

# İskenderun Körfezi kıyı alanlarında sıcaklık ve klorofil-a için uydu ve model temelli veri setlerinin temsil yeteneği üzerine bir değerlendirme

## An evaluation on the proximity of satellite- and model-based datasets of temperature and chlorophyll-a in coastal areas of İskenderun Bay

Fethi Bengil<sup>1\*</sup> • Sinan Mavruk<sup>2</sup> • Sevim Polat<sup>2</sup> • Gürkan Akbulut<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Deniz Bilimleri Fakültesi, GİRNE Üniversitesi, GİRNE KKTC, Mersin 10, Türkiye

<sup>2</sup>Su Ürünleri Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Balcalı, Adana, Türkiye

\*Corresponding author: [fethi.bengil@kyrenia.edu.tr](mailto:fethi.bengil@kyrenia.edu.tr)

Received date: 20.06.2024

Accepted date: 31.07.2024

### How to cite this paper:

Bengil, F., Mavruk, S., Polat, S., & Akbulut, G. (2024). An evaluation on the proximity of satellite- and model-based datasets of temperature and chlorophyll-a in coastal areas of İskenderun Bay. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(3), 220-225. <https://doi.org/10.12714/egejfas.41.3.07>

**Öz:** Bu çalışma, İskenderun Körfezi'nde yüzey suyu sıcaklığı (SST) ve klorofil-a (Chl-a) düzeylerinin uydu ve modelleme verileriyle izlenmesini ve bu veri setlerinin deniz ekosistemlerinin izlenmesinde kullanılabilirliğini araştırmaktadır. Araştırmada yerinde ölçüm veri seti, MODIS-Aqua uydu görüntülerinden elde edilen veri seti ve Copernicus MyOcean veri setinden alınan modelleme verileri kullanılmıştır. Körfezdeki SST ve chl-a dağılımı için eşleştirilmiş veri setleri üzerine yapılan analizlerin sonuçlarına göre, SST için uydu ve model veri setlerinin, klorofil-a için ise uydu veri setinin ölçüm verileri ile istatistiksel olarak anlamlı korelasyona sahip olduğunu belirlenmiştir. Veri setlerinin belirsizliği üzerine yapılan değerlendirmeler, SST için uydu veri setinin daha dar bir yayılımı ve daha az aykırı değer dağılımına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Klorofil-a için her iki veri setinin de yüksek belirsizlik aralıklarına sahip olduğu ve daha fazla geliştirmeye ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Bu çalışma, İskenderun Körfezi'nde SST ve chl-a değişkenlerinin izlenmesi için uydu ve model veri setlerinin kullanılabilirliğini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Uzaktan algılama, sayısal modelleme, temsiliyet, İskenderun Körfezi

**Abstract:** This study investigates the monitoring of sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a (chl-a) levels in İskenderun Bay using satellite and modeling data and evaluates the possible use of these datasets for monitoring marine ecosystems. Datasets derived from MODIS-Aqua satellite imagery and modeling data obtained from the Copernicus MyOcean and in-situ measurements were used in the study. According to the analysis on paired data sets of the distribution of SST and chl-a, satellite and model datasets showed statistically significant correlations with in-situ measurements for SST. However, only satellite dataset showed significant correlations for Chl-a. Evaluations on uncertainty of the data sets revealed that the satellite dataset had a narrower range and less outlier distribution for SST. For chlorophyll-a, both datasets had wide uncertainty ranges and required further improvement. This study highlights the potential of satellite and model datasets for monitoring SST and chl-a variations in İskenderun Bay.

**Keywords:** Remote sensing, numerical modeling, proximity, İskenderun Bay

## GİRİŞ

Okyanus ve atmosferin etkileşimde olduğu tabaka oldukça dinamik bir yapıya sahip olmakla birlikte, bu yapı kıyı bölgelerinde daha da karmaşık bir hal almaktadır. Deniz, kara ve atmosferin etkin olarak birbirini etkilediği kıyı bölgelerinde deniz suyu sıcaklığı ve birincil üretimin bir göstergesi olan klorofil konsantrasyonu gibi önemli ve pratik değişkenlerin izlenmesi zorlaşır (IOCCG, 2000). Standart olan yerinde ölçümler, güvenilirlik konusunda herhangi bir şüphe oluşturmamakla birlikte, kıyasal bölgelerde mekan ve zamansal değişimin yakalanması, her hava koşulunda elde edilmesindeki güçlükler ve maliyet problemleri gibi bazı kısıtlamalara sahiptir (Fettweis ve Nechad, 2011).

