



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



*Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2024), 1 (1), 63-81.*  
*The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2024), 1 (1),*  
*63-81. Araştırma Makalesi / Research Paper*



## İzmir Körfezi'nde Ekosistem Bütünlüğünü Tehdit Eden Kirlilik ve Kıyı Değişimi

### Pollution and Coastal Change Threatening Ecosystem Integrity in the Gulf of İzmir

Sayfa | 63

Nigar CANBULAT, Doktora öğrencisi, Karabük Üniversitesi, nigarcanbulat@gmail.com, [0009-0002-7554-8719](tel:0009-0002-7554-8719)

Sevda COŞKUN, Doç. Dr., Karabük Üniversitesi, sevdacoskun@karabuk.edu.tr, [0000-0002-4702-4670](tel:0000-0002-4702-4670)

Mücahit COŞKUN, Prof. Dr., Karabük Üniversitesi, mcoskun@karabuk.edu.tr, [0000-0002-7881-6742](tel:0000-0002-7881-6742)

**Geliş tarihi - Received:** 08 Kasım 2024  
**Kabul tarihi - Accepted:** 28 Kasım 2024  
**Yayın tarihi - Published:** 16 Aralık 2024

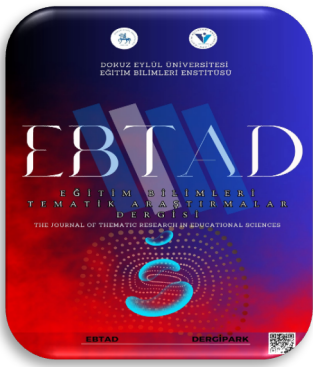


**Öz.** İzmir Türkiye'nin önemli sanayi ve yerleşim alanlarından biri olmasının yanı sıra, sahip olduğu kıyı ekosistemleri ile de biyoçeşitlilik açısından zengindir. Araştırma, İzmir Körfezi'nde ekosistem bütünlüğünü tehdit eden kirliliği ve kıyı değişimlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Sahaya ait analizler Google Earth Engine işletim sistemi üzerinden gerçekleştirilmiş ve haritalamalarda Arc map 10.4 programı kullanılmıştır. Kıyı değişimi analizleri '*USGS Landsat 7 Collection 2 Tier 1 TOA Reflectance Landsat*', su kirliliği incelemesi '*GCOM-C/SGLI L3 Chlorophyll-a Concentration (V3)*' ve gel-git kuşağı ekosistem alanlarının tespiti '*Murray Global Intertidal Change Classification*' verilerine dayanmaktadır. 2000-2024 yılları arasında meydana gelen kıyı değişimlerinin incelenmesinde '*Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi*' (NDWI)'nden yararlanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre beşeri ve doğal etkilere bağlı olarak kıyı değişimlerinden en fazla etkilenen alanlar, Menemen ve Çiğli ilçelerinin batı kıyıları ile iç ve orta körfezin kuzeyidir. Bu sahalar aynı zamanda önemli miktarda gel-git kuşağı ekosistemlerini barındırmaktadır. Deniz kirliliği açısından ise en yüksek değerler iç ve orta körfez sularında tespit edilmiştir. Yapılan bu araştırma kıyı değişimleri ve meydana gelen kirliliğin, körfez ekosistemleri üzerinde baskı oluşturduğunu ve sürdürülebilir bir planlamanın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Gelecek için uzaktan algılama teknolojilerinin saha gözlemlerine yardımcı olarak kullanılması planlayıcılara ve karar vericilere planlamalarda önemli fayda sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** "*İzmir körfezi*", "*Kıyı değişimi*", "*Ekosistem bütünlüğü ve kirlilik*".

**Abstract.** İzmir is a notable industrial and residential area in Turkey, as well as a biodiversity hotspot due to its coastal ecosystems. The study aims to identify pollution and coastal changes threatening ecosystem integrity in the Gulf of İzmir. Analyses related to the site were conducted through the Google Earth Engine platform, and ArcMap 10.4 software was utilized for mapping. Coastal change analyses are based on data from "*USGS Landsat 7 Collection 2 Tier 1 TOA Reflectance Landsat*" while water pollution analysis utilized "*GCOM-C/SGLI L3 Chlorophyll-a Concentration (V3)*" data, and intertidal zone ecosystem areas were identified through the "*Murray Global Intertidal Change Classification*" dataset. The '*Normalised Difference Water Index*' (NDWI) was used to examine the coastal changes between 2000 and 2024. The study found that the western coastlines of Menemen and Çiğli districts, as well as the northern regions of the inner and central gulf, are most affected by coastal changes caused by both human and natural impacts. These locations also support a large number of intertidal zone ecosystems. Marine pollution levels are higher in the inner and central gulf. This study emphasizes the pressures that coastal changes and increasing pollution place on Gulf ecosystems, as well as the importance of long-term planning. In the future, the employment of remote sensing technology to assist with field observations will give considerable benefits to planners and policymakers.

**Keywords:** "*Gulf of İzmir*", "*Coastal Change*", "*Ecosystem integrity and pollution*".



## Extended Abstract

**Introduction.** Coastal belts are natural areas where land and marine ecosystems, which support a high level of biodiversity, are in transition. It features a diverse flora and fauna network due to the species it contains. These locations, which are rich in biological diversity, have seen a concentration of human activity from the past to the present (Kong and Cui, 2024; Qin et al., 2024). Human activities cause changes on the coastlines. The research focuses on the Gulf of Izmir, one of Turkey's major shoreline formations. This 60-kilometer-long gulf, located between the Karaburun Peninsula and Foça, was formed as Western Anatolia expanded to the east. The area's natural ecosystem is under pressure because of heavy marine traffic and water pollution caused by the Izmir port. Waste from industrial operations and coastal populations has a significant impact on the intense pollution that occurs on occasion in Gulf waterways. Interventions to the Gediz River's flow and bed characteristics affect the natural environment and ecosystem integrity (Yılmaz and Erdem, 2011; Uluturhan Suzer et al., 2016). Although all of these human activities have a good economic impact, they harm the Gulf's natural structure. In addition to anthropogenic pressures, changes in geographical features caused by global climate change make it extremely difficult to maintain the area's natural structure.

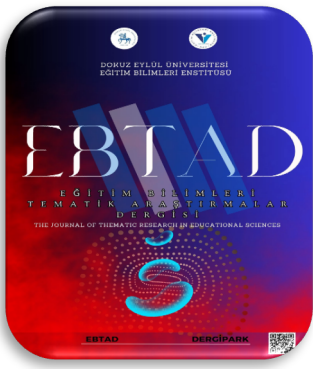
This research aims to reveal the coastal changes and pollution in the Gulf of Izmir, which is one of the important points of Turkey in terms of both natural and human structure (Figure 1).

**Method.** The study's analyses are categorized into three sections. First, the coastal transformations along the Gulf coastline from 2000 to 2024 were examined, focusing on the years 2000, 2012, and 2023 for the assessments of coastal changes. Second, an analysis of pollution and water quality in the Gulf waters was conducted for the years 2022 to 2024. Lastly, the tidal belt ecosystem areas surrounding the gulf were evaluated between 1984 and 2017. The study utilized the Google Earth Engine (GEE) geospatial analysis platform for all of its analyses. To investigate the coastal changes that took place from 2000 to 2024, the 'Normalized Difference Water Index' (NDWI) was employed. NDWI serves as a valuable tool for identifying water bodies and assessing fluctuations in water availability. It effectively differentiates between water and land or water and vegetation (Xu, 2006; Teng et al., 2021; Chanyal and Purohit, 2024; Coskun and Minaz, 2024; Husin et al., 2024; Ayek and Zerouali, 2025).

The analysis of water pollution in and around Izmir Bay utilized the 'GCOM-C/SGLI L3 Chlorophyll-a Concentration (V3)' data (Murakami, 2020; GCOM, 2024). The concentration of chlorophyll, the green pigment found in phytoplankton at the sea surface layer, is used to assess water quality and pollution levels. This satellite-based observation system is equipped with sub-sensors and operates across 19 different channels. The data, which has a spatial resolution of 4638 m, encompasses the period from 2022 to 2024 during the analysis. Phytoplankton density in this dataset is represented in units of mg/m<sup>3</sup>.

The most recent analysis conducted in the research zone focuses on identifying areas within the tidal belt ecosystem. This region is significant for biodiversity as it serves as a convergence point for land and marine ecosystems. It also contains species from both types of ecosystems. The analysis utilized 'Murray Global Intertidal Change Classification' data available in the GEE library (Murray et al., 2019; Murray et al., 2022).

