703	3,74	22,08
67,5 ENE	1747	7504	6597	2686	548	20	19102	7,37	23,45
90 E	2088	10137	4993	260	22	1	17501	6,75	49,15
112,5 ESE	2298	15044	19284	1797	83	5	38511	14,85	80,05
135 SE	2136	8767	5668	884	43	2	17500	6,75	150,15
157,5 SSE	1517	4901	4047	3564	90	1	14120	5,44	262,00
180 S	1513	2574	1358	2135	29	1	7610	2,93	392,20
202,5 SSW	1404	2116	4821	10736	66	3	19146	7,38	546,32
225 SW	2134	2408	4412	6423	24	4	15405	5,94	656,78
247,5 WSW	2193	2764	11244	19002	79	2	35284	13,61	589,84
270 W	2396	2477	3653	4508	46	4	13084	5,05	430,24
292,5 WNW	2423	2950	5356	5145	98	2	15974	6,16	232,12
315 NW	2097	3208	1853	625	39	10	7832	3,02	72,87
337,5 NNW	1577	2361	1288	478	33	2	5739	2,21	48,17
Toplam	31790	76265	80160	63674	2439	141	254469	98,12	
Sakin Deniz							4862	1,87	
Tamamlanamayan							1	0,00	

**Şekil 4.32.** Yönlere bağlı rüzgar ve feç ilişkisi (GAZİPAŞA)

Çizelge 4.22. Belirgin dalga yüksekliklerinin yönlere göre dağılımı (GAZİPAŞA)

	$0,5 < H_s < 1$	$1 < H_s < 1,5$	$1,5 < H_s < 2$	$2 < H_s < 2,5$	$2,5 < H_s < 3$	$H_s > 3$
N	13	0	0	0	0	0
NNE	11	0	0	0	0	0
NE	16	0	0	0	0	0
ENE	24	0	0	0	0	0
E	46	1	0	0	0	0
ESE	121	2	0	0	0	0
SE	278	7	0	0	0	0
SSE	435	8	0	0	0	0
S	723	7	0	0	0	1
SSW	930	9	0	0	0	0
SW	1431	9	0	0	0	0
WSW	1586	11	0	0	0	0
W	667	13	0	0	0	0
WNW	241	7	1	1	0	1
NW	93	1	0	0	0	1
NNW	34	0	0	0	0	0
Toplam	6649	75	1	1	0	3

01.01.1988 – 01.01.2018 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre hesaplanan birim alanda elde edilecek yıllık enerji potansiyeli 5.150 kWh/m olup rüzgar yönlerine göre dağılımı Şekil 4.33.'te sunulmaktadır.

**Şekil 4.33** Gazipaşa enerji potansiyeli (kW/m)

5. TARTIŞMA

11 bölge için yapılan genel analiz batıda 36.1839 Kuzey enlem , 29.6422 Doğu boylam ve doğuda 36.2715 Kuzey enlem, 32.3045 Doğu boylamları arasında seçilen kıyı bölgelerini kapsamaktadır. Bu bölgeler ile ilgili ölçüm istasyonlarının bir çoğu deniz kenarında iken Hava Limanı ölçüm istasyonu, Manavgat, Gazipaşa ve Kumluca istasyonları kıyıya nispeten daha uzak ve yüksekte konumlanmaktadır.

Çalışma kapsamında 30 yıllık, uzun dönem rüzgar verileri kullanılmak üzere, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden resmi yazışma ile talep edilmiş ve MEVBİS sistemi üzerinden temin edilmiştir. Elbette bu süreçte bazı istasyonlar kapanmış, yenileri açılmış veya yakın tarihte hizmete giren ölçüm istasyonları kurulmuştur. Saatlik ve kayıt altına alınan gerçek rüzgar verileri kullanılmıştır. Veriler yönsel ve açısız olarak düzenlendikten sonra Wind Rose Pilot yazılımına entegre edilmiştir. Amaç enerji potansiyelinin tespiti olduğu için rüzgar verilerinden dalga yüksekliği verilerine geçiş metotları 3. Bölümde değerlendirilmiş ve hesaplamalar Wilson belirgin dalga modeli ile yapılmıştır.

Bu çalışma sadece rüzgar etkenli dalgalardan enerji üretimini kapsamaktadır. Bununla birlikte solugan dalgası, akıntı, derinlik farkları gibi etkenlerden de enerji üretimi mümkün olmaktadır. Bu etkenler çalışma kapsamında ihmal edilmiştir.