Uydu-temelli uzaktan algılama ve deniz ortamının matematiksel modellemesi gibi yaklaşımlar, bu zorluğun üstesinden gelmek için önemli bir imkan oluşturmaktadır. Uydu teknolojisi, geniş denizel alanları düzenli izleyebilme ve değerli veri seti sağlayabilme yeteneğiyle, deniz ekosisteminin anlaşılması konusunda önemli bir potansiyel sağlamıştır

(Clementi vd., 2019; Acker ve Leptoukh, 2007). Özellikle, son yıllarda gelişmiş algoritmalar ve zaman-mekan açısından artmış çözünürlükler, karmaşık morfolojiye sahip kıyasal alanlarda veri setinin kullanılabilirliğini arttırmıştır. Benzer şekilde, deniz ortamının matematiksel modellemesi, karmaşık denklemler serisi aracılığıyla denizel koşulları yeniden oluşturmak ve ileriye yönelik tahminde bulunmak için önemli bir araç haline gelmiştir (Le Sommer vd., 2018). Son yıllarda, kullanıma açık servisler olarak sunulan denizel modeller, bilimsel çalışmalar için devamlı veri setleri sağlamaktadır. Bununla birlikte, kıyasal alanda kullanımı konusunda hala bazı kısıtlılıklar mevcuttur. Bahsi geçen veri setlerinin kıyı ortamlarında kullanımı, özel bir dikkat gerektirir. Sığ derinlikler, karmaşık kara-su etkileşimleri, kara-atmosfer ve su-atmosfer etkileşimleri hem uydu hem de model tabanlı veriler için kısıtlamalar veya zorluklar oluşturabilir. Ayrıca, nehir girdileri ve karasal kirleticiler gibi faktörler gerek uzaktan algılama gerekse model verilerinin güvenilirliğini veya yorumlanmasını zorlaştırabilir (Fox-Kemper vd., 2019; Baklanov vd., 2011).

Gerek uydu teknolojisi ile (Agate vd., 2024), gerekse fiziksel modellemeye elde edilen veri setlerinin (Fox-Kemper vd., 2019) kıyusal bölgede kullanımı konusunda dikkate değer gelişmeler olmuştur. Bununla birlikte, daha önceki çalışmalar (Kim vd., 2013; Choi vd., 2022) her iki veri kaynağının entegrasyonunun, veri kalitesini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. İlgili veri setlerinin kıyusal bölgelerde yapılan çalışmalarda kullanılabilirliği günden güne artmaktadır. Özellikle, deniz suyunun ısınmasına veya denizel üretim zamanına bağlı değişimine yönelik değerlendirmeler için vazgeçilmez kaynaklar haline gelmişlerdir (Li vd., 2023).

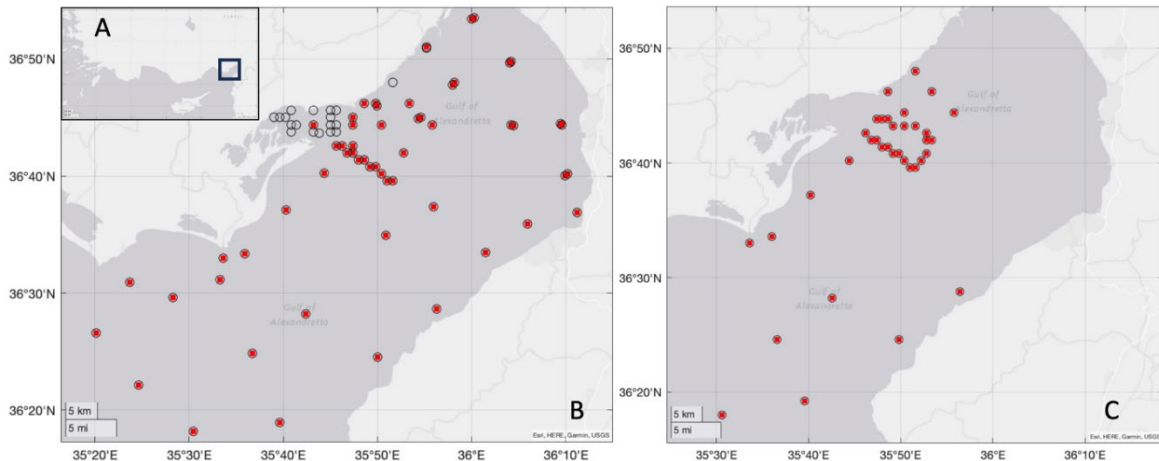
Doğu Akdeniz kıyılarında yer alan İskenderun Körfezi, bu yenilikçi yöntemlerin uygulanması için ideal bir örnek teşkil etmektedir. Bölge, batimetrik ve jeomorfolojik yapı, biyoçeşitlilik, lesepseyen göçlerden etkilenme gibi birçok yönden dikkat çekici özelliklere sahipken, insan faaliyetleri ve iklim değişikliği gibi tehditlerle de karşı karşıyadır (Avşar, 1999; Mavruk vd., 2017). Deniz suyu sıcaklığı, bu baskıların biyotik ve abiyotik bileşenler üzerindeki etkilerini yansıtan önemli bir göstergedir (Wang vd., 2023) ve biyolojik çeşitliliğin zaman içindeki değişimini anlamak için kritik bir değişken olarak kullanılabilir (Roland Pitcher vd., 2012). Atmosfer-deniz etkileşiminin oldukça dinamik olduğu ve yerel faktörlerden etkilendiği bu bölgenin daha detaylı bir şekilde mekânsal ve zamansal ölçekte incelenmesine imkan sunan bu veri setinin önemi de buradan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, uydu ve modelden elde edilen SST ve chl-a konsantrasyonu veri setlerinin İskenderun Körfezi'ndeki performanslarını değerlendirmek ve gelecekteki kullanımlarını geliştirmek, bölgenin deniz ekosistemlerinin korunması ve sürdürülebilir yönetimi için önem taşımaktadır.

