



Received: 4 July 2023 | Revised: 29 August 2023 | Accepted: 31 August 2023

GEDİZ DELTASI SULAK ALANI BOYUNCA KIYI ŞERİDİ EVRİMİ VE EROZYON HASSASİYETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Assessment of Shoreline Evolution and Erosion Sensitivity Along the Gediz Delta Wetland

Şermin TAĞIL*

İzmir Bakırçay Üniversitesi,
İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi,
Coğrafya Bölümü
İzmir-Türkiye
sermin.tagil@bakircay.edu.tr

Çağan ALEVKAYALI

Süleyman Demirel Üniversitesi,
Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü
Isparta-Türkiye
caganalevkayali@sdu.edu.tr

Berkay AYTan

İzmir Bakırçay Üniversitesi,
İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi,
Coğrafya Bölümü
İzmir-Türkiye
berkay.aytan@bakircay.edu.tr

Abstract

Deltas, which are produced as a result of the buildup of material transported by rivers, are the primary reservoirs of terrestrial sediment flow, biologically significant ecosystems, and significant morphological units that filter and lessen the impact of pollutants coming from the upstream. In this study, it is aimed to reveal the change in the shoreline of the Gediz River Delta wetland during the 1989-2022 period by using the GIS-based *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). In order to achieve these goals, it is important to understand how the Delta's shoreline has changed over the last 34 years, forecast how the coast will move in the future, and identify any potential impacts on the coastal ecology. The shoreline was identified using Landsat images with a 30 meter resolution from the summers of 1989, 2000, 2011, and 2022. At first, the Normalized Difference Water Index (NDWI) was used to identify shorelines as a boundary between land and water. After that, Shoreline Change Envelope, Net Shoreline Movement, End Point Rate and Linear Regression Ratio indicators were computed to identify shoreline changes like erosion and accumulation processes with DSAS. Additionally, the future positions of the shorelines for 2032 and 2042 were estimated in accordance with the sedimentation dynamics modeled by considering 10-year periods. As a result, it was determined that the wetland of the Gediz Delta was generally exposed to sea intrusion and the barrier splits and bay barriers were destroyed during the research period. The Ragıp Paşa fishing weir, Kirdeniz and Cilazmak lagoons were indicated to have the largest coastline regression against land. According to the findings, the delta's wetlands would see localized coastal erosion disturbance in the years to come if the current situation is not changed. Strong coastal erosion near the northern coast of Gediz Delta, as seen in the study's findings, indicates that the volume of water and sediment entering the delta has reduced. The findings of this study will aid in the development of future policy guidelines by encouraging a thorough and systematic strategy to prevent further deterioration of priceless ecological assets in the coastal area of the Gediz Delta.

Keywords: Accumulation, DSAS, Erosion, Gediz Delta Wetland, Shoreline Change

Öz

Akarsuların taşıdıkları alüvyonları biriktirmesi sonucunda oluşan deltalar, su ortamındaki karasal tortuların depolanma alanı olan, kıyı ekosisteminin öğelerinden birini oluşturan ve üst çığırda gelen kirliliği filtreleyen önemli jeomorfolojik birimlerdir. Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı Sayısal Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi (DSAS) kullanılarak 1989-2022 döneminde Gediz Nehri Deltası sulak alanının kıyı çizgisindeki değişimin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda deltanın son 34 yıldaki kıyı çizgisi değişiminin ortaya konması, geleceğe yönelik kıyı hareketleri üzerine tahminlerin yapılması ve değişimin kıyı ekosistemi üzerindeki muhtemel etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Kıyı çizgisinin saptanması 1989, 2000, 2011 ve 2022 yaz dönemine ait 30 metre çözünürlükte Landsat görüntüleri kullanılmıştır. İlk olarak, Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI) kullanılarak kara ve su arasındaki arayüz olarak kıyı çizgileri elde edilmiştir. Daha sonra, DSAS ile erozyon ve birikme süreçleri gibi kıyı şeridi değişikliklerini belirlemek için Kıyı Çizgisi Değişim Belirteci, Son Nokta Oranı, Doğrusal Regresyon Oranı ve Net Kıyı Çizgisi Hareketi göstergeleri hesaplanmıştır. Ayrıca, 10 yıllık dönemlerin dikkate alınarak modellenen sedimantasyon dinamiklerine uygun olarak 2032 ve 2042 için kıyı çizgilerinin gelecekteki konumları tahmin edilmiştir. Sonuç olarak, araştırma dönemi boyunca Gediz Deltası sulak alanının genel olarak deniz tarafından örtüldüğü ve kıyı okları ile kıyı kordonlarının yok olduğu tespit edilmiştir. Deniz aşındırması nedeniyle kıyı çizgisinin karaya doğru ilerleyişinin Ragıp Paşa Dalyanı, Kirdeniz ve Cilazmak lagünleri çevresinde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, şartlar değişmediği takdirde, gelecek yıllarda da deltadaki sulak alanların yerel düzeyde kıyı erozyonu ile karşı karşıya kalacağını göstermiştir. Çalışmanın sonuçlarında gözlenen güçlü aşınma ile meydana gelen kıyı erozyonunun özellikle Gediz Deltasının kuzey kıyısında olması, deltaya gelen su ve sediman miktarının azaldığını göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçları, Gediz Deltası kıyı bölgesindeki değerli ekolojik kaynakları daha fazla bozulmadan korumak için kapsamlı ve sistematik bir yaklaşımı teşvik ederek gelecekteki politika yönergelerini oluşturmaya yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Birikim, DSAS, Erozyon, Gediz Deltası Sulak Alanı, Kıyı Çizgisi Değişimi