Literatürdeki çoğu çalışmada 6 veya 12 saat aralıklarındaki tahmin verilerinin kullanıldığı görülmektedir. Bazı istasyonların konumlarının deniz rüzgarları için elverişli olmayışı ayrıca kısıtlı veriler sebebi ile benzer bir çalışma ECMWF veya NOAA gibi hava tahmin kurumlarından elde edilecek tahmin verileri ile de yapılabilecektir.

5.1. Genel Değerlendirme

Antalya yarı açık bir körfez konumundadır. Rüzgar etkileri ve belirgin dalga yükseklikleri incelendiğinde, ne tam bir iç deniz ne de tam bir açık deniz etkisi görülmemektedir.

Kaş bölgesinde açık deniz dalga iklimi gözlenmiştir. 1,47 kW/m saatlik sürekli enerji potansiyeli olup zaman zaman enerji seviyesinin 9 kW/m düzeylerine çıktığı görülmektedir. Güneyi boyunca konumlu başlıca Meis olmak üzere Yunan adaları'nın bu yönlerden gelen rüzgarı önemli ölçüde kestiği gözlenmektedir. Patara sahili bölgesinde daha da yüksek enerji elde edilebileceği değerlendirilmektedir.

Finike, nispeten bir iç deniz etkisi göstermektedir. Bunun sebebi güneyi boyunca Demre'ye kadar uzanan coğrafyada tepelerin denize kadar inmesi ile Demre yönünden gelen rüzgarlara korunak sağlaması, ayrıca kuzeyde Elmalı vadisi ve hakim rüzgar yönünün Kuzey Kuzey Batı olmasıdır. Her ne kadar belirgin dalga yüksekliklerine bağlı enerji potansiyeli hesaplanmış olsa da söz konusu hesaplamalara esas esme süresi yalnızca %3 olmuştur. %97 sakin dalga iklimi ($H_s < 0,5$ m.) göstermektedir. Finike sahilinin enerji üretimi için uygun olmadığı gözlenmektedir.

Serik ölçüm istasyonunun konumu ve ölçüm verilerinden anlaşıldığı üzere bir çok kez hatalı okuma veya hiç okuma yapmadığı gözlenmiştir. Hesaplamalar gerçeği yansıtmadığından enerji potansiyelleri incelemeden çıkarılmıştır. Ayrıca elde edilen belirgin dalga yüksekliklerine ait esme süreleri, ölçüm istasyonu verilerine oranla çok düşük kalmaktadır.

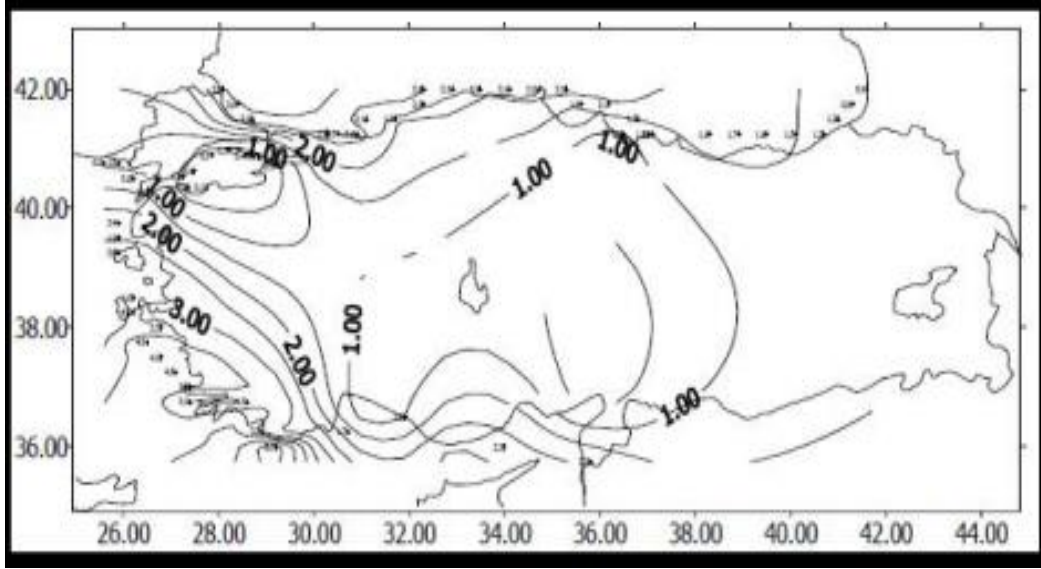
Gazipaşa ölçüm istasyonunun konumu, güneyinde yer alan ve üzerinde tarihi Gazipaşa Kalesinin de olduğu tepenin arkasında kalmaktadır. Güney yönünden esen rüzgarlara ait verilerin doğru olmadığı gözlenmiştir. Etkin feç mesafeleri yönünde denizden karaya rüzgar esmesi durumunda ölçülen belirgin dalga yüksekleri gerçek değerlere oranla daha düşük kalmıştır. Ancak yine de 0,59 kW/m saatlik sürekli enerji potansiyeli bulunmaktadır.

