

## Akdeniz'de Deniz Akıntı Hızı ve Güç Potansiyelinin İstatistiksel Analizi

Alper YILDIRIM<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, 80000, Osmaniye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-2626-1666>

\*Sorumlu yazar: [alperyildirim@osmaniye.edu.tr](mailto:alperyildirim@osmaniye.edu.tr)

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 25.08.2022

Kabul tarihi: 26.11.2022

Online Yayınlanma: 10.03.2023

#### Anahtar Kelimeler:

Deniz hidrodinamiği

Weibull olasılık fonksiyonu

Rayleigh olasılık fonksiyonu

Deniz akıntı hızı

Yenilenebilir enerji

Okyanus gücü

### ÖZ

Dünyada enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Bu nedenle Dünya'da yeni enerji kaynak arayışları hızla artmaktadır. Deniz akıntılarında yüksek miktarda enerji sağlama potansiyeli, bu kaynağı cazip hale getirmiştir. Bu çalışmada, Akdeniz'de yer alan Silifke bölgesinde, deniz yüzeyinden 20 metre altındaki akıntıların enerji potansiyeli incelenmiştir. Meteorolojik şamandıra ölçümlerinden elde edilen deniz akıntısı verileri kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışmada, Weibull ve Rayleigh modelleri kullanılarak istatistiksel analizler de yapılmıştır. Weibull olasılık dağılımı kullanmanın deniz akıntı hızı analizini kolaylaştırdığı, ayrıca güç yoğunluğunu yüksek doğrulukla tahmin ettiği görülmüştür. Son olarak, bu makale, bu istasyonun makul bir deniz akıntı gücü potansiyeline sahip olduğunu ve deniz akıntısı enerji türbinlerinin kurulumu için kullanılabileceğini kanıtlamıştır. Bu istasyonda deniz akıntısı güç yoğunluğu değeri 20 m derinlikte 46,56 W/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Bu araştırmanın bulgularının, bu istasyondan deniz akıntısından elde edilecek enerji miktarını görmemize ve buranın deniz hidrodinamiğini anlamamıza yardımcı olması beklenmektedir.

## Statistical Analysis of Sea Current Velocity and Power Potential in the Mediterranean

### Research Article

#### Article History:

Received: 25.08.2022

Accepted: 26.11.2022

Published online: 10.03.2023

#### Keywords:

Marine hydrodynamics

Weibull probability function

Rayleigh probability function

Sea current velocity

Renewable energy

Ocean power

### ABSTRACT

Energy resources in the world are depleting rapidly. For this reason, the search for new energy sources in the world is increasing rapidly. The potential to generate large amounts of energy from sea currents has made this source attractive. In this study, the energy potential of the currents 20 meters below the sea surface in the Silifke region in the Mediterranean was investigated. Sea current data obtained from meteorological buoy measurements were used. In addition, statistical analyzes were performed using Weibull and Rayleigh models in this study. It has been found that using the Weibull probability distribution facilitates the analysis of sea current velocity and also predicts the power density with high accuracy. Finally, this article has proven that this station has reasonable offshore power potential and can be used for the installation of sea current energy turbines. The sea current power density value at this station was found to be 46.56 W/m<sup>2</sup> at a depth of 20 m. It is expected that the findings of this research will help us to see the amount of energy that will be obtained from the sea current from this station and to help us understand the marine hydrodynamics of this station.

**To Cite:** Yıldırım A. Akdeniz'de Deniz Akıntı Hızı ve Güç Potansiyelinin İstatistiksel Analizi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(1): 726-737.

## Giriş

Günümüzde enerji, insanlığın en önemli ihtiyaçlarından biri olmuştur. Fosil yakıtları, sınırlı enerji kaynağıdır ve artan enerji talebini karşılamakta zorlanacaktır (Arhan ve Bilgin 2022). Bu nedenle son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) popüler hale gelmiştir. YEK'lerden elde edilen güç üretiminin, geleneksel güç kaynaklarından elde edilen güce kıyasla sürdürülebilir, daha temiz, çevre dostu ve uygun maliyetli olduğu düşünülmektedir (Bilgili ve ark., 2021). YEK'ler arasında okyanuslar, dünya yüzeyinin %70'inden fazlasını kapladığından dolayı, büyük, güvenli ve sürdürülebilir enerji kaynağıdır. Açık denizdeki yenilenebilir enerji kaynakları aracılığıyla okyanuslardan elde edilen enerji, enerji sektörlerinin karbondan arındırılmasına ve nakliye, soğutma ve suyun tuzdan arındırılması gibi mavi ekonomiyle ilgili diğer son kullanıcı uygulamalarına katkıda bulunabilir. Okyanus enerji kaynakları neredeyse %100 öngörülebilmekte ve tüm kıtalarda kullanılabilir. Hareketli deniz suyu ise akan havadan 832 kat daha yoğundur ve etkin enerji dönüşümü için koşullar oluşturur (Minesto, 2020). Bu enerji kaynağının dezavantajları arasında başlangıçtaki yüksek maliyet, yatırımın geri dönüşlerinin gerçekleşmesinin uzun sürmesi ve enerji elde etme teknolojisinin çok gelişmemiş olması gelmektedir (Kabir ve ark., 2015).