1. GİRİŞ

İlk olarak MÖ 5. yüzyılda Herodot tarafından Nil Nehri'nin ağzındaki üçgen şekilli bölümü tanımlamak için kullanılan delta terimi, akarsuların malzeme taşıyarak oluşturduğu ve sürekli bir deniz aşındırmasına maruz kalan kıyıya yakın alanları ifade etmektedir (Penland & Kulp, 2005). Kıyı bölgeleri, litosfer, hidrosfer ve atmosfer arasındaki arayüz olup; karmaşık dinamik etkileşim altında, durağan olmayan jeomorfolojik alanlardır (Absalonsen & Dean, 2011). Önemli morfolojik birimlerden olan delta kıyıları, sulak alanların bulunduğu, denizel, kıyısal ve karasal etkileşimin fazla olduğu ve çevresel hassasiyetin yüksek olduğu ortamlardır (Gaglio vd., 2017). Bu alanlarda akarsuların getirdiği alüvyonlar birikim ve deniz tarafından gerçekleşen aşınma sürecinde bağlı olarak, delta kıyılarında kıyı çizgisinin konumu sıklıkla değişmektedir. Normal şartlarda delta oluşumu ve gelişimi güncel akarsu, deniz ve rüzgâr dinamiklerinden etkilenmektedir. Dalgalar ve akıntuların hem aşındırıcı hem de aşındırılmaları malzemeyi farklı bir yerde biriktirmesi delta şekillendirmektedir. Akarsu ile denize ulaşan malzemenin kıyılardaki yapıcı etkisi kıyı okları, kıyı kordonları, lagünleri ve marşları oluştururken; kıyı erozyonunun yıkıcı etkisi kıyı oklarını ve kordonlarını ortadan kaldırmaktadır (Erinç, 2001). Hem doğal hem de antropojenik faktörlerin etkisi altında birikim ve erozyon süreçleri bozulmakta ve kıyılarda değişim meydana gelmektedir (Leatherman vd., 2000; Hall vd., 2011). Anthony ve diğerlerinin (2006) de vurguladığı gibi dünya kıyılarının %70'inden fazlası aktif erozyondan etkilenmektedir. Oysa kıyıda bulunan sulak alanlar, ekosistem için ayrı önemi olan biyoçeşitlilik sıcak noktaları olup, çok sayıda türe ev sahipliği yapmaktadır (Martínez-Megías & Rico, 2022).