Canbulat, N., Coşkun, S. ve Coşkun, M. (2024). İzmir Körfezi'nde ekosistem bütünlüğünü tehdit eden kirlilik ve kıyı değişimi. *Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, 1(1), 63-81.*



**Results.** Upon comparison of NDWI analyses for the years 2000, 2012, and 2023, it is evident that the western shores of Menemen and Çiğli districts, along with the northern shores of the inner and middle gulf, experience greater impacts from changes in all three years. Comparison of the coastal areas from 2000 and 2012 reveals a partial advancement of sea waters towards the land surface. This distinction can be observed when traveling south along the coastal region from where the Gediz River meets the sea in NDWI maps (Figures 2 and 3). In 2023, there has been a small shift of the coastline towards the ocean, but it has not yet returned to its position in 2000, the initial year of observation. The regions primarily impacted by the change are the northern section of the inner gulf and the coastal regions of Menemen and Çiğli districts, including the Menemen Plain and surrounding Homa Dalyanı area (Figure 4).

Analyzing the distribution of tidal belt ecosystems reveals a pattern that resembles NDWI maps. From the point where Gediz meets the sea, the coastal zone, which consists of Dalyan land to the south and the former delta land, is where tidal ecosystems are found (Figure 6).

The inner Gulf, as shown in Figure 7, is the region most heavily polluted in terms of water quality because of gulf traffic, industrial activities, and settlements. The pollution is strongly experienced in the central gulf and the coastal area stretching north of it. The coasts of Karaburun and the outer Gulf experience minimal pollution impact.

**Discussion and Conclusion.** Efforts to decrease human impact have always been made in highly biodiverse areas like the Gulf of Izmir, which are heavily affected by human activity. Examining the literature about the topic shows that the practices concerning the Gulf trace back to the time when the course of the Gediz River was altered. In a more recent study, Çakmak (1998) stresses the importance of implementing a facility project to address the contamination of the waters being released into the Gulf of Izmir. The project is deemed crucial for the well-being of both human health and the ecosystems in the Gulf.

Yılmaz and Erdem (2011) used remote sensing techniques to study land use in the Gediz delta. They mentioned that the region contains numerous lagoons, both fresh and saltwater marshes, and critical bird nesting sites; they determined that expert advice is essential for conservation efforts in these diverse areas teeming with diverse plant and animal species. Uluturhan Süzer and colleagues (2016) assessed the contamination in the dalians of the Gediz delta (Kırdeniz, Homa, Çilazmak dalians, and Çamaltı salt marsh) and identified the presence of heavy metals in surface sediments. The presence of this situation definitely endangers the survival of coastal ecosystems. Once ecosystems vanish, it is extremely challenging to recover their natural environments, even if the original conditions are reinstated. Turkey's Gulf of Izmir wetlands, like the Silifke and Bafra deltas, Sultan reeds, and Manyas bird paradise, boast a remarkable variety of species. Because of this, it is important to consistently observe their progress through research that utilizes various methods.





## Giriş

Dünya'nın ekosistemleri ve insan nüfusu büyük ve karmaşık bir ortak yaşam içinde birbirine bağlıdır. Yaşamı sürdürebilmek için insan, ekosistemlere bağımlı, ancak ekosistemlerin devamlılığı da insan kullanımına ve bakımına bağlıdır. Ekosistemler gezegenin üretken motorlarıdır; içilen sudan yenen gıdaya ve giysiye, kâğıda ya da kereste için kullanılan elyafa kadar olan her şeyi bize sağlarlar. Ancak, ekosistemlerin sağlığını değerlendirmek için kullanılan neredeyse her ölçüt, insanlara ekosistemlerin her zamankinden daha fazla yararlandığını ve bazı durumlarda hızla onların bozulduğunu söylemektedir (Burke vd. 2001). Ekosistemler üzerine bilimsel bilgi hızla artmasına rağmen ekosistemler üzerindeki insanın olumsuz etkilerini durdurmaya ya da değiştirmeye yetmemiştir. Ekosistemlerin sürdürülebilir bir yönetim anlayışıyla idare edilmemesi beraberinde ekonomik kalkınma ve insan refahını büyük ölçüde zorlaması beklenmektedir. Arazi ve kaynak yararlanmasına ilişkin aldığımız kararlar, ekosistemlerin ömrünü nasıl etkilediğini artık insanoğlunun öğrenmesi gereklidir. Karar vericilerin kararlarını sadece insan hayatını değil, aynı zamanda bitkilerin, hayvanların ve doğal sistemlerin sağlığını ve üretkenliğini de riske etmektedir. Ekosistemler içerisinde ise kıyı ekosistemi kara ve deniz ekosistemlerinin buluşma noktası olmasıyla dikkat çekicidir.

Kıyılar, zengin biyoçeşitliliğe sahip kara ve deniz ekosistemlerinin geçiş özelliği taşıdığı doğal ortamlardır. Birçok türü barındırmasıyla geniş flora ve fauna ağına sahiptir. Tür çeşitliliğinin yaygın olduğu bu alanlar, geçmişten günümüze beşeri etkinliklerin yoğunlaştığı yerlerdir (Kong ve Cui, 2024; Qin vd., 2024). Antropojenik etkiler sonucunda kıyılarda değişimler görülmektedir. Kıyı çizgisi ve alan değişimi, yoğun kullanıma bağlı olarak ortaya çıkan çevresel problemler, beşeri etki sonucunda meydana gelen farklılıklar bu değişimlere örnek gösterilebilir (Özçelik, 2017). Zaman içerisinde oluşan değişimlerin etkilerini analiz etmek, ekosistemlerin varlığı ve devamlılığı açısından önemlidir. Kıyıların geniş kıvrımlarla karanın içine uzanan kısımları körfezler ile temsil edilmektedir. Körfezlerde de kıyılarda olduğu gibi yoğun bir beşeri baskı hissedilir. Kıyı ve körfezlerde yaşanan fiziki sorunlar arasında dalga-akarsuların aşındırma ve birikim faaliyetleri, iklim değişikliğine bağlı olarak yaşanan değişimler yer almaktadır (Güngör ve Tokgöz, 2023). Antropojenik etkilerin arasında ise kıyıların doldurulması, liman ve iskelelerin yapılması, artan nüfusa bağlı olarak yoğun yerleşme faaliyetleri, trafik, evsel-endüstriyel atıklar, kirli sular ve diğer çevre problemleri bulunur (Uzun and Özcan, 2016; Caporizzo vd., 2024).

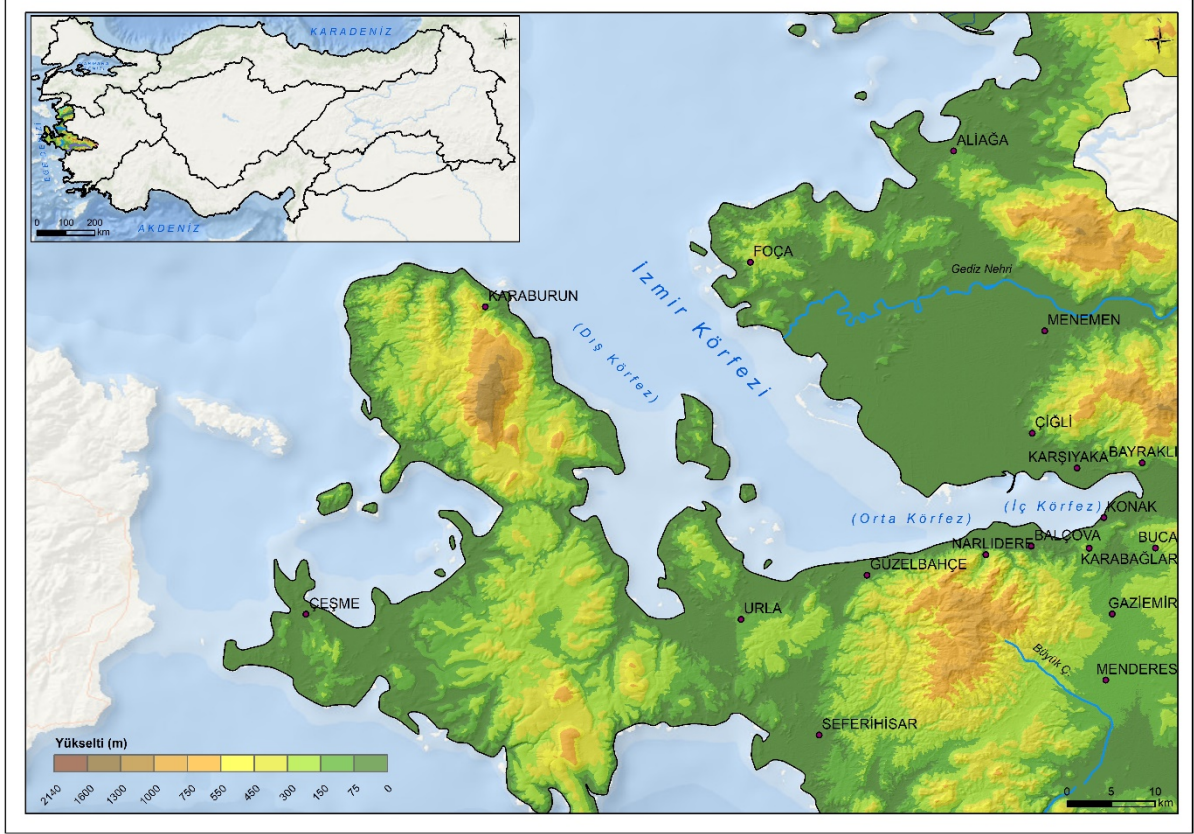
Türkiye, büyük bir bölümü denizlerle çevrelenmiş yarımada özelliği gösteren arazi yapısındadır. Kıyı uzunluğu toplamda yaklaşık olarak 8483 km'dir. Gerçek kıyı uzunluğu bakımından kıyılar büyükten küçüğe doğru sıralandığında; Ege 3265 km, Akdeniz 2025 km, Karadeniz 1719 km, Marmara 1474 km uzunluğa sahiptir (Gazioğlu vd., 2015). Nüfusun büyük kısmı kıyı bölgeleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Akdeniz ve Karadeniz'de dağların kıyıya paralel uzanması, kıyı şeridinin dar bir alana konumlanmasına sebep olur. Bu alanlarda falez oluşumlarına sıklıkla rastlanırken koy, körfez ve doğal limanlar da görülmektedir. Yüzölçümü daha küçük olan Marmara, bir iç deniz niteliğindedir. Kuzey ve doğu kıyıları nispeten daha fazla nüfusludur. Ege'de durum diğer kıyılardan biraz farklılaşmaktadır. Türkiye'nin en uzun kıyı şeridi burada bulunmakta ve dağların uzanış doğrultusu sebebiyle yerleşim alanları kıyıda iç kesimlere kadar yayılmaktadır. Dağ uzanışı, kıyıları daha girintili ve çıkıntılı hale getirmiştir. Çok sayıda koy, körfez ve doğal limana sahip Ege kıyıları, geçmişten günümüze yerleşim alanı olarak kullanılmıştır.