Okyanus enerjisi teknolojileri, tipik olarak kullandıkları enerji kaynağına göre sınıflandırılır. Coğrafyalarda en yaygın kullanılan teknolojiler, gelgit akımı ve dalga enerjisi dönüştürücüleridir. Tuzluluk, sıcaklıktaki farklılıklardan veya okyanus akıntılarını enerjinin elde edilmesi uzun vadede daha yaygın hale gelebilir. Okyanus enerjisi kaynakları, önemli bir YEK kaynağı olma potansiyeline sahiptir ve tahminler, 2050 yılına kadar küresel olarak 337 GW'a kadar kurulu kapasitenin mevcut olabileceğini göstermektedir (Bento ve ark., 2021).

Okyanus akıntıları rüzgâr, yerçekimi ve suyun sıcaklığı ve yoğunluğu arasındaki farklılıklardan dolayı okyanus sularının hareket etmesi sonucu oluşur. Bu akımlar, atmosferdeki rüzgârlar gibi, ekvator dan kutuplara büyük miktarda ısı aktarır ve bu nedenle kıyı bölgelerinin ikliminin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Okyanus akıntılarının deniz yaşamı üzerinde çok çeşitli etkileri vardır, yalnızca bitkileri ve hayvanları okyanus etrafında hareket ettirmekle kalmaz, aynı zamanda besinleri ve ısıyı yeniden dağıtır (Hays, 2017). Bununla birlikte, erozyona ve yığılmaya neden olurlar ve plajların ve okyanus suyu alma yapılarının kıyı morfolojisini değiştirirler (Neelamani ve Al-Osairi, 2019).

Açık denizde uzun vadeli ve geçici atmosferik ve oşinografik izleme; okyanusları, atmosferi ve bunların etkileşimlerini inceleyen bilim adamları için iyi bilinen konudur. Bu izleme, uzun vadeli açık deniz verileri, olası iklim değişiklikleri, hava olayları ve hava-deniz değişim süreçlerinin analizi için çok önemlidir. Gerçek zamanlı veriler, balıkçılık, doğal tehlike uyarıları, eğlence amaçlı tekne gezintisi ve kurtarma operasyonları gibi faaliyetler için deniz ortamıyla ilgilenen çeşitli kullanıcı grupları için çok önemlidir (Canepa ve ark., 2015). Genel olarak veriler sayısal oşinografik yeniden analizden veya uydu altimetrisinden alınabilir. Gemi, şamandıra veya yüksek frekanslı radar (YFR) ile ölçüm ayrıca uzun zaman serileri, okyanus akıntısı verilerinin kaynakları olabilir.

YFR, kıyı okyanuslarındaki yüzey akımlarını ölçmek için yüksek frekanslı radyo dalgaları kullanır. YFR, 200 km'ye kadar çalışma menziline ve 300 ila 1000 m arasında değişen uzaysal çözünürlüğe sahiptir (Mandal ve ark., 2018). Uydu ürünlerinin kullanımı, özellikle altimetrelere gibi tek noktalı enstrümanlar için, dünya çapında bir kapsama sahip, ancak zaman içinde süreksiz olan veriler sunar. Ayrıca, türetilmiş veri setinin genel kesinliğini belirlemek için uydu verileri doğrulanmalıdır (Freilich ve Dunbar, 1999; Mears ve ark., 2001). Gemiler, uygun veri toplama için geçerli bir destektir, ancak pahalıdır, kötü hava koşullarında çalışamazlar. Alternatif olarak, belirli bir bölgede veri almak için demirli şamandıralar kullanılmaktadır (Wagner ve ark., 2003).