Kıyılarda değişime neden olan antropojenik müdahaleler; liman inşaatı, barajlar, dere yatağında kum madenciliği ve sahil projeleri gibi delta gelişiminde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Dillenburg ve diğerleri (2004) tarafından yapılan çalışmada, antropojenik faktörlerin kıyıda negatif tortu bütçesine neden olduğu vurgulanmıştır. Özellikle nehirler üzerinde bulunan barajların tortul arzı dramatik bir şekilde azaltması, delta alanlarında kıyı şeridinin geri çekilmesine neden olmaktadır (Hall vd., 2011; Bombino vd., 2022). Nehirlerin üzerine kurulan barajlar, akarsu debisini azaltarak, sediman taşıma kapasitesinin düşmesine ve nehrin ağız kısmında tortu girdisinin çökme ve aşındırma hızından daha az olmasından dolayı deltanın büyümesi durmaktadır (Wolanski & Hopper, 2022). Ekosistem üzerindeki bu etkilerinin yanında barajlar, akış yönündeki suyun azalması nedeniyle besin ortamı yani substrat tuzluluğunu artırmakta, yeraltı suyu seviyesini düşürmekte ve temiz suyu olarak kullanılamaz hale getirmektedir (Rosenberg vd., 2000). Doğal faktörler de deniz seviyesinde, dalga hareketinde, fırtına dalgalanmalarında ve karasal sediman girdisinde değişikliklere neden olmaktadır (Nerem vd., 2018; Gao vd., 2023). Bahsedilen kıyı değişimleri, biyoçeşitlilik üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı gibi, ekonomik amaçlar ile inşa edilen yapıların ve tarım arazilerinin de zarar görmesine neden olmaktadır (Xue vd., 2009; Neumann vd., 2015).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli için hazırlanan, 2001 İklim Değişikliği Raporunda, kıyı ekosistemlerinin öneminden ve bu alanlarda gerçekleşebilecek olumsuzluklardan söz edilmektedir (McLean vd., 2001). Ayrıca Birleşmiş Milletler'in (2015) sürdürülebilirliği temel alan 2030 ajandasında, pek çok konuda yeni amaçlar belirlenmekle beraber, kıyı ekosistemlerinin korunmasına ve sürdürülebilir yönetimine de dikkat çekilmektedir. İnsan açısından çok önemli işlevleri olan ve birçok canlıya yaşam alanı sunan kıyı ekosistemleri, aynı zamandan çok kırılgan bir yapıya sahiptir (Vörösmarty vd., 2009). Kıyı ekosistemlerinin önemine dair artan farkındalık, bu alanlar üzerindeki baskıların azaltılmasını sağlayacak mekânsal önlemlerin tartışılmasına yönelik gündem oluşmasına yol açmıştır (Ozturk & Sesli, 2015). Atik ve Yılmaz (2022) tarafından vurguladığı gibi kıyıların çoğu bölümünde yapılan büyük müdahaleler nedeniyle, kıyı alanının sürdürülebilirliğini sağlamak için etkili uzun vadeli izleme, planlama ve yönetim planlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Öncelikli olarak da bu planların temelinde, kıyı çizgisi hareketlerinin belirlenmesi yer almaktadır (Maiti & Bhattacharya, 2009).

Kıyı ekosistemlerinin yönetimi ve kıyı çizgilerinin doğal veya insan kaynaklı değişimlerinin incelenmesinde Uzaktan Algılama ve CBS tekniklerinden yararlanılmaktadır (Li vd., 2001; Kuleli vd., 2011; Kankara vd., 2015; Nandi vd., 2016; McCarthy vd., 2017). Çok spektrumlu uydu görüntüleri, kara ve su yüzeylerinin ayırt edilebilmesi için kullanılabilir (Gao, 1996; McFeeters, 1996). Avantajları sebebiyle uydu görüntüleri üzerinden kıyı çizgilerinin haritalanması, literatürde tercih edilen bir yöntemdir (Durduran, 2010; Cui & Li, 2011). Kıyıda değişimleri izlemek, geleceğe yönelik tahminde bulunmak ve kıyı ekosistemlerine yönelik planlamalar yapabilmek için farklı zamansal ölçeklerde kıyı çizgilerinin modellenmesi önemlidir (Miller & Dean, 2004). Kıyı çizgisi değişimi, Sayısal Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi (Digital Shoreline Analysis System- DSAS) yazılımı kullanılarak izlenebilmektedir (Thieler vd. 2017). DSAS, kıyı şeridi değişikliklerinin izlenmesi, değişikliklerin haritalanması ve kıyı şeridinin erozyon ya da birikme eğilimlerinin

değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Montreuil & Bullard, 2012; Hapke vd. 2013; Jabaloy-Sánchez vd., 2014; Patel vd. 2021). DSAS ile gelecekteki eğilimlerin bir göstergesi olarak, önceki değişim oranı eğilimlerini kullanarak kıyı şeritlerinin davranışı tahmin edilebilmektedir. Türkiye’de özellikle delta oluşumları çerçevesinde DSAS aracından yararlanılarak Filyos Deltası (Turoğlu & Duran, 2021), Göksu Deltası (Kılar & Çiçek, 2018), Küçük Menderes Deltası (Akdeniz, 2021), Meriç Deltası (Kılar, 2023), Göksu, Kızılırmak, Yeşilirmak ve Yumurtalık Deltaları (Kuleli vd., 2011) için kıyı çizgisi değişimi çalışmaları yapılmıştır.