Coğrafi olarak Antalya Merkez’e göre konumlandırmak gerekirse, batıda Kaş, Demre, Finike, Kumluca, Kemer, Konyaaltı, doğuda ise Lara, Serik, Manavgat, Alanya, Gazipaşa sahilleri incelenmiş ve Antalya bölgesine ait dalga iklimi belirlenmiştir.

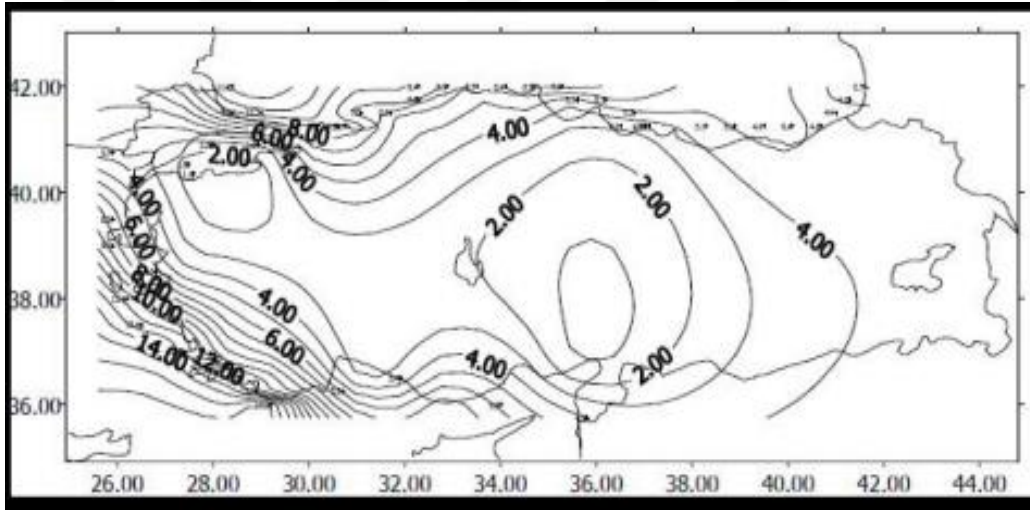
Çalışma kapsamında spesifik bölgeler ve uzun dönem saatlik rüzgar verileri kullanıldığından bire bir karşılaştırma imkanı bulunmamaktadır.

Elde edilen sonuçlar, kayıt altına alınan saatlik uzun dönem rüzgar verilerinden elde edilmiş olmasına karşın hesaplamaların ampirik formüller ile yapıldığı ve ölçüm istasyonların tamamının deniz üzerinde konumlanmış olmadığı unutulmamalıdır. Antalya bölgesinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün çalışmaları kapsamında her geçen gün yeni teknolojiler ve ölçüm istasyonları kurulmaktadır. Bu çalışmalar kapsamında Antalya Körfezine deniz üstü şamandıra ölçüm istasyonu kurulmuştur. 24.03.2015 – 01.02.2017 tarihleri arasında şamandıra istasyonunca ölçülen dalga yüksekliği 0,42 m , çalışma kapsamında ölçülen belirgin dalga yüksekliği $H_s = 0,36$ m olmuştur. Soluğan dalgası ve akıntı etkisi de düşünüldüğünde, çalışma kapsamında Hava Limanı içindeki ölçüm istasyonundan (İstasyon no: 17300, kot = 64m) deniz seviyesine ampirik formüller ile indirgenen ve Wilson metodu ile hesaplanan belirgin dalga yüksekliklerinin şamandıra istasyonu ölçümleri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Sağlam ve Uyar (2005), NATO TU WAVES projesi sonucunda oluşturulan “Türk Kıyı Rüzgarları ve Derin Dalga Atlası” verilerinden yararlanarak yaklaşık belirgin dalga yüksekliği (H) ve dalga periyodu (T) değerleri ile minimum enerji akışı için aylık ortalama, maksimum enerji akışı için aylık ortalamaların matematik ortalaması ve en büyük değerlerin en düşük olan değerleri kullanılarak hesapladıkları Türk sularının kullanıma hazır yaklaşık azami ve asgari dalga enerji seviyeleri Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Asgari Dalga Enerji Seviyeleri (Sağlam ve Uyar 2005)



Şekil 5.2. Azami Dalga Enerji Seviyeleri (Sağlam ve Uyar 2005)

Çalışma kapsamında hesaplanan enerji değerleri, Şekil 5.1.'de gösterilen asgari dalga enerjileri ile kıyaslandığında Kemer bölgesinden itibaren doğuya doğru olan bölgelerde örtüştüğü, Kumluca ve Finike' de oldukça düşük kaldığı Demre ve Kaş'ta ise çok yakın değerler gösterdiği tespit edilmiştir.