Uydu ve sayısal modellemeden alınan veriler tam olarak güvenilir değildir. Bu nedenden dolayı 1970'lerden itibaren veri toplamak için şamandıra araştırmacılar tarafından kullanılmaya başlandı. Aynı zamanda, şamandırayı veri toplama ve güncel ölçüm sistemleri ile donatmak için işletmeler ile ortaklıklar kuruldu. Yıllar geçtikçe, şamandıra dış kullanıcıların da kullanımına sunuldu. Dalga şamandırası ile akıntı verilerin şu anda mevcut olmadığı çeşitli küresel bölgeler için, akıntı hızı veri seti oluşturulmuştur. Bu şamandıra aynı zamanda, sayısal modelleri kalibre etmek ve doğrulamak için ayrıca doğrudan açık deniz tasarımları için kullanılabilir (Canepa ve ark., 2015). Şamandıralar üzerinde yapılan çalışmalara bir örnek, merkezi İzlanda Denizi'nde meteorolojik şamandıra ölçümleri yapan İzlanda Meteoroloji Ofisi (IMO) tarafından 2007 ve 2009 yılları arasında gerçekleştirilmiştir (Petersen, 2017).

Uzun vadeli okyanus akıntısı hız dağılımları için çeşitli matematiksel modeller uygun kabul edilebilir. Bunlar arasında iki parametrelili Weibull ve Rayleigh modelleri bulunmaktadır. İki parametrelili Weibull ve Rayleigh dağılımı mevcut okyanus hızı için uygun olduğundan, üç parametrelili Weibull dağılımında okyanus akıntı hızını yansıtmının etkisini düşünmek ve araştırmak da pratik ilgi çekicidir. Olasılık yoğunluk fonksiyonunun başarılı bir şekilde uygulanması, dağılım parametrelerinin kabul edilebilir istatistiksel tahminlerine sahip olmaya bağlıdır (Albani ve Ibrahim, 2020). Literatürde bu konu ile ilgili çok az çalışma vardır. Örnek olarak, Weibull dağılımının küresel okyanuslar üzerindeki parametreleri, jeostrofik altimetri tabanlı hızlar kullanılarak tahmin edilmiştir (Chu, 2008). Ek olarak, Chu (2008) altı istasyondan alınan saatlik verileri kullanarak, Pasifik akıntı hızlarının Weibull parametrelerini analiz etmiştir. Kim ve ark. (2019) gerçek deniz akıntısı verileri için istatistiksel bir model kullanmışlardır. Önerilen modelin çok basit ve tatmin edici sonuçlar veren güvenilir bir yöntem olarak kabul edilebileceğini göstermişlerdir. Kabir ve ark. (2015), Kuzey Karolina kıyılarındaki okyanus akıntıları istatistiklerini incelemiş ve Weibull dağılımının mevcut hız güç yoğunluğu fonksiyonuna mükemmel bir şekilde uyduğunu keşfetmişlerdir. Barnier ve ark. (2020) büyük bir enerji santrali için gelgitin neden olduğu akış değişikliklerini tahmin edebilen ve yenilenebilir enerjiyi ve çevre üzerindeki potansiyel etkileri değerlendirebilen bir model önermiştir. Ashkenazy ve Gildor (2011), YFR radar ile elde edilen deniz yüzeyi akıntılarının olasılık yoğunluk fonksiyonunu belirlemişlerdir. Deniz yüzeyi akıntı hızlarının yoğunluğunun Weibull fonksiyon modeli ile tahmin edilebileceğini göstermişlerdir.

Bu çalışmada yapılanlar aşağıda dört madde madde halinde özetlenmiştir:

- a) Akdeniz'de yer alan Silifke gözlem istasyonunda denizin 20 m derinliğinde beş ay boyunca ölçülen ortalama saatlik deniz akıntı hızlarını incelemek.
- b) Weibull ve Rayleigh olasılık yoğunluk fonksiyonlarını kullanarak ortalama saatlik deniz akıntı hızlarının frekans dağılımlarını modellemek.
- c) Deniz akıntı hızı olasılık dağılımlarını, ortalama deniz akıntı hızını, deniz akıntı güç potansiyelini ve standart sapmaları belirlemek.
- d) Türkiye, son on yılda yenilenebilir enerjide (özellikle rüzgâr, güneş ve jeotermal) etkileyici bir büyüme yaşadı. Fakat İstanbul Boğazı ile Çanakkale Boğazı arasında yer alan önemli bir iç deniz olan Marmara Denizi de dâhil olmak üzere üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye'de denizden enerji elde edilememektedir. Türkiye'deki denizlerin sahip olduğu enerji miktarı hakkında çok az araştırma yapılmıştır. Bu anlamda bu çalışma, potansiyel yatırımcılara gerekli bilgileri sağlayabilir. Diğer alternatif enerji kaynaklarına ek olarak, önümüzdeki yıllarda Türkiye'nin enerji matrisini genişletmenin bir yolu olarak deniz enerjisi kaynaklarını kullanmayı öneriyoruz.