Bu çalışma kapsamında Doğu Akdeniz'in önemli bir bölgesi olan İskenderun Körfezi'nde SST ve chl-a konsantrasyonunun izlenmesi ve bilimsel çalışmalarda uydu ve modelleme verilerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yerinde ölçümler ile,

uydu ve modelleme veri setleri istatistiksel yöntemler kullanılarak karşılaştırılmış, uydu ve modelleme verilerinin İskenderun Körfezi'nin izlenmesinde ne kadar kullanışlı olabileceği değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE METHOD

Çalışma 2023 yılının Ocak ayında gerçekleştirilen yerinde ölçümler sırasında elde edilen sıcaklık ve klorofil-a veri setlerinin kullanımının yanında, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakülte bünyesinde bugüne kadar gerçekleştirilen deniz araştırması çalışmaları sırasında elde edilen sıcaklık ve klorofil veri setleri kullanılmıştır (Şekil 1). Elde edilen veri setindeki tüm sıcaklık ölçümleri YSI marka 6600 model CTD kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yüzeysel su sıcaklığı değerleri ilk derinlik tabakasındaki sıcaklık ölçümlerinin ortalaması olarak kabul edilecek şekilde veri seti oluşturulmuştur. Klorofil-a konsantrasyonu veri setinde kullanılan tüm veri standart bir prosedür izlenerek elde edilmiştir. Klorofil-a ölçümlerini gerçekleştirmek üzere Nansen şişesi aracılığıyla yüzeysel tabakasının hemen altından su örneği alınmış, alınan su örnekleri 2 litrelik ışık geçirmez polietilen şişeler aktarılmıştır. Klorofil-a analizleri Parsons vd. (1984) tarafından bildirilen yöntemle göre analiz edilmiştir. Su örnekleri laboratuvar ortamına taşınarak 47mm'lik GF/F filtrelerden süzölmüştür. Süzme işleminin ardından filtreler spektrofotometrik ölçümler yapılabilmek için -20°C ortamda saklanmıştır. Optik ölçümler öncesinde süzöntüyü içeren filtre kağıtları 10ml %90'luk aseton çözeltisine bırakılmıştır. Ekstraksiyon için bir gece buzdolabında bekletilen örnekler daha sonra santrifüj edilmiş ve elde edilen süpernatantlar 1 cm ışık yoluna sahip spektrofotometre kuvvetlerine konularak Schimadzu marka spektrofotometrede 750, 664, 647 ve 630 nm dalga boylarında absorbansları ölçülmüştür. Ölçüm veri setleri ait oldukları tarihlere göre sıralanmış ve eşleştirilecekleri uydu ürünlerine (SST – chl-a) göre gruplandırılmışlardır.



**Şekil 1.** Çalışma alanının konumu (A); Eşleştirilmiş SST istasyonlarının coğrafi dağılımı (B); Eşleştirilmiş chl-a istasyonlarının coğrafi dağılımı (C). Kırmızı kareler model ile eşleşen istasyonlarını, siyah çemberler uydu ile eşleşen istasyonları göstermektedir.

Uydu veri kaynağı olarak 1 km<sup>2</sup> yersel ve 1 gün zaman çözünürlüklü MODIS-Aqua sensöründen üretilmiş L2 veri

setleri hem klorofil konsantrasyonu hem de yüzeysel su sıcaklığı ürünü için seçilerek NASA Ocean Color internet

sitesinden indirilmiştir (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Örnekleme gününe ait olan uydu görüntüsünde bulutluluk ve/veya diğer teknik problemlerin (güneş parıltısı vb.) olması durumunda bir gün öncesi veya bir gün sonrası olacak şekilde eşleştirme imkanı değerlendirilmiştir. Bu koşula uymayan veri satırları, genel veri setinden çıkarılmıştır. Yüzey suyu sıcaklığı (SST) ürünü deniz yüzeyini ifade eden çok ince yapıda (film) tabakanın tahmini olmasından dolayı, gün içerisinde olacak ani ısınma ve soğuma etkisini bertaraf etmek için gece ürünü olan (SST-4nm night) L2 veri seti kullanılmıştır.

Denizel model veri seti olarak, Avrupa Birliği Copernicus Deniz Ortamı İzleme Servisi (CMEMS) altında ulaşılabilir olan veri setleri kullanılmıştır. Yüzey suyu sıcaklığı için MEDSEA\_MULTIYEAR\_PHY\_006\_004 kodlu model ürününün sıcaklık değişkenine ait veri seti kullanılırken, klorofil-a konsantrasyonu için MEDSEA\_MULTIYEAR\_BGC\_006\_008 kodlu model ürününün deniz suyunda klorofil a konsantrasyonu değişkenine ait veri seti kullanılmıştır. Her iki değişken için de günlük oluşturulmuş veri setlerinden deniz yüzeyine en yakın gride ait değerler ölçüm veri seti ile eşleştirmek üzere seçilmiştir. Model ürünlerinin yersel çözünürlükleri uydudan elde edilen veri setine kıyasla daha sınırlı olduğundan eşleştirme model sınırları içerisinde olan veya model sınırlarına en fazla bir grid uzaklıkta olan istasyonlarla sınırlandırılmıştır. Veri setlerinin eşleştirilmesi SeaDAS (8.4.1) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel performans analizi için, yerinde ölçümlerden elde edilen sıcaklık değerlerinin ortalama ve varyansının, model veya uydu verilerinden hesaplanan değerlerle arasındaki farklar değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, Welch'in iki bağımsız örnek t-testi ve Levene'in varyans homojenliği testi kullanılmıştır (Sokal ve Rohlf, 2012). Ayrıca, ilişkilendirilen veri setleri arasında anlamlı korelasyonlar tespit edilmesi durumunda, veriler için olası bir kalibrasyon yaklaşımı önermek amacıyla lineer regresyon parametreleri hesaplanmıştır. Model ve uydu verilerinin belirsizlik özellikleri de değerlendirilmek üzere yüzdesel hata dağılımı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Green ve Tashman, 2009).