Kumluca ve Finike bölgelerinde oluşan farklılıkların hakim rüzgar yönünün karadan denize olmasından kaynaklandığı, feç mesafeleri kısa kaldığı için bu bölgelerde belirgin dalga yüksekliklerinin diğer bölgelere göre nispeten küçük kaldığı gözlenmiştir.

Antalya kıyı şeridinde tez çalışması kapsamında seçilen 11 bölgeye ait dalga enerji atlası Şekil 5.3.'te sunulmuştur.



Şekil 5.3. Antalya kıyı şeridinde seçilen 11 bölgeye ait dalga enerji atlası

Yeşil yıldızlar enerji verimi yüksek bölgeleri, sarı yıldızlar enerji üretiminin sürekli olmadığı bölgeleri, kırmızı yıldızlar ise tez çalışması kapsamında elde edilen veriler ile enerji üretiminin mümkün olmayacağı bölgeleri göstermektedir. Bölgelere ait enerji verimliliği ve potansiyelleri Çizelge 5.1.' de gösterilmiştir. Örnek olarak Kaş için devamlı elde edilecek enerji 1,47 kW/m iken zaman zaman 9 kW/m'ye kadar çıkmaktadır.

Çizelge 5.1. Rüzgar etkenli dalga enerjisi potansiyelleri ve enerji verimlilikleri.

İstasyon	Bölge	E (kW/m-Saat)	E (kWh/m - Yıl)	Enerji Verimliliği
17473	Kaş	1,47 - 9,00	11.543	Yüksek
17970	Demre	0,60 - 6,00	5.190	Yüksek
17375	Finike	-	-	Çok Düşük
17951	Kumluca	0,42	3.639	Yüksek
17953	Kemer	0,49 - 2,00	4.336	Yüksek
17304	Konyaaltı	0,74	6.519	Düşük
17300	Lara	0,41	3.597	Düşük
17915	Serik	-	-	Çok Düşük
17954	Manavgat	0,60 - 4,00	5.300	Yüksek
17310	Alanya	0,55 - 4,00	4.833	Yüksek
17974	Gazipaşa	0,60 - 6,00	5.150	Yüksek

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Antalya bölgesine ait uzun dönem rüzgar verileri analiz edilerek dalga yükseklikleri belirlenmiş daha sonra rüzgar etkenli dalga enerjisi potansiyeli belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan veriler T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü ölçüm istasyonlarınca kayıt altına alınan verilerden elde edilmiştir. Saatlik rüzgar hızları ve yönleri 01.01.1988 ile 01.01.2018 arasında, 360 ayda elde edilen 1.806.604 rüzgar verisinden oluşmaktadır. Antalya kıyı şeridi boyunca onbir bölge için dalga enerji potansiyeli hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında, veriler onbir bölge için ayrı ayrı analiz edilmiş ve her bölge için sonuçlar, Wind Rose Pilot adı verilen yazılımla bu tez çalışmasında grafiksel olarak sunulmuştur. Belirgin dalga yükseklikleri, hakim rüzgar yönleri ile etkili feçler arasındaki ilişki, belirgin dalga yüksekliklerinin dağılımı, enerji potansiyelleri gibi parametreler ortaya konulmuştur.

Bu tezde dalga enerjisi potansiyelini belirlemek için kayıtlı rüzgar verileri kullanılmıştır. Elde edilen veriler işlendiğinde ve düzenlendiğinde, Serik bölgesinde hatalı veriler gözlenmiştir.

Ayrıca bu çalışmada soluğan dalgaları ve akıntılar dikkate alınmamıştır. Bu faktörler göz önüne alındığında, Antalya bölgesi için enerji potansiyelinin hesaplanan değerlerden bir miktar fazla olacağı kanaatine varılmıştır.

Deniz üzeri şamandıra istasyonlarının yaygınlaşması ile doğruluk oranı daha da yüksek ölçümler yapılabilecektir. Bu sayede daha geniş imkanlar ile Antalya gibi değişken coğrafyalı kıyı bölgeleri için daha detaylı çalışmalar yapılabilecektir.