## Materyal ve Metot

### *İstatistiksel Değişkenler ve Olasılık Yoğunluğu*

Ortalama deniz akıntı hızı ( $\mu$ ) basitçe sayısal bir ortalamadır ve şu şekilde hesaplanır;

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

Standart sapma şu şekilde ifade edilir;

$$\sigma = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \mu)^2\right)^{1/2} \quad (2)$$

Zaman serisi formatında hazırlanan deniz akıntı hızı ( $v$ ) verisini olasılık dağılım formatına çevirerek istatistiksel analiz yapmak daha kolay ve anlaşılır görünmektedir. Bu şekilde, deniz akıntısı hız olasılık dağılımları, deniz akıntısı enerji analizleri için birincil araç olarak kullanılabilir. Her hız sınıfı için olasılık yoğunluğu şu şekilde tanımlanır;

$$f(v_i) = f_i / \sum_{i=1}^n f_i \quad (3)$$

Burada  $N$ , tanımlanan dönem boyunca zamanı gösterir ve aynı büyüklükteki deniz akıntısı hızının veya frekansının tekrarlanabilirliği  $f_i$  ile sembolize edilir.

Rastgele bir değişken kesikli ise, olasılık dağılımı  $f(v)$  olan bu değişkenin ortalaması veya beklenen değeri ve varyansı sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\mu = E(V) = \sum_v v f(v) \quad (4)$$

#### *Weibull Dağılımı*

Weibull dağılımı, deniz akıntısı hız yoğunluğunu tanımlamanın bir yolu olarak kullanılabilir. Weibull olasılık dağılımı şu şekilde tanımlanır: (Bilgili ve Sahin, 2009; Vılchez ve ark., 2017);

$$f_W(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (5)$$

Kümülatif Weibull olasılık dağılımı şu şekilde ifade edilir;

$$F_W(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (6)$$

burada  $v$  deniz akıntı hızıdır.  $c$  ve  $k$  parametreleri ölçek ve şekil katsayıları olarak adlandırılır ve zaman serisi formatında düzenlenmiş deniz akıntı hızı verilerinden elde edilir. şekil faktörü şu şekilde hesaplanır:

$$k = \left(\frac{\sigma}{v_m}\right)^{-1.086} \quad (1 \leq k \leq 10) \quad (7)$$

Daha sonra, ölçek parametre denklemi aşağıdaki gibi verilir:

$$c = \left(\frac{v_m}{\Gamma(1+\frac{1}{k})}\right) \quad (8)$$

#### *Rayleigh Dağılımı*

Weibull modelinin özel bir durumu Rayleigh fonksiyonu olarak adlandırılır. Weibull fonksiyonunun  $c$  şekil faktörünün 2'ye eşit olduğu varsayılarak Rayleigh fonksiyonu elde edilir. Rayleigh ve kümülatif yoğunluk fonksiyonları aşağıdaki gibi hesaplanabilir. (Suzuki ve ark., 2009):

$$f_R(v) = \frac{\pi v}{2\mu^2} \exp\left[-\left(\frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{v}{\mu}\right)^2\right] \quad (9)$$

$$F_R(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{v}{\mu}\right)^2\right] \quad (10)$$

### Deniz Akıntı Hızının Güç Potansiyeli

Türbin tarafından süpürülen bir alan boyunca  $v$  hızında akan bir deniz akıntısının gücü.  $A$ , hızının küpü olarak yükselir ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$P(v) = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (11)$$

Öte yandan, birim alan başına türbinin mevcut güç yoğunluğu, aşağıdaki gibi herhangi bir olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak hesaplanabilir:

$$P(v) = \sum_v \frac{1}{2} \rho v^3 f(v) \quad (12)$$

### Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada kullanılan deniz akıntısı verileri Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Şekil 1'de gösterildiği gibi, bu çalışmadaki ölçümler Akdeniz'de yer alan Silifke bölgesinde yapılmıştır. Türkiye çevresindeki en büyük deniz olan Akdeniz'in kapladığı alan 2.500.000 km<sup>2</sup>'dir. Cebelitarık Boğazı ile Atlas Okyanusu'na, Süveyş Kanalı ile Hint Okyanusu'na bağlanmıştır. Ortalama derinliği 1400, en derin yeri 4400 metredir. Mersin ve İskenderun körfezleri dışında kıta sahanlığı çok dardır.