Özellikle Edremit, Çandarlı, İzmir, Güllük ve Gökova nüfusun yoğunlaştığı önemli körfezlerdendir (Akengin vd., 2015).

Araştırmanın alan kapsamını İzmir Körfezi oluşturmaktadır. Ortalama 60 km'lik uzunluğa sahip ve Karaburun Yarımadası-Foça arasında yer olan bu körfez, Batı Anadolu'nun doğuya doğru genişlemesiyle oluşmuştur. İç, dış ve orta bölüm olmak üzere üç kısma ayrılır. İç körfez Çiğli-Balçova, orta körfez Çamaltı Tuzlası-Güzelbahçe arasında bulunurken, dış körfez ise bu sahaların kuzeyini kapsar (Kuru, 2013). İzmir Körfezi'nde Batı Anadolu'nun önemli nehirlerinden biri olan Gediz denize ulaşır. Nehir Ege Denizi'ne döküldüğü sahada kendi deltasını oluşturmuştur. Delta alanı zengin ekosistem ve biyoçeşitliliğe sahiptir. Ramsar Sözleşmesi ile önemli 'Kuş Alanı ve Yaban Hayatı Geliştirme Sahası' olarak koruma altına alınan Gediz deltası, beşeri faaliyetler ve iklim değişikliği sebebiyle tehdit altındadır. İzmir limanına bağlı olarak gerçekleşen yoğun deniz trafiği ve su kirliliği sahadaki doğal ortam üzerinde baskı oluşturmaktadır. Körfez sularında zaman zaman meydana gelen yoğun kirlilikte kıyı kuşağındaki sanayi kuruluşları ve yerleşmelere ait atıkların etkisi büyüktür. Ayrıca Gediz Nehri'nin akışı ve yatak özelliklerine yapılan müdahaleler, doğal ortam ve ekosistem bütünlüğünün korunmasına etki etmektedir (Yılmaz ve Erdem, 2011; Uluturhan Suzer vd., 2016). Tüm bu beşeri faaliyetler ekonomik anlamda olumlu sonuçlar doğursa da, körfezin doğal yapısını bozmaktadır. Antropojenik baskılara ek olarak küresel iklim değişikliği sonucunda coğrafi özelliklerde meydana gelen değişimler, sahanın doğal yapısının korunmasını oldukça zorlaştırır. Sıcaklık-yağış parametre farklılaşması ve daha sık yaşanan hale gelen kuraklıklar, akarsuların akım özelliklerini değiştirmektedir. Akım düzeni ve debi özelliklerinde oluşan değişimler ilk olarak akarsuyun meydana getirdiği delta ekosistemini etkiler. Ulusal ve uluslararası alan yazında beşeri faaliyetlerin bu tür ortamlar üzerindeki olumsuz etkilerini (çevre kirliliği, denizin doldurulması, biyoçeşitliliğin zarar görmesi vb.), küresel iklim değişikliğinin sonuçlarını ve yıllar içerisinde kıyı çizgisinde yaşanan değişimleri içeren birçok çalışma mevcuttur (Başkan ve Saygı, 2002; Syvitski vd., 2005; Gazioglu vd., 2015; Güçlüsoy, 2018; Turoğlu ve Duran, 2021; Ülger ve Tanrıvermiş, 2023; Aziz vd., 2024; Gomes da Silva vd., 2024; Laino vd., 2024; Liu vd., 2024; Majewski, 2024).

Yapılan bu araştırma hem doğal hem de beşeri yapısı itibarıyla Türkiye'nin önemli noktalarından biri olan İzmir Körfezi'nde yıllar içerisinde yaşanan kıyı değişimlerini ve körfez sularındaki kirliliği ortaya koymayı amaçlamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İzmir Körfezi lokasyon haritası

## Yöntem

Araştırmada gerçekleştirilen analizler üç başlık altında toplanmaktadır. İlk olarak körfez kıyı çizgisinde 2000-2024 yılları arasında gerçekleşen kıyı değişimleri incelenmiştir. 2000, 2012, 2023 kıyı değişim analizleri yapılan yıllardır. İkinci olarak 2022-2024 döneminde körfez sularında meydana gelen kirlilik ve su kalitesi ele alınmaktadır. Üçüncü analizde ise körfez çevresinde gel-git kuşağı ekosistem alanları 1984-2017 yılları arasında incelenmiştir. Çalışmaya ait analizlerin tamamında Google Earth Engine (GEE) coğrafi mekânsal analiz platformu kullanılmıştır. GEE uydu verilerine dayanan ve farklı çözünürlükte dataları bünyesinde barındıran analiz portalıdır. İklimsel parametreler, jeolojik özellikler, toprak yapısı, bitki varlığı, nüfus-yerleşme dağılımı, modellemeler, deniz yüzey sıcaklıkları, atmosferik gazlar, arazi kullanım özellikleri veri kütüphanesinde yer alan datalardan bazılarıdır. Araştırmacılar JavaScript programlama dilinde hazırladıkları kodlar ile platform üzerinde ilgi alanlarına ait analizler gerçekleştirebilmektedir. GEE veri indirilmesine gerek duyulmaksızın global ölçekte data analizi imkanı sunmaktadır (Tamiminia vd., 2020; Nurdiansyah vd., 2023; Perez Cutillas vd, 2023; Domej ve Pluta, 2024).

2000-2024 yılları arasında meydana gelen kıyı değişimlerinin incelenmesinde '*Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi*' (NDWI) kullanılmıştır. NDWI, su kütlelerini ve su varlığındaki değişimleri tespit Canbulat, N., Coşkun, S. ve Coşkun, M. (2024). İzmir Körfezi'nde ekosistem bütünlüğünü tehdit eden kirlilik ve kıyı değişimi. *Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 63-81.





etmek için yararlanılan etkili bir araçtır. Su ve kara varlığı ya da su-bitki varlığı ayrımı için kullanılabilir (Xu, 2006; Teng vd., 2021; Chanyal ve Purohit, 2024; Coşkun ve Minaz, 2024; Husin vd., 2024; Ayek ve Zerouali, 2025). Sahip olduğu tespit yeteneği sebebiyle su kaynaklarının yönetimi, sel olayları, göl ve deniz seviyelerindeki değişimler, kuraklık gibi pek çok farklı araştırmada uygulanmakta ve aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir:

$$NDWI = \frac{(Green-NIR)}{(Green+NIR)} \quad (\text{McFeeters, 1996})$$

Formülde uydu görüntüsüne ait yeşil ve yakın kızılötesi dalga boyları kullanılarak su varlığı tespiti yapılmaktadır. 'Green' yeşil görünür dalga boyundaki yüzey yansımaları, 'NIR' ise yakın kızılötesi dalga boyundaki yüzey yansımalarını kapsar. NDWI değerleri -1 ve +1 arasında değişir. Su kütlesi NIR spektrumunda önemli absorbe ve yeşil spektrumda yansıma göstermektedir. Bu şartlar altında su varlığına sahip alanlarda yüksek, toprak ya da bitki örtüsünde ise düşük NDWI değerleri görülür. Su ve diğer arazileri ayırmak için bir eşik değeri kullanılır. Bu araştırmada yararlanılan NDWI formülizasyonuna paralel olarak 0.10 su yüzeyleri için eşik değeri olarak seçilmiştir. Eşik üzeri veri değeri su kütlelerini ifade eder.