Dalga enerjisinden elektrik üretiminin hangi yöntemle yapılacağı ayrı bir tez çalışma konusudur. Bununla birlikte bu tezin amaçlarından olan Antalya sahil şeridinde seçilen bölgelere ait rüzgar etkenli dalgaların oluşturacağı enerji potansiyelleri belirlenmiştir. Bölgede planlanmış veya ileride planlanacak kıyı yapılarının dalga enerjisinden elektrik üretim potansiyelleri ve üretim için gerekli fiziksel donanım ve finansman bu çalışma kapsamında öngörülebilecektir.

Kaş bölgesindeki dalga enerjisi potansiyelinin, rantabl yatırım yapılabilecek düzeyde olduğu gözlenmiştir. Bölgenin doğal güzelliklerini de koruyarak, Devlet eliyle yapılacak enerji yatırımlarının ileride artacak enerji ihtiyaçlarını problem yaşanmadan karşılayabileceği değerlendirilmektedir.

Ayrıca bu çalışma kapsamında Finike bölgesi haricinde Kaş – Gazipaşa arası karadan ulaşımı olmayan koylar gibi enerji nakilinin zor olduğu bölgeler için aydınlatma ve barınma gibi temel ihtiyaçları karşılayacak enerjinin, rüzgar etkisi ile oluşacak dalgalardan karşılanabileceği gösterilmiştir.