Şekil 1. Çalışma alanı, ölçüm istasyonunun konumu ve bölge haritası

Silifke bölgesinde deniz akıntılarının hızları ve yönleri şamandıra ile ölçülmüştür. Cihaz özelliği ile ilgili bilgiler Tablo 1'de ve ölçüm istasyonları için bilgiler de Tablo 2'de verilmiştir. Saatlik deniz akıntı hızları ve yönleriyle ilgili bir zaman serisi veren akıntı ölçümleri, 1 saatlik bir zaman aralığı ile gerçekleştirilmiştir. Deniz yüzeyi seviyesinin 20 m derinliğinden elde edilen ölçümler 1 Mayıs 2019 ile 30 Eylül 2019 tarihleri arasında 5 aylık süreyi kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Deniz suyu verileri, saatlik deniz akıntı hızlarından ve bunlara karşılık gelen akıntı yönlerinden oluşmaktadır.

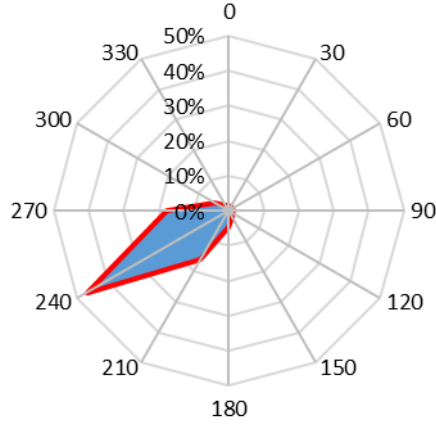
**Table 1.** Cihaz özelliği hakkında bilgi

Ölçüm istasyonu ve cihaz özelliği	Bilgi ve özellikler
Ölçüm aleti	ODAS04TR(MAS)
Yükseklik	4.51 m
Kule tipi	1.80 m
Güç kaynağı	Güneş nerjisi
Bağlantı	GSM / GPRS

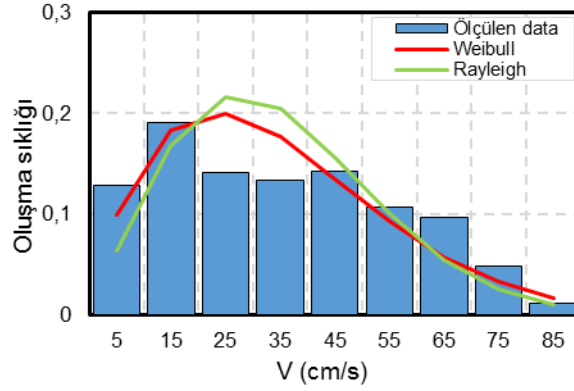
**Table 2.** Ölçüm istasyonları hakkında bilgi

İstasyon ismi	İstasyon bölgesi	İstasyon enlemi	İstasyon boylamı
Silifke	Akdeniz	36°04'50" N	33°49'50" E