Kıyı değişimi için su varlığı tespitinde kullanılan uydu görüntüleri, GEE data kütüphanesinde yer alan 'USGS Landsat 7 Collection 2 Tier 1 TOA Reflectance Landsat' datalarına dayanır (Landsat, 2024). Landsat, NASA (The National Aeronautics and Space Administration) ve ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu tarafından yürütülen gözlem uydusu programıdır. 23 Temmuz 1972'de Earth Resources Technology Satellite (ERTS-1) adıyla fırlatılan ilk uydunun adı daha sonra Landsat-1 olarak değiştirilmiştir. Son olarak Landsat 9 yörüngeye gönderilmiştir. Landsat gözlem uydularından orman yangınları, kuraklık, kentleşme, iklim değişikliği, arazi kullanım özellikleri, kıyı değişimleri gibi birçok konuda faydalanılmaktadır (Zhao ve Wang, 2024). Araştırmada kullanılan Landsat 7 verileri zamansal çözünürlük olarak 1999 ve 2024 yılları arasında kapsar. NDWI formülündeki Green, Band 2'ye ve NIR Band 4'e karşılık gelir. Data katoloğunun mekânsal çözünürlüğü 30 m'dir. Uydu görüntülerinin geniş zamansal ve mekânsal çözünürlüğü araştırmacılara detaylı saha incelemesi imkanı sunmaktadır.

İzmir Körfezi ve çevresine ait su kirliliğinin incelenmesinde 'GCOM-C/SGLI L3 Chlorophyll-a Concentration (V3)' verileri kullanılmıştır (Murakami, 2020; GCOM, 2024). Su kalitesi ve kirliliğinin tespiti için deniz yüzey tabakasındaki fitoplanktonlarda yeşil pigment konsantrasyonu (klorofil) ortaya konur. Uydu tabanlı gözlemleyici alt sensörlere sahiptir ve 19 farklı kanalda ölçüm yapar. 4638 m mekânsal çözünürlüğe sahip datalar, analizin gerçekleştirildiği tarihte 2022-2024 yılları arasında kapsamaktadır. Verilerde fitoplankton yoğunluğu mg/m<sup>3</sup> birimiyle ifade edilmektedir. Körfez suları sucül ekosistemlere ev sahipliği yaptığı kadar, kıyıda yer alan biyoçeşitlilik açısından da önemlidir. Bu nedenle su kalitesine ait gözlemlerin sürekli olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Araştırma sahasında son olarak gerçekleştirilen analiz gel-git kuşağı ekosistem alanlarının tespitidir. Bu saha, kara ve deniz ekosistemlerinin karşılaşma alanı olduğu için biyoçeşitlilik açısından önemlidir. Ayrıca her iki ekosistem türüne ait canlıları barındırmaktadır. Analizde GEE kütüphanesinde yer alan 'Murray Global Intertidal Change Classification' verileri kullanılmıştır (Murray vd., 2019; Murray vd., 2022). 30 m çözünürlüğe sahip veriler araştırmacılara 1984-2017 yılları arasında inceleme yapma imkanı sunar. Gel-git ekosistemlerinin haritalanmasında kullanılmaktadır. Bu veri kaynağının

Canbulat, N., Coşkun, S. ve Coşkun, M. (2024). İzmir Körfezi'nde ekosistem bütünlüğünü tehdit eden kirlilik ve kıyı değişimi. *Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, 1(1), 63-81.*

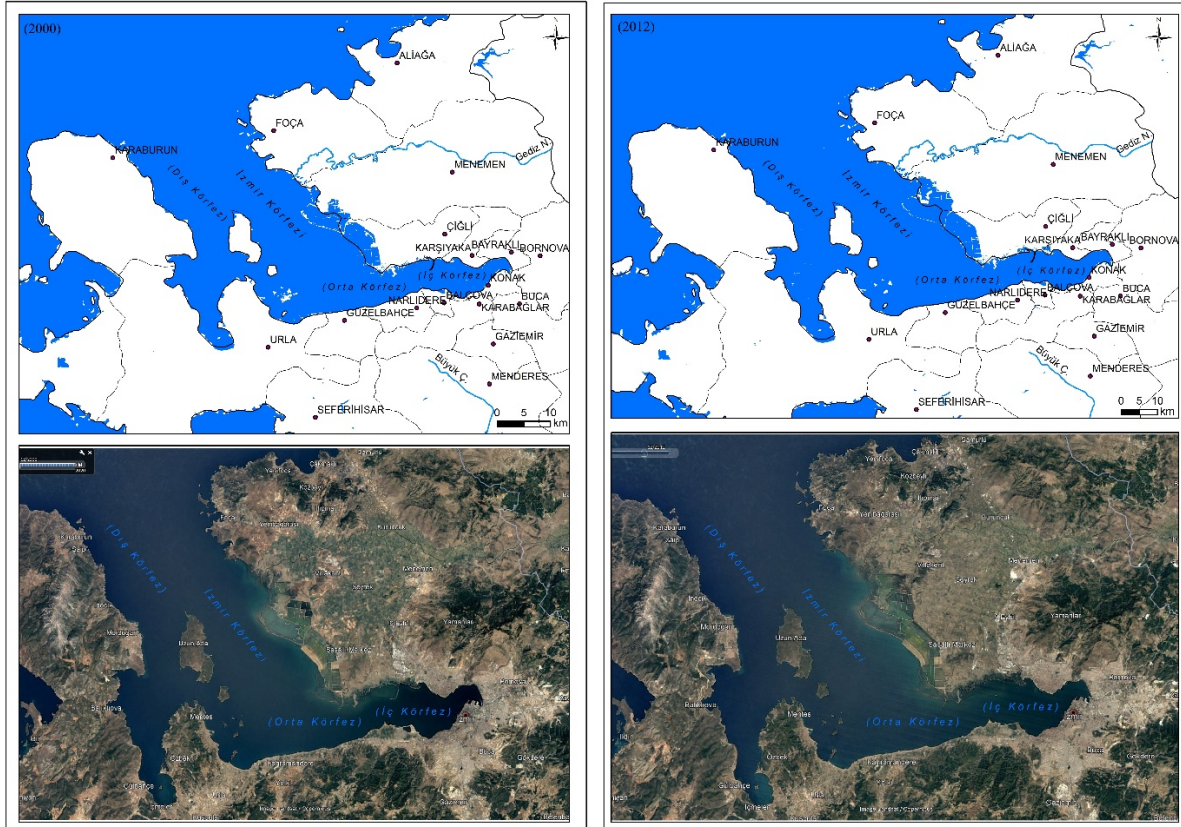




analizlere dahil edilme sebebi hem kıyı kuşağındaki ekosistemlerin yoğunlukta olduğu alanları ortaya koymak hem de NDWI analizleri ile elde edilen bulguların karşılaştırmasını yapmaktır. Çünkü NDWI ve kıyı ekosistemlerini ortaya koyan bu veri katoloğu Landsat verilerine dayanmakta ve temel yaklaşım olarak kıyı kuşağındaki değişimi ortaya koymaktadır.