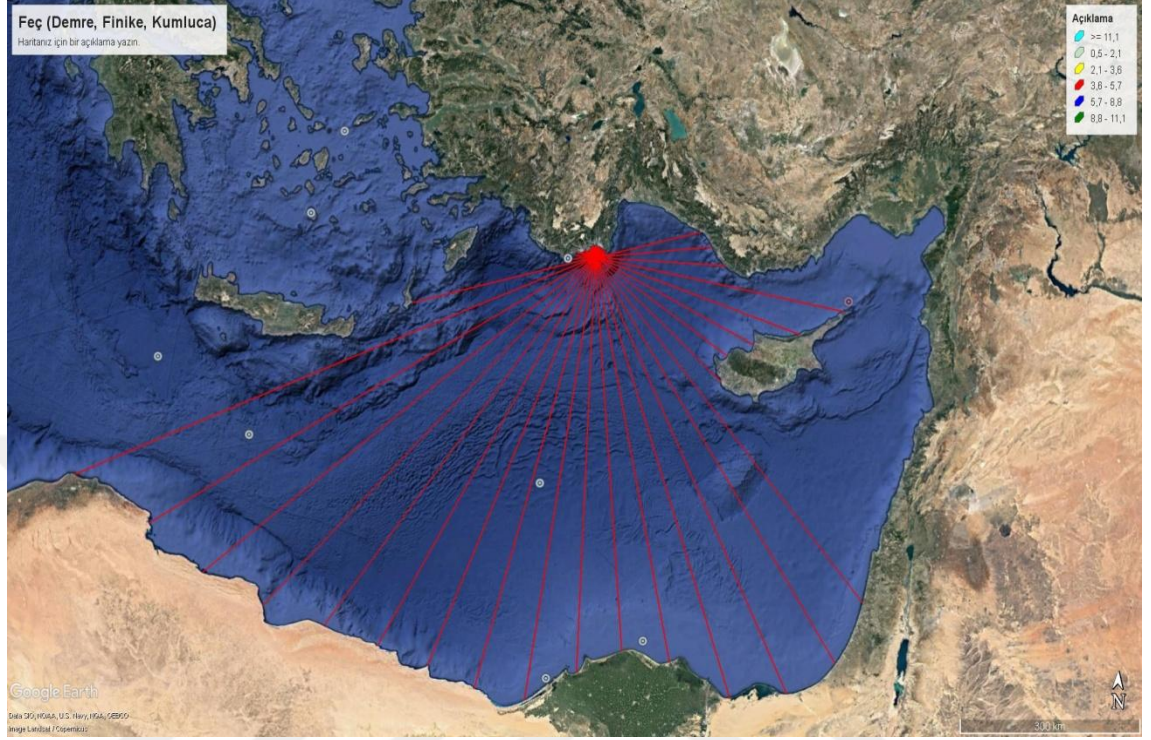
7. KAYNAKLAR

- Akdoğan, F. 2016. MIKE 21 SW programı ve yapay sinir ağıları yöntemi ile spektral dalga analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 122 s.
- Akpınar, A. vd. 2014, Prediction of wave parameters by using Fuzzy inference system and the parametric models along the South Coast of the Black Sea. *Journal of Marine Science and Technology*, 19(1), 1-14.
- Akpınar, A. vd. 2014 Performance evaluation of parametric models in the hindcasting of wave parameters along the South Coast of Black Sea. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 43(6), 905-920.
- Balas, L. vd. 2013. Liman yapılarının tasarımı için dalga tahmini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 5(2), 19-35.
- Cornejo-Bueno, L. vd. 2016. Significant wave height and energy flux prediction for marine energy applications: A grouping genetic algorithm - Extreme Learning Machine approach. *Renewable Energy*, 97, 380-389.
- Çaban, S. 2007. Wind and Wind wave climate research along the southern part of Black Sea. M. Sc. Thesis, METU, ANKARA, 106 s.
- Derebay, S. 2007. Wind and swell wave climate for Turkish coast of the Aegean and Mediterranean sea. Master Thesis, METU, Ankara, 181 s.
- Dubey, R.P. Das, B. 2013. Long term Ocean wave forecasting along Indian Coast *Journal of Indian Water Resources Society*, 33(2), 24-29.
- Duman, Ç. 2010 Evaluation and comparison of the Wave energy potential in Selected coastal regions in Turkey. M. Sc. Thesis, METU, ANKARA, 106 s.
- Etemad-Shahidi, A. 2009. Kzeminzhad, M.H., Mousavi, S.J. On the prediction of wave parameters using simplified methods. *Journal of Coastal Research*, Portugal, 56, 505-509.
- Gleick, P.H. 1986. Methods for evaluating the regional hydrologic impacts of global climatic changes. *J. of Hydrology*, 88(1-2), 97-116.