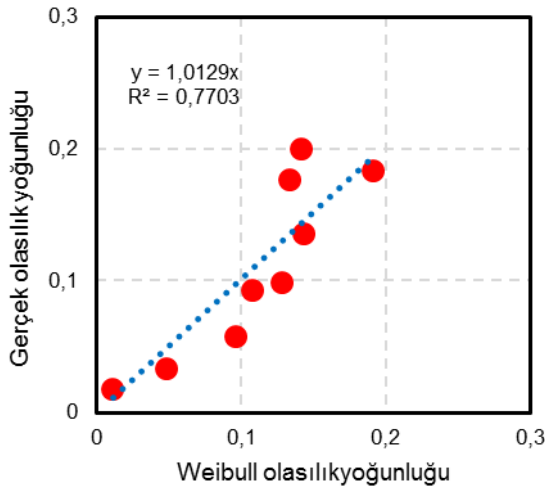
Türbinin uygun konumunun belirlenebilmesi için hâkim mevcut deniz akıntı yönlerini ve hızlarını bulmak çok önemlidir. Şekil 2a'da Silifke istasyonu için 20 metre derinlikteki akıntı hızının hâkim yönünün 240° olduğu gözükmemektedir. Weibull hem de Rayleigh olasılık modelinin uygulamasında ilk olarak her iki modelin ölçek c ve şekil k parametreleri hesaplanmıştır. Daha sonra Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak tüm derinlikler için deniz akıntısı frekansı veya olasılık dağılımları elde edilmiştir. Daha sonra Weibull ve Rayleigh olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak deniz akıntısı frekansı veya olasılık dağılımları elde edilmiştir. Şekil 2b, Weibull veya Rayleigh modelleri için deniz akıntısı hız frekans dağılımı ile ölçülen dağılım arasındaki karşılaştırmayı göstermektedir. Ek olarak, bu şekil, bir deniz akıntısı veri olasılık dağılımını sağladığını göstermesi için Weibull ve Rayleigh fonksiyonları ile beş aylık gerçek frekans dağılımının histogramını ortaya koymaktadır. Şekilde gösterildiği gibi, Rayleigh dağılımının aksine Weibull dağılımı zaman serisi verilerine daha doğru şekilde uymaktadır. Şekil 2c, deniz akıntı hızlarının olasılık yoğunluk verileri için ölçülen ve Weibull modeli (teorik) değerlerinin regresyon grafiklerini sunar. Y eksenini ölçülen olasılık yoğunluk değerlerini gösterirken X eksenini Weibull olasılık yoğunluk değerlerine karşılık gelir. Şekil 2c'deki grafik, ölçülen ve teorik değerlerin dağılımını göstermekte ve model sonuçlarının gerçek verilere ne kadar doğru bir şekilde uyduğunu anlamayı mümkün kılmaktadır. Ancak, Şekil 2b'de açıkça görüldüğü gibi Weibull olasılık dağılımının 25 ve 35 cm/s akıntı hızlarında gerçek değerlere göre sapması fazladır. Bu sebepten dolayı  $R^2$  değeri 0,77 olmuştur. Weibull olasılık dağılım modeline ek olarak, ölçülen olasılık yoğunluk değerlerini başka bir olasılık fonksiyonu olan Rayleigh dağılımı ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, hızın ölçülen ve teorik kümülatif dağılım fonksiyonları belirlenmiştir. Tüm teorik modeller için deniz akıntı hızlarının kümülatif olasılık dağılımları Şekil 2d'de sunulmuştur. Burada elde edilen sonuçlara göre, Weibull dağılım modeli, seçilen istasyonlardaki gerçek deniz akıntı hızına en uygun görülmektedir. Bu bağlamda Weibull modeli için olasılık yoğunluğu ve kümülatif olasılık yoğunluk analizi yapılmaktadır.



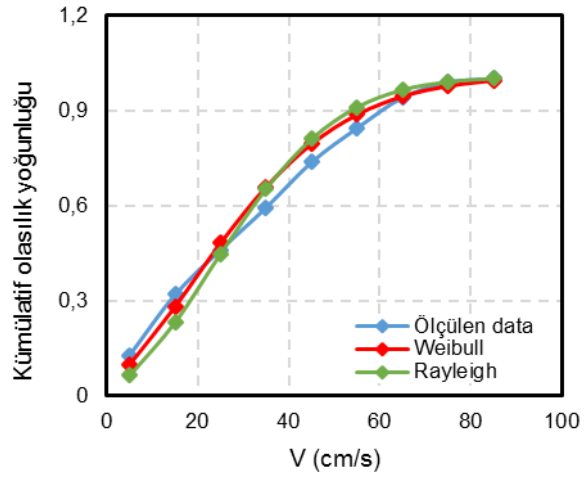
(a)



(b)



(c)



(d)

**Şekil 2.** Deniz yüzeyi seviyesinin 20 m altındaki istasyonun akıntı hızı özellikleri (a); Deniz akıntı yönü frekans dağılımları (b); Olasılık dağılımının ölçülen ve teorik (Weibull) değerlerinin karşılaştırılması (c); Olasılık yoğunluk verileri için ölçülen ve Weibull model değerlerinin regresyon grafikleri (d); Kümülatif olasılık dağılımları

Deniz akıntı hızının ölçülen ve teorik olasılık fonksiyonları kullanılarak bulunan deniz akıntısı değişkeninin ortalama veya beklenen değeri ve standart sapması ortaya çıkarılmıştır. Tablo 3'te görüldüğü gibi özellikle Weibull olasılık dağılımı için çok iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ölçülen yıllık ortalama deniz akıntısı hızı, deniz yüzeyi seviyesinin 20 m altında ortalama 0,3487 m/s olarak bulunmuştur. Ayrıca, deniz akıntı hızının ölçülen yıllık standart sapması 0,2132 m/s olarak bulunmuştur. Yine Tablo 3'te görüldüğü gibi R değeri Weibull model için 0,870, Rayleigh modeli içinse 0,793 bulunmuştur. Weibull olasılık fonksiyon modelinin Rayleigh olasılık fonksiyon modelinden daha iyi sonuç verdiği ortaya çıkmıştır. Bu tabloda belirtildiği gibi ortalama deniz akıntı gücü değeri 46,56 W/m<sup>2</sup> hesaplanmıştır.