Yüzdesel hata =  $100 * (a - b) / a$ ; denklemde a yerinde ölçüm değerine karşılık gelirken, b uydu veya modelden eşleştirilmiş tahmin ölçüm değerine karşılık gelmektedir.

Çalışmaya ilişkin tüm analizlerin gerçekleştirilmesinde ve görsellerin hazırlanmasında MATLAB R2022a programı kullanılmıştır.

## BULGULAR

Körfezdeki klorofil-a ve yüzey su sıcaklığı (SST) dağılımı, yerinde ölçüm meta-verisi ve bölge için veri mevcut uydu görüntüleri kullanılarak eşleştirilmiş veri setleri oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında derlenen veri setlerinin eşleştirilmesi sonucunda toplamda 63 adet klorofil-a ve 212 adet SST ölçümü uydudan elde edilen veri seti ile eşleştirilmiştir. Bu veri setinin biyojeokimyasal (chl-a, n=63) ve fiziksel model tahminleri (SST, n=106) ile de eşleştirilmiştir.

Yerinde ölçüm veri setinde sıcaklıklar 11,18°C ile 30,35°C arasında değişmiş olup, ortalama SST değeri 20,56°C ( $\pm 4,50$ ) olarak belirlenmiştir. Uydu görüntülerinden elde edilen SST verileri ise 10,34°C ile 30,89°C arasında yayılmış ve ortalama 20,88°C ( $\pm 4,82$ ) değerini göstermiştir. Model veri setinde ise SST değerleri 16,02°C ve 30,36°C arasında dağılmış ve ortalama 19,90°C ( $\pm 3,30$ ) olarak hesaplanmıştır.

Körfezin klorofil-a dağılımı, yerinde ölçümlerde 0,20mg/m<sup>3</sup> ile 1,30mg/m<sup>3</sup> arasında değişkenlik göstermektedir. Ortalama klorofil-a konsantrasyonu ise 0,59mg/m<sup>3</sup> ( $\pm 0,27$ ) olarak belirlenmiştir. Uydu görüntülerinden elde edilen klorofil-a verileri ise 0,13mg/m<sup>3</sup> ile 1,32mg/m<sup>3</sup> arasında bir aralıkta yayılmış ve ortalama 0,46mg/m<sup>3</sup> ( $\pm 0,25$ ) değerini göstermiştir. Model veri setinde ise klorofil-a değerleri 0,07mg/m<sup>3</sup> ile 0,22mg/m<sup>3</sup> arasında dağılmış ve ortalama 0,13mg/m<sup>3</sup> ( $\pm 0,029$ ) olarak hesaplanmıştır.

Yapılan veri setlerini kıyaslamaya yönelik analiz sonuçları, SST değerleri açısından gerek uydu ve gerekse model veri setlerinin ortalama ve varyans açısından yerinde ölçüm veri seti ile uyumlu olduğunu, istatistik açısından anlamlı farklılıklar göstermediğini ortaya koymuştur (Tablo 1). Diğer taraftan klorofil-a bakımından değerlendirildiğinde hem uydu ( $p < 0,01$ ) hem de model ( $p < 0,001$ ) veri setleri ile yerinde ölçümler arasında istatistik açıdan önemli farklılıklar dikkat çekmektedir (Tablo 1).

Veri setleri arasındaki bağlantının gücünü değerlendirmeye yönelik yapılan analizlerde, uydu ve ( $r=0,99$ ,  $p < 0,01$ ) model temelli veri setlerinin ( $r=0,97$ ,  $p < 0,01$ ) yerinde ölçüm SST değerleri ile güçlü bir korelasyona sahip olduğu görülmüştür. Diğer taraftan chl-a konsantrasyonu için gerek ölçüm veri seti ile uydudan elde edilen veri seti arasında ( $r=0,70$ ,  $p < 0,01$ ), gerekse modelden elde edilen veri seti arasında ( $r=0,45$ ,  $p < 0,01$ ), istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunmakla birlikte bu ilişkinin gücünün daha zayıf olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 1.** SST ve Chl-a konsantrasyonu veri setlerine ait ortalama ve varyans değerlerinin yerinde ölçümler ile kıyaslamak için gerçekleştirilen t-test ve Levene Testi sonuçları