## Bulgular

Araştırmada kıyı değişimine ait bulgular NDWI analizleri ile ortaya konmaktadır. Kıyı değişimleri tektonik hareketler, iklim değişikliği ile meydana gelen sulardaki genişleme ve beşeri faaliyetler gibi birçok farklı sebeple oluşabilir. İzmir gibi önemli sanayi-yerleşim alanlarında bu değişimlerde beşeri etkinin daha kuvvetli olması muhtemeldir. Alan kazanmak için yapılan dolgular ya da delta alanında hidrolojik ağın değişimine yönelik uygulamalar, kıyı çizgisinde yıllar içerisinde farklılaşmaya sebep olur. Nitekim daha önceki süreçte Karşıyaka ilçesinin batısından körfeze dökülen Gediz Nehri'nin yatağı 1886 yılında dış körfez diye tabir edilen alana yöneltilmiş, böylece iç ve orta körfezin delta toprakları ile kaplanması önlenmiştir. 2000, 2012 ve 2023 yıllarını kapsayan NDWI analizleri karşılaştırmalı olarak incelendiğinde her üç senede de Menemen ve Çiğli ilçelerinin batı kıyıları, iç ve orta körfezin kuzey kıyıları değişimlerden daha fazla etkilenen alanlardır. 2000 ve 2012 kıyı kuşağı karşılaştırıldığında deniz sularının kara yüzeyine doğru bir miktar ilerlediği görülmektedir. NDWI haritalarında Gediz Nehri'nin denize ulaştığı sahadan başlayarak kıyı kuşağı güneye doğru takip edildiğinde bu fark dikkati çeker (Şekil 2 ve 3).



Canbulat, N., Coşkun, S. ve Coşkun, M. (2024). İzmir Körfezi'nde ekosistem bütünlüğünü tehdit eden kirlilik ve kıyı değişimi. *Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, 1(1), 63-81.*



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



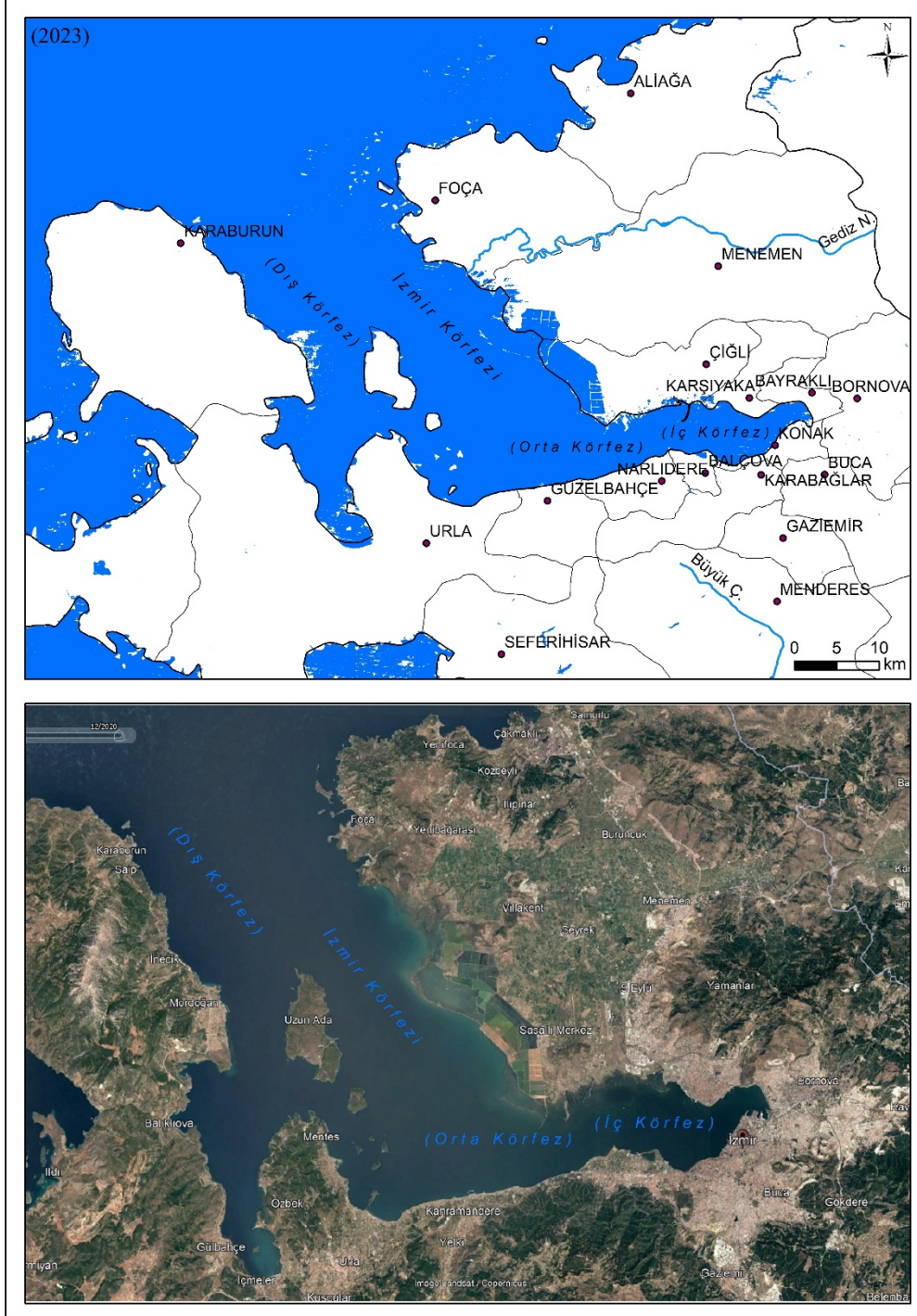
*Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2024), 1 (1), 63-81.*  
*The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2024), 1 (1),*  
*63-81. Araştırma Makalesi / Research Paper*



Şekil 2 ve 3. İzmir Körfezi çevresi 2000 ve 2012 yılları NDWI haritaları ve uydu görüntüleri

Körfeze ait 2023 yılı NDWI analizi incelendiğinde ise kıyı şeridinin denize doğru bir miktar ilerlediği görülse de ilk analiz yılı olan 2000'deki kıyı çizgisi seviyesine kadar ulaşmamıştır. İç körfezin kuzey bölümü, Menemen ve Çiğli ilçelerinin sahil kuşağı (Menemen Ovası, Homa Dalyanı çevre arazisi) yine değişimden en fazla etkilenen alanlardır (Şekil 4).

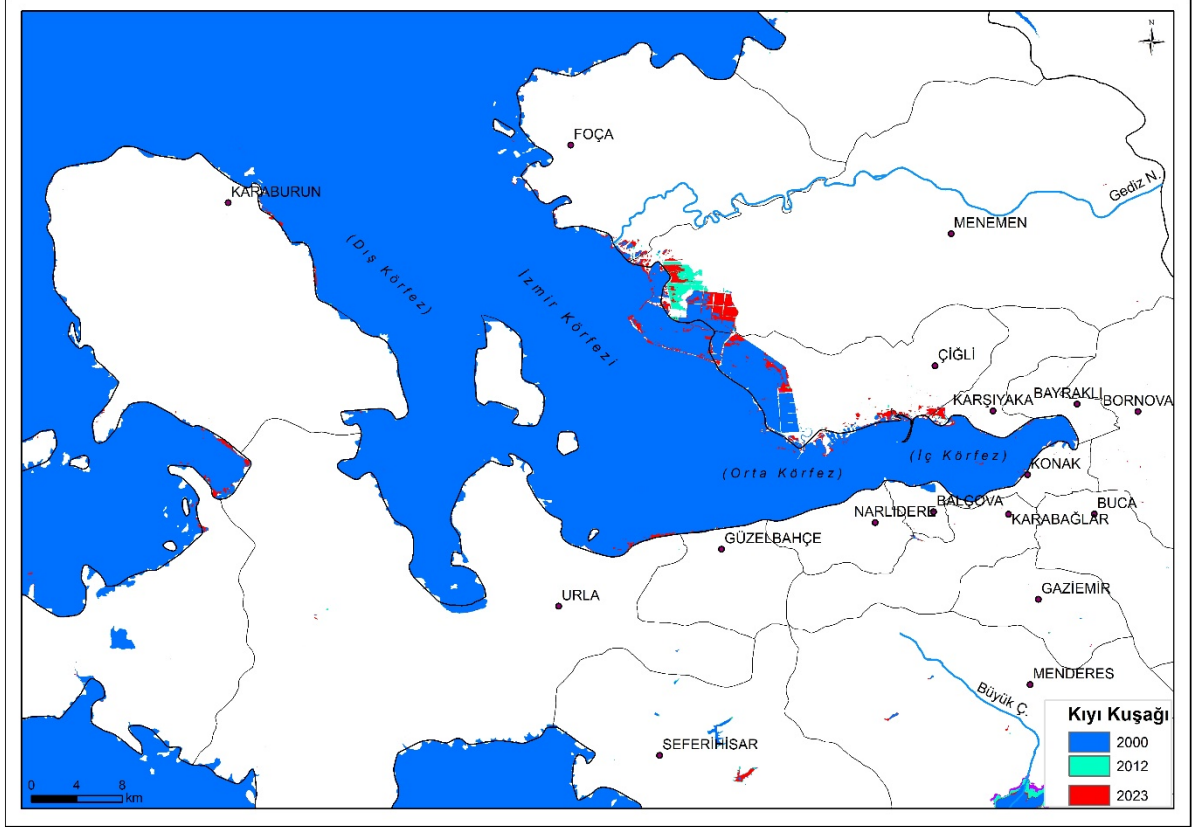




Şekil 4. İzmir Körfezi çevresi 2023 yılı NDWI haritası ve uydu görüntüsü

Kıyı çizgisinde 23 yıllık dönemde meydana gelen değişimleri her üç analizden çıkarıldığı NDWI haritasında görmek mümkündür (Şekil 5).