- OCDI, 2009. Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan, pp. 85, The Overseas Coastal Area Development Institute Japan, Japan.
- Orimolade, A.P. vd. 2016. Estimation of extreme significant wave heights and the associated uncertainties: A case study using NORA10 hindcast data for the Barents Sea. *Marine Structures*, 49, 1-17.
- Özhan, E., Abdalla, S. 1999. Türkiye Kıyıları için Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası. Kıyı Alanları Yönetimi Türk Milli Komitesi, ODTÜ, 455 s.
- Sağlam, M., Uyar T.S. 2005. Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli, ss. 3, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Shukla, R.P. ve Kinter, J.L. 2016. Subseasonal Prediction of Significant Wave Heights over the Western Pacific and Indian Ocean Region. *Weather and Forecasting*, 31(6), 1733-1751.
- Şen, Z. 2002. Temiz Enerji ve Kaynakları, Su Vakfı yayınları, İstanbul, 205 s.

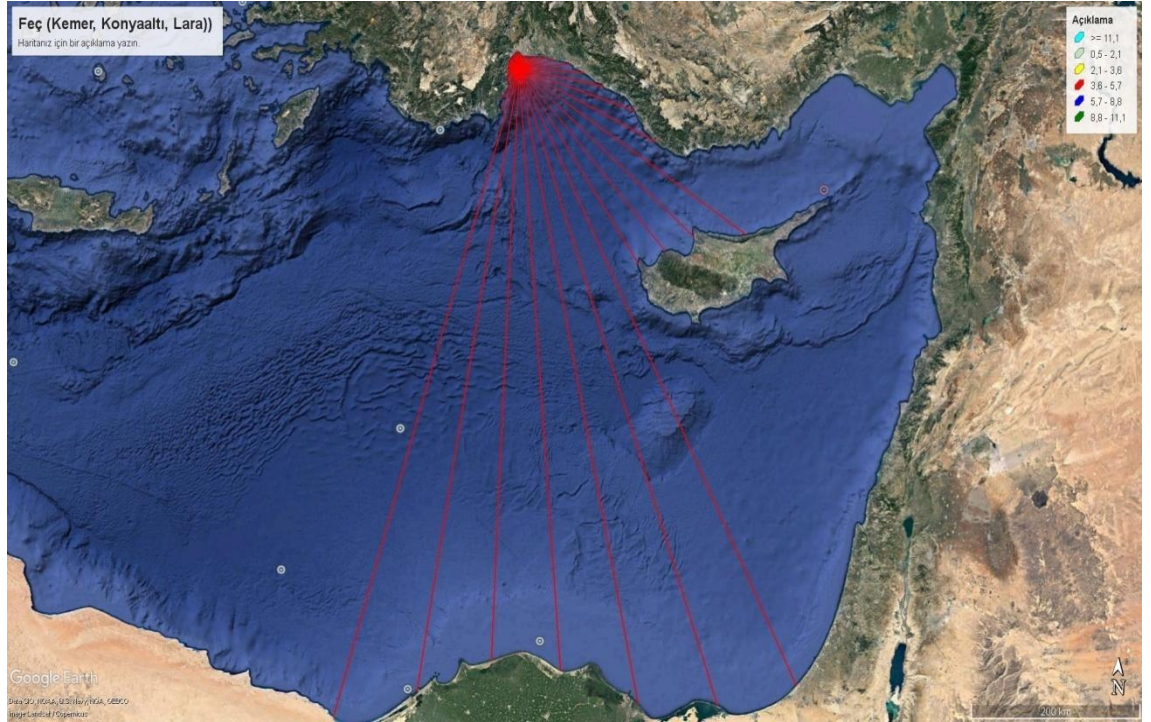
- The WAMDI Group 1988. The WAM Model - A third Generation Ocean Wave Prediction Model. *Journal of Physical Oceanography*, 18, 1775-1810.
- Tür, R. 2016. Belirgin Dalga Yüksekliğinin (Significant Wave Height= H_s) Bulanık Sinir Ağları (ANFIS) ile Tahmini. *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University*, 7(2), 175-183.
- Tür, R. vd. 2017. Prediction of significant wave height along Konyaaltı Coast. *Ijeas*, 9 (1): 1-9.
- Wang, Y. 2017. Prediction of Height and period joint distributions for stochastic ocean waves. *China Ocean Engineering*, 31(3), 291-298.
- Yüksel, Y., Çevik, E. 2009. Kıyı Mühendisliği. Beta Basım Yayım, İstanbul, 735 s.
- Yüksel, Y. vd.. 2011. Türkiye Denizleri Dalga İklim Modeli ve Uzun Dönem Dalga İklim Analizi, ss. 420, 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, İnşaat Mühendisleri Odası, Trabzon.
- Yüksel, Y. vd.. 2016. Kıyı yapıları planlama ve tasarım teknik esasları, ss. 28-64, T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü, Ankara.