Gediz Deltası, Türkiye’de korunma altına alınmış toplam 14 adet Ramsar alandan biridir (Kuleli vd., 2011). Gediz Deltası’nın güneybatısı 1982 yılından beri koruma alanı olmakla birlikte 1998’de Ramsar alanı ilan edilmiş ve 1999 yılında 1. derece doğal sit alanı olmuştur (Meriç & Çağırnkaya, 2013). Bu özelliği ile Gediz Deltası, Türkiye’nin önemli sulak alanlardan biri olma özelliğine sahiptir. Gediz Deltası’nda yapılan daha önceki çalışmalarda delta ovasında önemli arazi kullanımı değişiklikleri olduğu belirlenmiştir (Alevkayalı & Tağıl, 2018; Tağıl & Aytan, 2022). Ege Denizi kıyılarındaki önemli sulak alanlardan biri olan Gediz Deltası kıyı çizgisi değişiminin incelenmesi ve arazideki kayıp miktarlarının belirlenmesi, erozyon ve birikme arasındaki dengenin belirlenmesi açısından önemlidir. Kıyı boyunca uzanan tuzlu bataklıkların durumunda değişime neden olan erozyon, bu değerli ekosistemlerin ekolojik açıdan zarar görmesine yol açmaktadır. Gediz Deltası gibi önemli bir sulak alanda oluşabilecek olumsuz durumların incelenmesi çok önemlidir. Bu durum çalışmanın motivasyon kaynağıdır. Bu çalışmada, CBS tabanlı DSAS aracı kullanılarak 1989-2022 döneminde Gediz Nehri Deltası sulak alanının kıyı çizgisindeki değişimin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda deltanın son 34 yıldaki kıyı çizgisi değişiminin ortaya konması, geleceğe yönelik kıyı hareketleri üzerine tahminlerin yapılması ve değişimin kıyı ekosistemi üzerindeki muhtemel etkilerinin ortaya konması hedeflenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

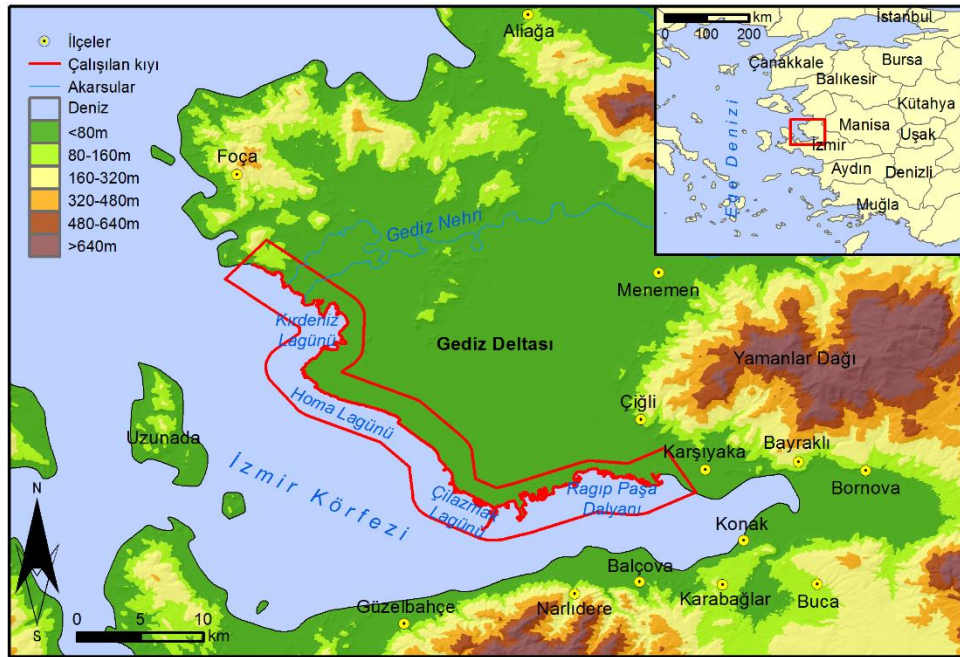
2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Murat ve Şaphane dağlarından başlayarak, Menemen ovası üzerinden İzmir Körfezi’ne dökülen yaklaşık 17.500 km² alanın sularını toplayan Gediz Nehri Deltası’nın sulak alan kıyısını kapsamaktadır (Şekil 1; Kayan & Öner, 2015). Delta, yaklaşık 400 km² alana sahiptir ve Ege Denizi kıyılarındaki en önemli kıyı ovalarından biridir (Kayan & Öner, 2015). Holosen’de deniz seviyesinin bugünkü seviyeye ulaşılmasıyla, alüvyon taşıyan Gediz Nehri, Dumanlı ve Yamanlar Dağları arasındaki Menemen boğazını geçerek İzmir Körfezi’ni doldurmaya ve bugünkü delta ovasını şekillenmeye başlamıştır (Hakyemez vd., 2013; Kayan & Öner, 2015). Taşkın – delta ovalarının karakteristik özelliği olarak zaman içerisinde Gediz Nehri, delta üzerinde birçok yatak değişikliğine uğramıştır. Taşınan alüvyonlara bağlı olarak İzmir Körfezi’nin sığlaşması ve kıyı çizgisinin açık denize doğru ilerleme tehlikesine karşı 1866 yılında, Gediz Nehri yatağı değiştirilmiş ve daha kuzeye şimdiki yatağına alınmıştır (Mimaroglu, 2013; Tosunoğlu, 2017).