		Welch'in iki bağımsız örnek t-testi		Levene'in varyans homojenliği testi	
		t değeri	p-değeri	F değeri	p-değeri
SST	Uydu verisi	-0,715	0,475 <sup>ns</sup>	1,102	0,295 <sup>ns</sup>
	Model verisi	1,471	0,142 <sup>ns</sup>	0,808	0,37 <sup>ns</sup>
Chl-a	Uydu verisi	2,738	0,007*	0,908	0,343 <sup>ns</sup>
	Model verisi	13,326	<0,001**	79,504	<0,001**

(ns anlamlı farklılık yok; \*  $p < 0,01$  seviyesinde anlamlı farklılık mevcut; \*\*  $p < 0,001$  seviyesinde anlamlı farklılık mevcut)

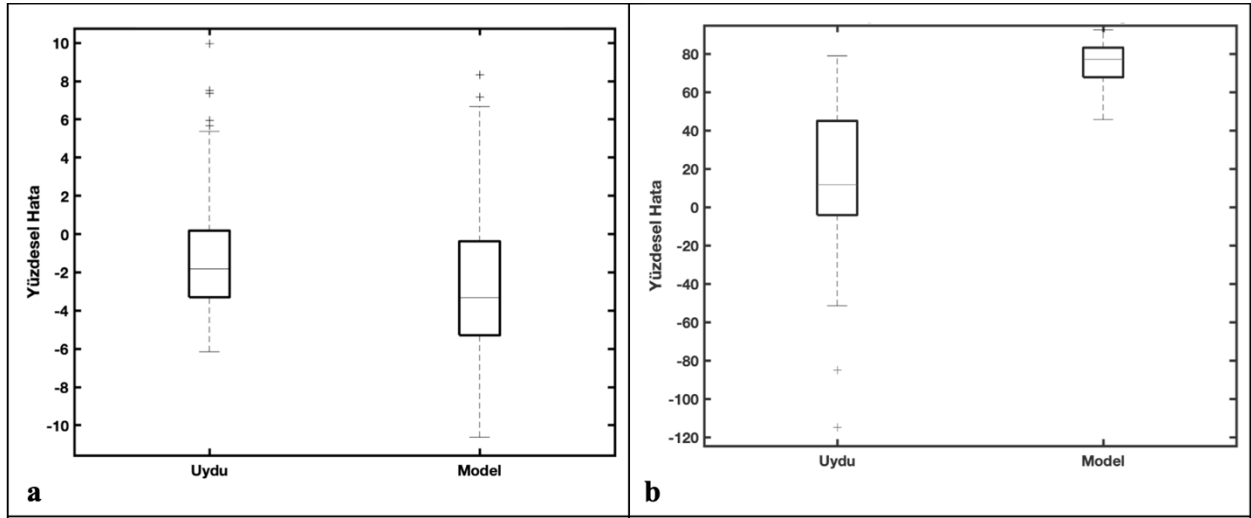
Tablo 2 ölçüm veri setleri ile yapılan karşılaştırmalar sonucunda elde edilen lineer regresyon parametrelerine ait tahmin değerlerini göstermektedir. Sonuçlar, SST veri setleri içerisinde uydu verilerinin ölçüm verilerini daha iyi açıkladığını ( $R^2=0,99$ ), ancak, model veri setinin de iyi bir açıklayıcı ( $R^2=0,94$ ) olduğunu göstermektedir. Klorofil-a veri setlerinin ikisi de ölçüm veri setini açıklama konusunda oldukça düşük bir performansa sahiptir ( $R^2=0,48$  ve  $0,19$ , sırasıyla).

**Tablo 2.** Yerinde ölçüm veri seti ile uydu ve model temelli veri setleri arasındaki doğrusal regresyon parametrelerine ait tahmin değerleri

		Kesişim değeri	Eğim değeri	R <sup>2</sup>
SST	uydu	-1,02	1,07	0,99
	model	-0,79	1,07	0,94
Chl-a	uydu	0,09	0,64	0,48
	model	0,1	0,05	0,19

Gerçekleştirilen hata analizleri sonucunda uydu veri setinin

%1,8 medyan değeri etrafında (%-3,3 ve %0,2 aralığında) dar bir yayılıma sahip olduğu, aykırı değer dağılımının az sayıda pozitif yönlü olduğu tespit edilmiştir. Model verisi için hesaplanan hataların %-3,3 medyan değeri etrafında nispeten daha geniş (%-0,4 ve %-5,3) yayılıma sahip olduğu görülmüştür. Klorofil-a veri setleri ile yapılan yüzdesel hata değerlendirmelerinde, her iki veri seti için de yüksek hata aralıklarının söz konusu olduğu, özellikle model veri setinin sistemli bir şekilde düşük tahmin ürettiği tespit edilmiştir (Şekil 2).