8. EKLER

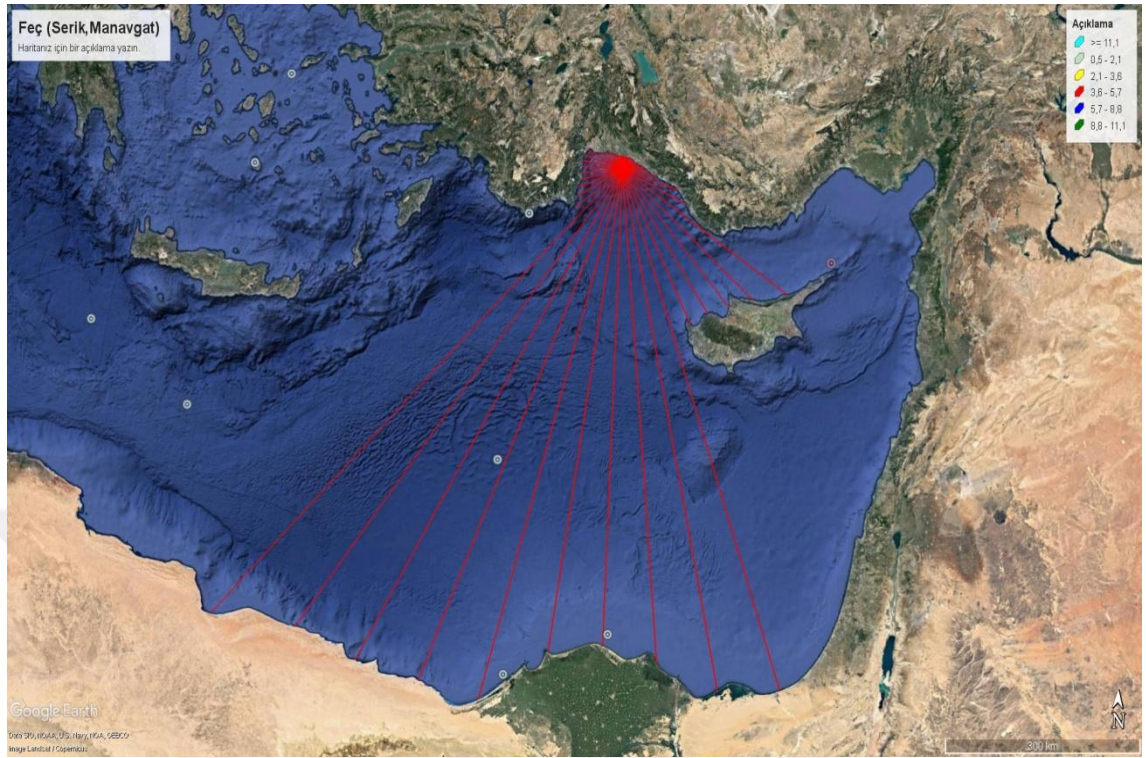
1. Etkili Feç Ölçümleri



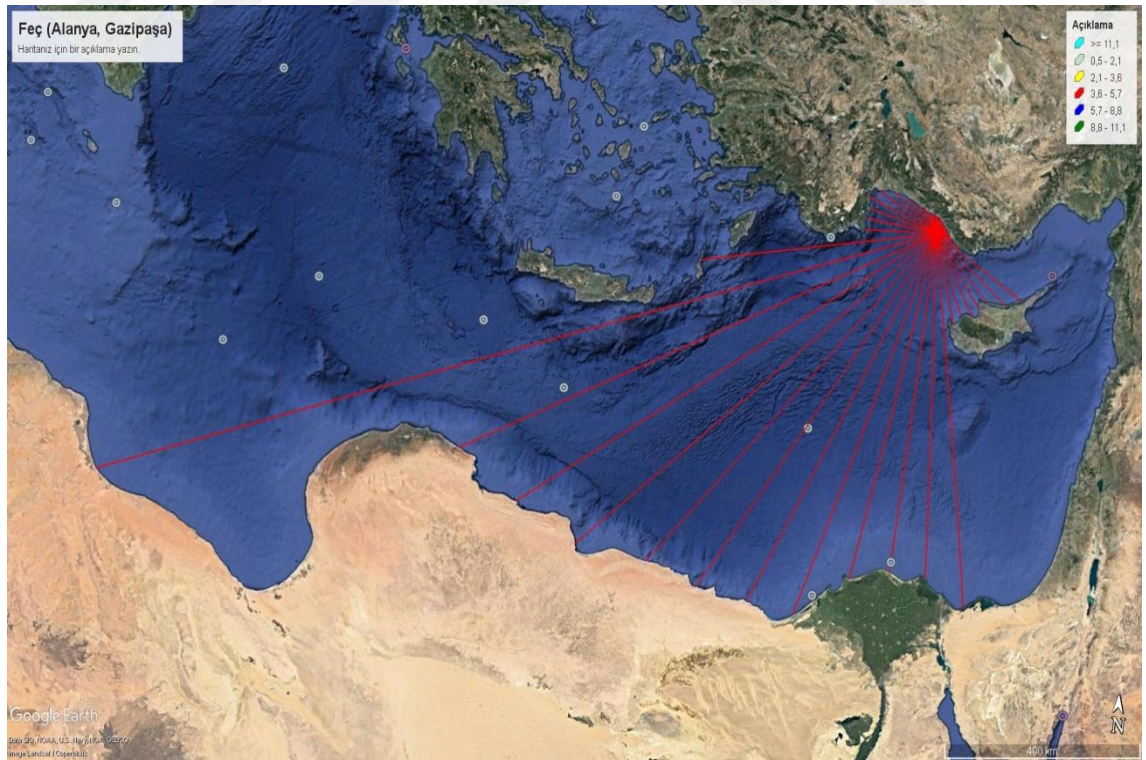
Şekil 8.1. Demre, Finike, Kumluca etkili feç ölçümü



Şekil 8.2. Kemer, Konyaaltı, Lara etkili feç ölçümü



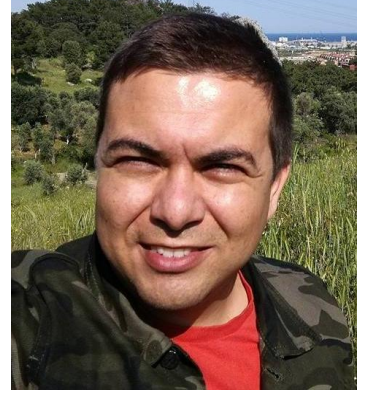
Şekil 8.3. Serik, Manavgat etkili feç ölçümü



Şekil 8.4. Alanya, Gazipaşa etkili feç ölçümü

ÖZGEÇMİŞ

Emrah KILDIRAN
emrahkildiran@hotmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2009-2018	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü ANTALYA
Lisans 1999-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü İSTANBUL

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Kamu Personeli 2008-Devam Ediyor	ASAT Genel Müdürlüğü Ruhsatlandırma ve Kontrol Şube Müdür Vk., ANTALYA
İnşaat Mühendisi 2006-2007	Seçkin Yapı Denetim Kontrol Mühendisi, ANTALYA
İnşaat Mühendisi 2007-2008	Zınar İnş.Ltd.Şti. Şantiye Şefi, ANTALYA