**Tablo 3.** Deniz akıntısı için ortalama hız, standart sapma, R değeri ve güç hesaplamaları

Parametre	İstasyon	Derinlik (m)	Ölçülen data	Weibull model	Weibull model sapma oranı	Rayleigh model	Rayleigh model sapma oranı
$\mu$ (m/s)	Silifke	20	0,3487	0,328	%5,9	0,3431	%1,6
$\sigma$ (m/s)	Silifke	20	0,2132	0,1943	%8,8	0,1779	%16,5
R	Silifke	20	-	0,870		0,793	
P (W/m <sup>2</sup> )	Silifke	20	46,56	39,65	%14,8	37,83	%18,7

### Sonuç

Bu çalışmada, Akdeniz'in Silifke bölgesinde, deniz yüzeyinden 20 m derinlikte, deniz akıntı hızları ve yönleri beş ay boyunca ölçülmüştür. Veriler, deniz akıntı hızının olasılık dağılımını ve ölçülen deniz akıntısı hızının ortalama ve standart sapması gibi bazı istatistiksel parametreleri anlamak için analiz edilmiştir. Deniz akıntısı hızının ölçülen olasılığı, hangi dağılımın sahada ölçülen hıza en uygun olduğunu bulmak için Weibull ve Rayleigh dağılım gibi iki farklı teorik olasılık dağılım fonksiyonu ile karşılaştırılmıştır. Mevcut çalışmanın ana sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- ✓ Deniz yüzeyinden 20 m derinlikte yıllık ortalama deniz akıntı hızı 0,3487 m/s olarak ölçülmüştür. Ayrıca P ortalama deniz akıntı gücü değeri 46,56 W/m<sup>2</sup> hesaplanmıştır.
- ✓ Teorik olasılık dağılımı analizi için, Weibull ve Rayleigh dağılım olmak üzere iki olasılık yoğunluk dağılımı dikkate alınmıştır. Genel olarak, Weibull olasılık yoğunluk modeli sonuçları, Rayleigh olasılık yoğunluk modellerine kıyasla gözlemlenen verilerle daha iyi eşleşmiştir.
- ✓ Bu çalışmada Silifke istasyonunda deniz akıntısının sürekliliği, mevcudiyeti, davranışı ve olasılığı gibi birçok temel özellik belirlenmiştir. Bu anlamda elde edilen bulguların gelecekte hayata geçirilecek türbinlerin uygun konumunu ve gücünü tahmin etmenin yolunu açabileceği beklenmektedir.

Bilindiği üzere Türkiye, sahip olduğu enerji ve elektrik matrisi dikkate alındığında çok çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir. Ancak denizlerinde henüz keşfedilmemiş çok büyük bir enerji potansiyeli vardır. Türk nüfusunun önemli bir bölümünün kıyı bölgelerinin yakınında yaşadığı gerçeği göz önüne alındığında, bu durum daha da ironiktir, çünkü bir kaç çalışma dışında, deniz enerjisinin kullanımı ve deniz enerjisinin enerjiye dönüştürülmesi konusunda neredeyse derinlemesine araştırma yapılmamıştır.

Mevcut sonuçlar, diğer alternatiflere ek olarak deniz enerjisi kaynaklarının, önümüzdeki on yıllarda Türk enerji matrisini genişletmenin bir yolu olarak kesinlikle kullanılabileceğini kuvvetle göstermektedir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Semboller

$\rho$  : Hava yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )

$\sigma$  : Standart sapma (m/s)

$\mu$  : Ortalama deniz akıntı hızı (m/s)

$c$  : Weibull ölçeği parametresi (m/s)

$f(v_i)$  : Olasılık yoğunluk fonksiyonu

$f_i$  : Deniz akıntısı frekansı

$f_W(v)$  : Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu

$f_R(v)$  : Rayleigh olasılık yoğunluk fonksiyonu

$F_R(v)$  : Rayleigh kümülatif dağılım işlevi

$F_W(v)$  : Weibull kümülatif dağılım fonksiyonu

$k$  : Weibull şekli parametresi

$n$  : Akıntı hızı sınıflarının sayısı

$N$  : Düşünülen zaman aralığındaki saat sayısı

$P(v)$  : Ortalama güç yoğunluğu ( $\text{W/m}^2$ )