**Şekil 2.** Veri setlerine ait hataların dağılımını gösterir kutu grafikleri; a) SST yüzdesel hata dağılımını gösterir kutu diyagramı; b) Chl-a yüzdesel hata dağılımını gösterir kutu diyagramı

## TARTIŞMA

Uydu ve model tabanlı tahminlerin, SST ve chl-a gibi değişkenleri temsil etmedeki potansiyellerini gösteren çalışmalar hem küresel hem de bölgesel ölçekte mevcuttur (Smale ve Wernberg, 2009; Wernberg vd., 2012; Ali vd., 2016; Thakur vd., 2018; Bengil vd., 2021). Değerlendirmeler, SST tahminlerinin genellikle yeterli temsiliyet sağladığını, ancak sığ kıyılarda yetersiz kalabildiğini göstermektedir (Smit vd., 2013). Uydudan elde edilen chl-a tahminlerinin ise kıyılarda performansı düşüktür (Schalles, 2006). Bu durum, karmaşık optik yapıya sahip kıyılarda su tipleri ve atmosferik etkilerden kaynaklanmaktadır (Schalles, 2006). Performansı geliştirmek için yeni yöntemler geliştirilmiş olsa da, hala bazı sınırlamalar mevcuttur (Ali vd., 2016; Abbas vd., 2019). Model tabanlı chl-a tahminleri, yerel olarak geliştirilmiş karmaşık modellerde daha iyi performans gösterebilmektedir (Zennaro vd., 2023). Fakat bu modeller için düzenli ve ulaşılabilir veri kaynakları bulmak zordur.

Bu çalışma kapsamında SST ile ilgili yapılan değerlendirmeler sonucunda uydu ve model tabanlı tahminlerin ölçüm değerlerine benzer tanımlayıcı istatistiklere sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, iki veri setinin de SST değerleri açısından oldukça uyumlu olduğunu ve her ikisinin de körfezin SST dağılımı hakkında doğru bilgi sağlayabileceğini göstermektedir. Özellikle, korelasyon ve hata

analizleri temelinde uydu tabanlı tahminlerin performans olarak model tabanlı tahminlere göre görece daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Ancak, her iki yöntemin de kendi kısıtlamaları bulunmaktadır ve kullanımları duruma göre dikkatlice değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, uydu tabanlı veri setinin yersel çözünürlüğünün sağladığı avantajdan dolayı, kıyılarda ve özellikle yarı kapalı alanlarda kullanımının uygun olacağı değerlendirilmeye varılmıştır. Bununla birlikte, atmosferik koşulların uygunluğu gibi kısıtlamalara sahip olması da günlük ölçekte yapılacak zaman serisi değerlendirmelerinde kısıtlayıcı etken olarak ortaya çıkmıştır.

Model tabanlı tahmin veri setlerinin kullanım olanakları değerlendirildiğinde ise, bu verinin düşük yersel çözünürlüğe sahip olması kışın yapılan aşırı düşük ölçümlerin model veri setinde temsil edilememesine neden olmuştur. Dolayısı ile model verisinin bazı durumlarda tam olarak ölçümleri yansıtmayabileceği konusunda kuşku oluşmuştur. Bu sebeple, farklı mevsimlere ait ölçümlerin model sınırları içerisinde artırılarak, daha kapsamlı yeni bir değerlendirmenin faydalı olacağı önerilmektedir. Buna rağmen, istatistiksel analiz sonucunda, model tahmin veri setlerinin alternatif bir veri kaynağı olarak belirli bir amaç doğrultusunda kullanılması uygun olacaktır. Diğer taraftan bu veri seti uydu veri setindeki gibi atmosfer koşullarından etkilenmemekte olup zaman serisi analizlerinde kullanımı avantajlıdır.

Akdeniz'in farklı bölgelerinde (Matarrese vd., 2004) ve Doğu Akdeniz özelinde (Bengil ve Bizsel 2014; Bengil vd., 2021) uydu ve/veya model tabanlı veri setlerinin doğrulanması ve kullanım performansını ölçmeye yönelik az sayıda çalışma mevcut olmakla birlikte, bu çalışma Kuzey Levant Denizi için amaca yönelik tasarlanmış ilk çalışma durumundadır. Çalışma sonucunda uydu veya model temelli SST veri setlerinin kullanımı konusunda cesaretlendirici sonuçlar ortaya konmuştur.

Klorofil-a veri setleri üzerine yapılan değerlendirmeler sonucunda, uydu temelli tahminlerin nispeten temsil edici değerlere sahip olduğu, model temelli tahminlerin ise oldukça düşük bir temsil yeteneğine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, özellikle veri setlerinin ortalamasındaki önemli anlamlılık derecelerinde farklılık olması, chl-a veri setlerinin kullanımından önce yerel bir kalibrasyon basamağının uygulanması gerekliliğini ortaya koymuştur. Diğer taraftan bu durum nihai bir değerlendirme olarak kabul edilmemeli ve ilgili çalışmaya özgü doğrulama yapılmasının daha faydalı olacağı görülmektedir.

Bu çalışmanın chl-a için bulguları, uydu temelli veri setlerinin düşük performans gösterdiğine dair mevcut değerlendirmelerle uyumludur (Ali vd., 2016; Abbas vd., 2019). Model veri seti üretimine yönelik yerel performansı yüksek (Zennaro vd., 2023) gibi veri setleri oluşturmak imkanı olmakla birlikte, bu çalışmada sistemli veri sağlayan ve kolay ulaşılabilirliği veri seti için değerlendirme yapılmıştır. Teknolojik ve yöntemsel gelişmelerin dinamik yapısı göz önünde bulundurulduğunda, bu tür performans ölçümlerinin düzenli aralıklarla ve daha geniş veri setleri ile tekrarlanması önemlidir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, bu çalışma İskenderun Körfezi gibi karasal etkileşimi yüksek bir bölge için alternatif veri kaynağı sağlayan uydu ve model yaklaşımlarının performansını klorofil-a ve SST