Canbulat, N., Coşkun, S. ve Coşkun, M. (2024). İzmir Körfezi'nde ekosistem bütünlüğünü tehdit eden kirlilik ve kıyı değişimi. *Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 63-81.



Şekil 5. İzmir Körfezi çevresi 2000-2012-2023 yıllarını kapsayan kıyı şeridi haritası

Araştırma kapsamında kıyı çizgisindeki değişimlerin incelenmesine paralel olarak, bu sahadaki biyoçeşitliliği bünyesinde barındıran gel-git kuşağı ekosistemlerinin analizi de gerçekleştirilmiştir. Bir iç deniz olması sebebiyle Ege kıyılarında gel-git genliği sınırlıdır. Ancak körfez ve delta çevresindeki kıyı bataklık ekosistemleri ve sahip olduğu biyoçeşitlilik, sahil kuşağındaki dar ya da geniş çaplı değişimlerden en fazla etkilenecek alanlardır. Ayrıca 1984-2017 yılları arasında kapsayan ve NDWI analizlerinde olduğu gibi Landsat görüntülerine dayanan gel-git kuşağı ekosistem analizi, araştırmacılara bir nevi kıyı kuşağını görselleştiren NDWI sonuçları için mukayese imkanı tanımaktadır (Şekil 6).

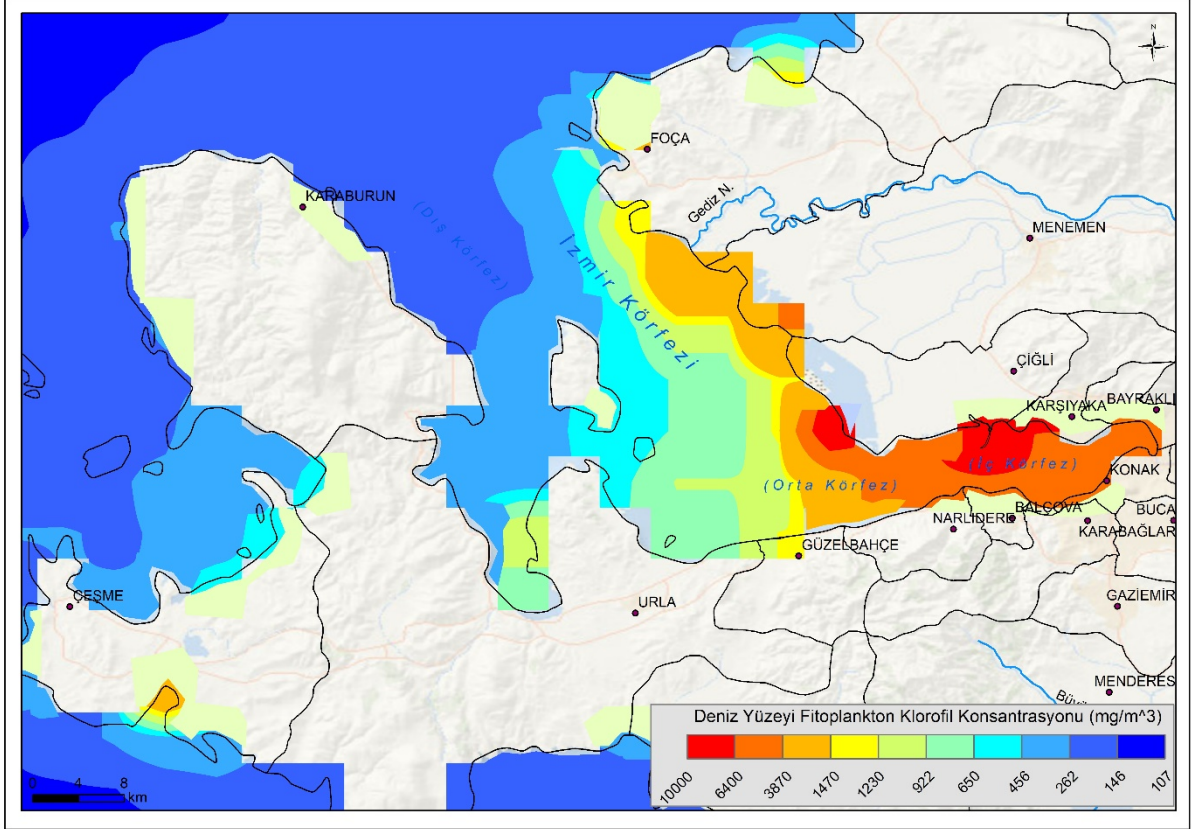




Şekil 6. İzmir Körfezi çevresi gel-git kuşağı ekosistem alanları haritası

Gel-git kuşağı ekosistemlerinin dağılışı incelendiğinde NDWI haritalarına benzer bir yapı göze çarpmaktadır. Gediz'in denize döküldüğü sahadan başlamak üzere güneye doğru dalyan arazisini de içine alan kıyı kuşağı, eski delta arazisi gel-git ekosistemlerinin dağılış alanıdır.

Çalışma alanı için gerçekleştirilen son analiz ise körfez sularının kirlilik düzeyini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Deniz kirliliği geçmişten günümüze İzmir'in en önemli sorunlarından biridir. İstemli ya da istemsiz olarak yerleşmelere ve sanayi kuruluşlarına ait atıklar körfez sularına bırakılmaktadır. Atıkların ve kirliliğin azaltılması adına pek çok proje ve planlama yapılmasına rağmen, istenen düzeyde kalıcı bir başarı henüz elde edilememiştir (Çakmak, 1998; Başkan ve Saygı, 2002). Analiz haritası incelendiğinde körfez trafiğine, sanayi faaliyetlerine ve yerleşmelere bağlı olarak en yoğun kirliliğin görüldüğü saha iç körfezin bulunduğu alandır (Şekil 7). Orta körfez ve onun kuzeyine doğru uzanan sahil kuşağı, kirliliğin yoğun olarak hissedildiği diğer sahadır. Karaburun kıyıları ve dış körfez, yaşanan kirlilikten daha az etkilenmektedir.



Şekil 7. İzmir Körfezi çevresi deniz yüzey kirliliği haritası

## Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Araştırmada Türkiye'nin önemli yerleşim, sanayi ve ticaret alanlarından biri olan İzmir Körfezi çevresinde ekosistem bütünlüğünü tehdit eden kirliliğin ve kıyı değişimlerinin ortaya konması hedeflenmiştir. Çalışma amacı doğrultusunda sahaya ait NDWI, gel-git kuşağı ekosistem alanları ve deniz yüzeyi kirliliği analizleri gerçekleştirilmiştir. Deniz yüzey kirliliği analizleri GCOM verilerine dayanırken, kıyı değişimi ve gel-git kuşağı tespitinde Landsat görüntüleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre eski Gediz deltasını oluşturan Karşıyaka ilçesinin batı bölümü, Çiğli ilçesinin sahil kuşağı, Menemen Ovası'nın batısı ve Gediz'in denize ulaştığı arazi ile bu sahanın güneyi kıyı değişimlerinden en fazla etkilenen alanlardır. Bu araziler önemli bataklık ve deniz ekosistemlerinin yaşam sahalarıdır. Homa Dalyanı, Süzbeyleli, Sasalı gibi zengin biyoçeşitliliğe sahip ekolojik ortamlar bu kuşak içerisinde yer alır. 2000-2012 yılları arasında doğal ve beşeri etkilere bağlı olarak kıyı çizgisi kara içerisine doğru değişim göstermiştir. 2012 NDWI analizinde, Gediz Nehri'nin güneyinden Çiğli ilçesinin kıyılarına kadar olan sahada değişimi görmek mümkündür. 2023 yılında ise değişim, denizin gerilemesi şeklinde meydana gelmiştir. Ancak 2000 yılı kıyı kuşağı seviyesine kadar bir çekilme oluşmamıştır. Sahil kuşağındaki bu değişimden en fazla etkilenen arazi, yine bataklık ekosistemlerinin yaygın olduğu topraklardır.