$v$  : Deniz akıntı hızı (m/s)

## Kaynakça

Albani A., Ibrahim MZ. The probability density distribution for ocean current speed at selected sites Malaysia. *Journal of Critical Reviews* 2020; 7: 5224–5229

Arhan İ., Bilgin Z. Yenilenebilir sistemlerde maksimum güç noktası takibi ve enerji yönetimiyle enerji verimliliği. *OKU Journal of the Institute of Science and Technology* 2022; 5: 75–91.

Ashkenazy Y., Gildor H. On the probability and spatial distribution of ocean surface currents. *The Journal of Physical Oceanography* 2011; 41: 2295–2306

Barnier B., Domina A., Gulev S., Molines JM., Maitre T., Penduff T., Sommer JL., Brasseur P., Brodeau L., Colombo P. Modelling the impact of flow-driven turbine power plants on great wind-driven ocean currents and the assessment of their energy potential. *Nature Energy* 2020; 5: 240–249.

Bento PMR., Pombo JAN., Mendes RPG., Calado MRA., Mariano SJPS. Ocean wave energy forecasting using optimised deep learning neural networks. *Ocean Engineering* 2021; 219:

108372.

- Bilgili M., Sahin B. Investigation of wind energy density in the Southern and Southwestern Region of Turkey. *Journal of Energy Engineering* 2009; 135: 12–20.
- Bilgili M., Yildirim A., Ozbek A., Celebi K., Ekinçi F. Long short-term memory (LSTM) neural network and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) approach in modeling renewable electricity generation forecasting. *International Journal of Green Energy* 2021; 18: 578–594
- Canepa E., Pensieri S., Bozzano R., Faimali M., Traverso P., Cavaleri L. The ODAS Italia 1 buoy: More than forty years of activity in the Ligurian Sea. *Progress in Oceanography* 2015; 135: 48–63.
- Chu PC. Weibull distribution for the global surface current speeds obtained from satellite altimetry. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium* 2008; 3: 11–15.
- Freilich MH., Dunbar RS. The accuracy of the NSCAT 1 vector winds: Comparisons with National Data Buoy Center buoys. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 1999; 104: 11231–11246.
- Hays GC. Ocean currents and marine life. *Current Biology* 2017; 27: R470–R473.
- Kabir A., Lemongo-Tchamba I., Fernandez A. An assessment of available ocean current hydrokinetic energy near the North Carolina shore. *Renewable Energy* 2015; 80: 301–307
- Kim DK., Wong EWC., Lee EB., Yu SY., Kim YT. A method for the empirical formulation of current profile. *Ships and Offshore Structures* 2019; 14: 176–192.
- Mandal S., Sil S., Gangopadhyay A., Murty T., Swain D. On extracting high-frequency tidal variability from HF radar data in the northwestern Bay of Bengal. *Journal of Operational Oceanography* 2018; 11: 65–81.
- Mears CA., Smith DK., Wentz FJ. Comparison of special sensor microwave imager and buoy-measured wind speeds from 1987 to 1997. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 2001; 106: 11719–11729.
- Minesto. Ocean energy, <https://minesto.com/about-us> (2020, accessed 12 December 2020).
- Neelamani S., Al-Osairi Y. Probability distribution, statistical characteristics, and power potential of seawater velocity around boubyan island in Kuwait. *Journal of Engineering Research* 2019; 7: 143–166.
- Petersen GN. Meteorological buoy measurements in the Iceland Sea, 2007-2009. *Earth System Science Data* 2017; 9: 779–789.
- Suzuki T., Mori N., Cox DT. Statistical modeling of near-bed pressure gradients measured on a natural beach. *Coastal Engineering Journal* 2009; 51: 101–121.
- Vílchez M., Clavero M., Baquerizo A., Losada MA. An Approximation to the statistical characteristics of wind waves in front and from the toe of the structure to the toe of the crown of Nonovertopped Breakwaters. *Coastal Engineering Journal*; 59: 3, 1750012-1-1750012-38

Wagner V., Hageberg AA., Michelsen C. EGOS-European group on ocean stations providing real time buoy observations from data sparse areas of the North Atlantic Ocean and adjacent seas. Elsevier Oceanography Series 2003; 69: 340–344.