için ortaya koymuştur. Bu veri setlerinin deniz ekosisteminin izlenmesi ve ekolojik çalışmalarda destekleyici olarak kullanımı konusunda önemli bir potansiyel sağlamakta, veri kaynaklarının kullanımının avantajlarını ve dezavantajlarını ortaya koymaktadır. Çalışma sonucunda SST için uydu ve model veri setlerinin, klorofil-a için ise uydu veri setinin ölçüm verileri ile istatistiksel olarak anlamlı korelasyona sahip olduğu gösterilmiştir. Bunun yanı sıra hata analizi sonuçları, SST için uydu veri setinin daha dar bir yayılıma ve daha az aykırı değer dağılımına sahip olduğunu göstermiştir. Klorofil-a için ise her iki veri setinin de yüksek hata aralıklarına sahip olduğu ve daha fazla geliştirmeye ihtiyaç duyduğu görülmüştür.

## TEŞEKKÜR VE MADDİ DESTEK

Bu çalışma TÜBİTAK 2218 Programı tarafından (121C439) desteklenmiştir.

## YAZARLIK KATKISI

Çalışma fikri, tasarım, materyal hazırlama, araştırma, yazım Fethi Bengil tarafından ve çalışma fikri, tasarım, materyal hazırlama, araştırma, gözden geçirme Sinan Mavruk tarafından, laboratuvar çalışması, araştırma ve gözden geçirme Sevim Polat, Gürkan Akbulut tarafından gerçekleştirilmiştir. Tüm yazarlar makaleyi okumuş ve onaylamıştır.

## ÇIKAR/REKABET ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması ve/veya rekabet eden çıkarlar olmadığını beyan eder.

## ETİK ONAY

Bu çalışma için etik onay gerekli değildir.

## VERİ KULLANILABİLİRLİĞİ

Veri setleri ile ilgili sorular için, sorumlu yazar ile iletişime geçilmelidir.

## REFERENCES

- Abbas, M.M., Melesse, A. M., Scinto, L.J., & Rehage, J. (2019). Satellite estimation of chlorophyll-a using moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) sensor in shallow coastal water bodies: Validation and improvement. *Water*, 11(8), 1621. <https://doi.org/10.3390/w11081621>
- Acker, J.G., & Leptoukh, G. (2007). Online analysis enhances use of NASA Earth science data. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 88(2), 14-17. <https://doi.org/10.1029/2007EO020003>
- Agate, J., Ballinger, R., & Ward, R.D. (2024). Satellite remote sensing can provide semi-automated monitoring to aid coastal decision-making. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 298, 108639. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2024.108639>
- Ali, K.A., Ortiz, J., Bonini, N., Shuman, M., & Sydow, C. (2016). Application of Aqua MODIS sensor data for estimating chlorophyll a in the turbid case 2 waters of Lake Erie using bio-optical models. *GIScience & Remote Sensing*, 53(4), 483-505. <https://doi.org/10.1080/15481603.2016.1177248>
- Avşar, D. (1999). Yeni bir skifomedüz (*Rhopilema nomadica*)'ün dağılımı ile ilgili olarak Doğu Akdeniz'in fiziko-kimyasal özellikleri. *Turkish Journal of Zoology*, 23(2), 605-616.
- Baklanov, A.A., Grisogono, B., Bornstein, R., Mahrt, L., Zilitinkevich, S.S., Taylor, P., Larsen, S.E., Rotach, M.W., & Fernando, H.J.S. (2011). The nature, theory, and modeling of atmospheric planetary boundary layers. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(2), 123-128. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS2797.1>
- Bengil, F., & Bizsel, K. (2014). Assessing the impact of aquaculture farms using remote sensing: An empirical neural network algorithm for İldırı Bay, Turkey. *Aquaculture Environment Interactions*, 6(1), 67-79. <https://doi.org/10.3354/aei00115>
- Bengil, F., Mavruk, S., Kızılkaya, Z., Bengil, E.G.T., Alan, V., & Kızılkaya, I.T. (2021). Descriptive capability of datasets as proxy of sea water temperature in coastal systems: An evaluation from the Aegean Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21, 627-635. [http://doi.org/10.4194/1303-2712-v21\\_12\\_05](http://doi.org/10.4194/1303-2712-v21_12_05)
- Choi, Y., Park, Y., Hwang, J., Jeong, K., & Kim, E. (2022). Improving ocean forecasting using deep learning and numerical model integration. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(4), 450. <https://doi.org/10.3390/jmse10040450>
- Clementi, E., Pistoia, J., Escudier, R., Delrosso, D., Drudi, M., Grandi, A., Lecci, R., Creti, S., Ciliberti, S., Coppini, G., Masina, S., & Pinardi, N. (2019). *Mediterranean Sea analysis and forecast (CMEMS MED Currents 2016-2019)* [Data set].