Gel-git kuşağı ekosistemlerinin dağılış analizi, sahadaki bataklık ve biyoçeşitliliğin yaşam ortamlarını görselleştirmek adına önemlidir. Ayrıca kıyı değişimlerini gösteren NDWI sonuçları için de önemli bir mukayese aracı oluşturur. İzmir Körfezi kıyıları, deniz kenarındaki tatlı ve tuzlu su bataklıkları ile Gediz Nehri boyunca uzanan iç tatlı su bataklıkları gibi pek çok farklı yaşam ortamını bünyesinde barındırır. Göçmen kuşlar ve diğer canlılar için önemli barınak ve yuvalanma sahalarıdır. Bu kuşak yaşanacak kıyı erozyonunu yavaşlatır. Taşkın suları için birikim alanı oluşturur. Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre iç körfezin kuzey kıyıları, Menemen ve Çiğli ilçelerinin sahil kuşağı, Gediz Nehri'nin denize döküldüğü alanın güneyi gel-git kuşağı ekosistemlerinin dağılış alanıdır. Bu sonuç kıyı çizgisi değişim çıktıları ile de örtüşmektedir. Tespit edilen alanda, daha önce de bahsedilen ve koruma altında olan birçok ekolojik ortam bulunur.

2022-2024 yılları arasını kapsayan ve körfez çevresinde deniz kirliliğinin değerlendirildiği analiz, araştırmamızın son çıktısını oluşturmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre iç körfez, orta körfezin büyük bölümü, Foça ilçesi güney kıyılarından başlamak üzere güneye doğru uzanan sahil şeridi kirliliğin en yüksek düzeyde olduğu alanlardır. Dış körfezde ise kirlilik oranı daha düşüktür. Yoğun beşeri faaliyetler körfez sularında meydana gelen kirliliğin asıl sebebidir. Deniz suyu kalitesinin en düşük olduğu saha, aynı zamanda gel-git genliği ekosistemlerinin en yoğun olduğu sahil kuşağıdır. Dolayısıyla oluşan kirlilikten insanlar ve deniz canlıları kadar, bu alanda bulunan diğer bataklık ve tatlı su ekosistemleri de etkilenmektedir.

İzmir Körfezi gibi yüksek biyoçeşitliliğe sahip ve yoğun beşeri etkiye açık alanlarda, insani baskının azaltılmasına yönelik çalışmalar her zaman yürütülmektedir. Konu ile ilgili alan yazın incelendiğinde körfez ile ilgili uygulamalar Gediz Nehri'nin yatağının değiştirildiği tarihe kadar uzanır. Günümüze yakın tarihlerde ise Çakmak (1998), İzmir Körfezi'ne bırakılan kirli suların arıtıldığı bir tesis projesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Yapılacak projenin hem insan sağlığı hem de körfez ekosistemleri için hayati olduğu dile getirilmiştir. Benzer şekilde Başkan ve Saygı (2002), İzmir Körfezi'ndeki kirliliği istatistiksel bir modelleme ile incelemişlerdir. Çalışmada beşeri faktörlerin yanında körfezin coğrafi yapısı ve özelliklerinin de (rüzgar hızı ve yönü, akıntılar, gel-git genliği gibi) kirlilikte etkili olduğu açıklanmıştır. Geçmişe dayanan bu iki çalışmanın çıktıları araştırma bulguları ile örtüşmektedir. Ancak geçen yaklaşık 20-25 yıllık süreçte yaşanan kirliliğin çözümüne yönelik adımların yetersiz olduğu görülür. Uzun süre varlığını koruyan bu sorunun, ekosistemlerin barındırdığı canlılar üzerinde baskı oluşturması ve tür-birey sayısında azalmaların görülmesi muhtemeldir. Yılmaz ve Erdem (2011), Gediz deltasını uzaktan algılama yöntemleri ile alan kullanımı açısından incelemişlerdir. Çalışmalarında sahanın birçok lagüne, tatlı ve tuzlu su bataklığına, kuşlar için önemli yuvalanma alanlarına sahip olduğunu dile getirmişler; flora ve fauna açısından zengin tür çeşitliliğine sahip bu arazilerde uzman görüşüne dayalı bir planlamanın gerekli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Uluturhan Süzer vd. (2016), Gediz deltası dalyan alanlarındaki (Kırdeniz, Homa, Çilazmak dalyanları ve Çamaltı tuzlası) kirliliği değerlendirdikleri araştırmalarında yüzey sedimentlerinde ağır metal birikimi tespit etmişlerdir. Bu durumun kıyı ekosistemlerinin varlığını tehlikeye attığı muhakkaktır. Güçlüsoy (2018), İzmir Körfezi'nin deniz ve kıyı koruma alanlarını incelediği çalışmada gel-git kuşağı ekosistemlerinin bulunduğu Gediz deltası, Homa dalyanı ve İzmir kuş cenneti gibi alanların Ramsar Sözleşmesi'ne bağlı olarak koruma altında olsa dahi, sahalarda yönetimsel bir uygulamanın eksik olduğunu vurgulamıştır. Araştırma sahası ile ilgili tüm bu çalışmaların ortak çıktısı, beşeri faaliyetlere bağlı olarak kirliliğin var olduğu ancak daha önce de





DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



*Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi, (2024), 1 (1), 63-81.*  
*The Journal of Thematic Research in Educational Sciences, (2024), 1 (1),*  
*63-81. Araştırma Makalesi / Research Paper*



Sayfa | 78

belirtildiği gibi geçen yıllar boyunca ciddi bir planlamanın yapılamadığıdır. Uzaktan algılama yöntemleri hem kıyı değişimlerinde hem de bu değişimlere bağlı olarak yaşanabilecek ekosistem kayıplarında önemli bilgileri kısa süre içerisinde elde etmemizi sağlamakta ve alınması gereken önlemler için zaman kazandırmaktadır. Xu (2006), Uzun ve Özcan (2016), Zhao ve Wang (2024), Liu vd. (2024), Coşkun ve Minaz (2024) uydu verilerini kullanarak göl ve deniz kıyı değişimi ile ilgili araştırmalar yapmışlardır. Bu çalışmaların temel amacı seviye değişimlerinin olası etkilerini ortaya koymak ve ilerleyen sürece yönelik öngörü sağlamaktır. Yapılan bu çalışmada da asıl amaç, kıyı değişimi ile ilgili teorik sayısal sonuçlar ortaya koymaktan öte, sahadaki biyoçeşitliliğin yaşam alanlarının korunmasını sağlamaktır. Bu bakımdan uzaktan algılama teknolojilerinin saha gözlemlerine yardımcı olarak kullanılması yapılacak planlamalarda önemli fayda sağlayacaktır. Ayrıca 2000’li yıllardan günümüze, körfez çevresi ile ilgili sürdürülebilir bir planlamanın yapılamamış olmasının nedenleri üzerine incelemelerin yapılması gerekir. Ekosistemler ortadan kalktığında eski şartlar yeniden sağlansa dahi, geri döndürülmesi çok zor olan doğal ortamlardır. İzmir Körfezi sulak alanları; Silifke ve Bafra deltaları, Sultan sazlığı, Manyas kuş cenneti gibi Türkiye’nin önemli miktarda tür çeşitliliğine sahip noktalarındandır. Bu nedenle farklı tekniklere dayalı araştırmalar ile sürekli olarak gelişimi gözlemlenmelidir.





## Kaynakça

- Akengin, H., Dölek, İ., ve Sekin, S. (2015). Türkiye'nin denizleri ve kıyıları (H. Akengin ve İ. Dölek, eds.). Ankara: Pegem Akademi. <https://doi.org/10.14527/9786053180647.11>
- Ayek, A. A., ve Zerouali, B. (2025). Monitoring temporal changes of the Qattinah Lake surface area using Landsat data and Google Earth Engine. *DYSONA - Applied Science*, 6(1), 126–133. <https://doi.org/10.30493/das.2024.476854>
- Aziz, F., Wang, X., Qasim Mahmood, M., ve Guild, R. (2024). Wastewater flooding risk assessment for coastal Communities: Compound impacts of climate change and population growth. *Journal of Hydrology*, 645, 132136. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132136>
- Başkan, O., ve Saygı, H. (2002). İzmir Körfezi'ndeki kirliliğin istatistiksel bir modelle incelenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19(19 (1-2)), 133–145.
- Burke, L., Kura, Y., Kassem, K., Revenga, C., Spalding, M. ve McAllister, D. (2001). Pilot analysis of global ecosystems /Coastal Ecosystems. World Resources Institute. All rights reserved. Washington, DC.
- Caporizzo, C., Gionta, A., Mattei, G., Vacchi, M., Aiello, G., Barra, D., ... Aucelli, P. P. C. (2024). Investigating Holocene relative sea-level changes and coastal dynamics in the mid-Tyrrhenian coast, Italy: An interdisciplinary study. *Quaternary International*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.quaint.2024.08.009>
- Chanyal, P. C., ve Purohit, S. (2024). A Geospatial analysis of climate change Impacts: relationship of normalized difference water index (NDWI and land surface temperature (LST) in Kumaun Himalaya. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4490692/v1>
- Coşkun, M., ve Minaz, D. (2024). Suğla Gölü (Konya) alansal değişiminin (1984/2022) uzaktan algılama ve CBS teknikleriyle analizleri. *International Journal of Geography and Geography Education*, (52), 141–158. <https://doi.org/10.32003/igge.1403272>
- Çakmak, F. (1998). İzmir körfezinin kurtuluşu, Atık sı arıtma tesisi hizmete giriyor. 2. *Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu*.
- Domej, G., ve Pluta, K. (2024, October 9). *CataEx: How to quickly start the Google Earth Engine with JavaScript?* Bishkek, Kyrgyzstan: Congress of the CAIAG 20th anniversary - Past achievements and future challenges of applied geosciences in Central Asia.
- Gazioglu, C., Simav, O., Seker, D., ve Tanik, A. (2015). Kıyı ekilenebilirlik göstergesi ile Türkiye kıyıları risk alanlarının tespiti. *Harita Dergisi*, 153, 1–8.
- GCOM (2024). GCOM-C/SGLI L3 Chlorophyll-a concentration (V3). Retrieved October 10, 2024, from [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/JAXA\\_GCOM-C\\_L3\\_OCEAN\\_CHLA\\_V3](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/JAXA_GCOM-C_L3_OCEAN_CHLA_V3)
- Gomes da Silva, P., Jara, M. S., Medina, R., Beck, A.-L., ve Taji, M. A. (2024). On the use of satellite information to detect coastal change: Demonstration case on the coast of Spain. *Coastal Engineering*, 191, 104517. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2024.104517>
- Güçlüsoy, H. (2018). İzmir Körfezi'nin deniz ve kıyı koruma alanları. In A. Filibeli & G. Gier Yücel (Eds.), *Akdeniz'in Kıyısında İzmir Körfezi* (1., pp. 43–51). İzmir: İzmir Akdeniz Akademisi.
- Güngör, O., ve Tokgöz, G. (2023). Kentsel kıyı alanlarının jeomorfolojik yaklaşımla incelenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı: İskenderun Örneği TT - Use of Geographical Information Systems in Geomorphological Analysis of Urban Coastal Areas: The Case of Iskenderun. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8(3), 507–514. <https://doi.org/10.35229/jaes.1351828>
- Husin, R., Papilaya, P., ve Latuamury, B. (2024). *Karakteristik indeks air Menggunakan normalized difference water index (NDWI) Pada DAS Negeri Rutong Kota Ambon Water index characteristics using the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Rutong State Watershed of Ambon City*. 2, 13–29.
- Kong, F., ve Cui, W. (2024). Spatial-temporal evolution and drivers of ecological sustainability of coastal fisheries in China. *Ocean & Coastal Management*, 258, 107403. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107403>
- Canbulat, N., Coşkun, S. ve Coşkun, M. (2024). İzmir Körfezi'nde ekosistem bütünlüğünü tehdit eden kirlilik ve kıyı değişimi. *Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 63-81.



- Kuru, H. (2013). *İzmir Körfezi kıyı şeridinde yapılan amatör balıkçılığın sosyo-ekonomik değerlendirmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Laino, E., Toledo, I., Aragonés, L., ve Iglesias, G. (2024). A novel multi-hazard risk assessment framework for coastal cities under climate change. *Science of The Total Environment*, 954, 176638. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176638>
- Landsat (2024). USGS Landsat 7 Collection 2 Tier 1 TOA Reflectance. Retrieved October 20, 2024, from [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT\\_LE07\\_C02\\_T1\\_TOA](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LE07_C02_T1_TOA)
- Liu, Y., Feng, J., Cheng, Q., Tsou, J. Y., Huang, B., Ji, C., ... Zhang, Y. (2024). Investigating spatiotemporal coastline changes and impacts on coastal zone management: A case study in Pearl River Estuary and Hong Kong's coast. *Ocean & Coastal Management*, 257, 107354. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107354>
- Majewski, L. (2024). Economic impact analysis of nature tourism in protected areas: Towards an adaptation to international standards in German protected areas. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 45, 100742. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jort.2024.100742>
- McFeeters, S. K. (1996). The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. *International Journal of Remote Sensing*, 17, 1425–1432. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Murakami, H. (2020). *ATBD of GCOM-C chlorophyll-a concentration algorithm*.
- Murray, N. J., Phinn, S. P., Fuller, R. A., DeWitt, M., Ferrari, R., Johnston, R., ... Lyons, M. B. (2022). High-resolution global maps of tidal flat ecosystems from 1984 to 2019. *Scientific Data*, 9(1), 542. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01635-5>
- Murray, N. J., Phinn, S. R., DeWitt, M., Ferrari, R., Johnston, R., Lyons, M. B., ... Fuller, R. A. (2019). The global distribution and trajectory of tidal flats. *Nature*, 565(7738), 222–225. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0805-8>
- Nurdiansyah, S., Helena, S., ve Warsidah, W. (2023). Utilization of Landsat 8/ETM+ and Google Earth Engine Images for coastal identification in Sungai Nibung Village, Kubu Raya Regency, West Kalimantan. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 12, 36–42. <https://doi.org/10.35800/jip.v12i1.52191>
- Özçelik, M. (2017). Kıyı alanlarının kullanılmasında kıyı kenar çizgisinin önemi: Eğirdir yerleşim alanı örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 595–600. <https://doi.org/10.21923/jesd.350289>
- Perez Cutillas, P., Pérez-Navarro, A., García, C., Zema, D., and Álvarez, J. (2023). What is going on within google earth engine? A systematic review and meta-analysis. *Remote Sensing Applications Society and Environment*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100907>
- Qin, X., Yang, Q., ve Wang, L. (2024). The evolution of habitat quality and its response to land use change in the coastal China, 1985–2020. *Science of The Total Environment*, 952, 175930. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175930>
- Syvitski, J. P. M., Harvey, N., Wolanski, E., Burnett, W. C., Perillo, G. M. E., Gornitz, V., ... Yim, W. W.-S. (2005). *Dynamics of the coastal zone BT - coastal fluxes in the anthropocene: The land-ocean interactions in the Coastal Zone Project of the International Geosphere-Biosphere Programme* (C. J. Crossland, H. H. Kremer, H. J. Lindeboom, J. I. Marshall Crossland, & M. D. A. Le Tissier, Eds.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/3-540-27851-6\\_2](https://doi.org/10.1007/3-540-27851-6_2)
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., and Brisco, B. (2020). Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164, 152–170. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001>
- Teng, J., Xia, S., Liu, Y., Yu, X., Duan, H., Xiao, H., and Zhao, C. (2021). Assessing habitat suitability for wintering geese by using Normalized Difference Water Index (NDWI) in a large floodplain wetland, China. *Ecological Indicators*, 122, 107260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107260>
- Turoglu, H. ve Duran, A. (2021). Filyos Çayı Deltasında (Karadeniz) Kıyı çizgisi değişiklikleri ve yakın geleceğe
- Canbulat, N., Coşkun, S. ve Coşkun, M. (2024). İzmir Körfezi'nde ekosistem bütünlüğünü tehdit eden kirlilik ve kıyı değişimi. *Eğitim Bilimleri Tematik Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 63-81.



- yönelik göstergeler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 61–74. <https://doi.org/10.17211/tcd.1016928>
- Ülger, M. ve Tanrıvermiş, Y. (2023). Prevention of the effects of coastal structures on shoreline change using numerical modeling. *Ocean & Coastal Management*, 243, 106752. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106752>
- Uluturhan Süzer, E., Konaş, A., ve Yılmaz, E. C. (2016). Gediz Deltası dalyan alanlarının (İzmir Körfezi) yüzey sedimentlerinde ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 32(2), 79–87. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2015.32.2.04>
- Uzun, M., ve Özcan, S. (2016). Solaklı Dere – İyidere Arasında (Trabzon / Of) kıyı kullanımının zamansal değişimi ve sürdürülebilir yönetimi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 21(35), 175–196. <https://doi.org/10.17295/dcd.61537>
- Xu, H. (2006). Modification of normalized difference water index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>
- Yılmaz, O. ve Erdem, Ü. (2011). Gediz Deltası'nın uzaktan algılama teknikleri uygulanarak alan kullanım kararları üzerine araştırmalar. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1), 53–63. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf/issue/19043/201417>
- Zhao, B., ve Wang, L. (2024). Surface water monitoring from 1984 to 2021 based on Landsat time-series images and Google Earth Engine. *Heliyon*, 10(17), e36660. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36660>