- Fettweis, M.P., & Nechad, B. (2011). Evaluation of in situ and remote sensing sampling methods for SPM concentrations, Belgian continental shelf (southern North Sea). *Ocean Dynamics*, 61, 157-171. <https://doi.org/10.1007/s10236-010-0310-6>
- Fox-Kemper, B., Adcroft, A., Böning, C.W., Chassignet, E.P., Curchitser, E., Danabasoglu, G., Eden, C., England, M.H., Gerdes, R., Greatbatch, R.J., Griffies, S.M., Hallberg, R.W., Hanert, E., Heimbach, P., Hewitt, H.T., Hill, C.N., Komuro, Y., Legg, S., Le Sommer, J., ... & Yeager, S.G. (2019). Challenges and prospects in ocean circulation models. *Frontiers in Marine Science*, 6, 65. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00065>
- Green, K., & Tashman, L. (2009). Percentage error: What denominator? *Foresight: The International Journal of Applied Forecasting*, 12, 36-40.
- IOCCG (2000). Remote sensing of ocean colour in coastal, and other optically-complex, waters. In S. Sathyendranath, (Ed.), Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group, No. 3, 140p., IOCCG (International Ocean-Colour Coordinating Group), Dartmouth, Canada.
- Kim, C.S., Park, Y.-J., Park, K.S., Shim, J.S., & Lim, H.-S. (2013). Application of GOCI satellite data to ocean modeling. *Journal of Coastal Research*, 65(sp2), 1409-1414. <https://doi.org/10.2112/SI65-238.1>
- Le Sommer, J., Chassignet, E.P., & Wallcraft, A.J. (2018). *Ocean circulation modelling for operational oceanography: current status and future challenges*. In New Frontiers in Operational Oceanography (pp. 289–306). GODAE OceanView. <https://doi.org/10.17125/gov2018.ch12>
- Li, Z., England, M.H., & Groeskamp, S. (2023). Recent acceleration in global ocean heat accumulation by mode and intermediate waters. *Nature Communications*, 14, 6888. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42468-z>
- Matarrese, R., De Pasquale, V., Guerriero, L., Morea, A., Pasquariello, G., Umgiesser, G., Scroccaro, I., & Alabiso, G. (2004). Comparison between remote-sensed data and in situ measurements in coastal waters: The Taranto Sea case. *Chemistry and Ecology*, 20(3), 225–237. <https://doi.org/10.1080/02757540410001689795>
- Mavruk, S., Bengil, F., Yeldan, H., Manasirli, M., & Avsar, D. (2017). The trend of lessepsian fish populations with an emphasis on temperature variations in Iskenderun Bay, the Northeastern Mediterranean. *Fisheries Oceanography*, 26(5), 542–554. <https://doi.org/10.1111/fog.12215>
- Parsons, T.R., Maita, Y., & Lalli, C.M. (1984). *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Pergamon Press, Oxford, New York.
- Roland Pitcher, C., Lawton, P., Ellis, N., Smith, S.J., Incze, L.S., Wei, C.-L., Greenlaw, M.E., Wolff, N.H., Sameoto, J.A., & Snelgrove, P.V.R. (2012). Exploring the role of environmental variables in shaping patterns of seabed biodiversity composition in regional-scale ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 49, 670–679. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02148.x>
- Schalles, J.F. (2006). Optical remote sensing techniques to estimate phytoplankton chlorophyll a concentrations in coastal. In L. Richardson, E. LeDrew, (Eds.), *Remote Sensing of Aquatic Coastal Ecosystem Processes. Remote Sensing and Digital Image Processing*, 9, 27-79, Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3968-9\\_3](https://doi.org/10.1007/1-4020-3968-9_3)
- Smale, D., & Wernberg, T. (2009). Satellite-derived SST data as a proxy for water temperature in nearshore benthic ecology. *Marine Ecology Progress Series*, 387, 27–37. <https://doi.org/10.3354/meps08132>
- Smit, A.J., Roberts, M., Anderson, R.J., Dufois, F., Dudley, S.F.J., Bornman, T.G., Olbers, J., & Bolton, J.J. (2013). A coastal seawater temperature dataset for biogeographical studies: Large biases between in situ and remotely-sensed data sets around the coast of South Africa. *PLoS ONE*, 8(12), e81944. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081944>
- Sokal, R.R., & Rohlf, F.J. (2012). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. 2nd edition. Journal of the Royal Statistical Society, Series A.
- Thakur, K.K., Vanderstichel, R., Barrell, J., Stryhn, H., Patanasatienkul, T., & Revie, C.W. (2018). Comparison of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) abundance levels on Atlantic salmon farms in eastern Canada using standard sea lice monitoring and the Atlantic zone monitoring program. *Preventive Veterinary Medicine*, 149, 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.11.008>
- Wang L, Yang C, Liu Y, Shan B, Ma S, & Sun D. (2023) Effects of biotic and abiotic factors on the spatiotemporal distribution of round scad (*Decapterus maruadsi*) in the Hainan Island offshore area. *Diversity*, 15(5):659. <https://doi.org/10.3390/d15050659>
- Wernberg, T., Smale, D.A., & Thomsen, M.S. (2012). A decade of climate change experiments on marine organisms: Procedures, patterns and problems. *Global Change Biology*, 18, 1491-1498. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02656.x>
- Zennaro, F., Furlan, E., Canu, D., Aveytua Alcazar, L., Rosati, G., Solidoro, C., Aslan, S., & Critto, A. (2023). Venice lagoon chlorophyll-a evaluation under climate change conditions: A hybrid water quality machine learning and biogeochemical-based framework. *Ecological Indicators*, 157, 111245. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111245>