Şekil 1’de gösterilen ve çalışmaya konu edinilen kıyının bir kısmı doğal kıyı olmakla birlikte, önemli bir kısmı da Çamaltı Tuzla İşletmesi (73 km²) nedeniyle doğal niteliğini kaybetmiş yapay kıyı karakterindedir. 1863 yılında İtalyanlar’ın çalışmaları sonucunda ilkel üretim tekniklerinden modern tekniklere geçiş yapılan Çamaltı Tuzlası’nda, 1902 yılındaki Gediz Nehri taşkınlarına bağlı olarak 1909-1910 yılları arasında düzenlemeler yapılmış ve kapasite artırımı yapmak için 1952 ile 1973 yıllarında yeni tuz tavaları oluşturularak tekrar yenileme yapılmıştır (Tıraş, 2007; Kaya, 2020). Bu işletme faaliyetleri nedeniyle Çilazmak Lagünü’nden kuzeye doğru Homa Lagünü’ne kadar olan kıyı doğal niteliğini kaybetmiş yapay kıyı karakterindedir.

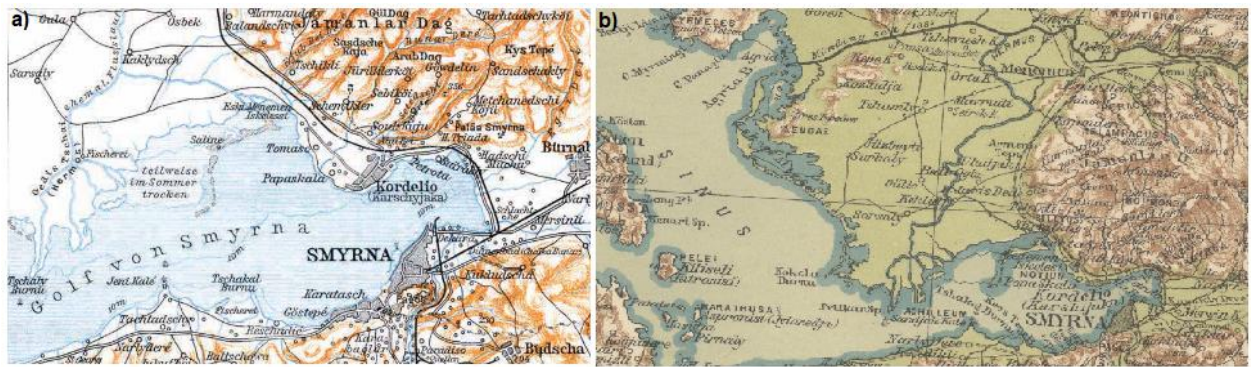
Çalışma alanı alçak kıyı karakterinde olup az eğimli, alçak ve düz karakterde bir topografik özelliğe sahiptir. Bu nedenle, doğal olarak plajlı kıyı karakterinde olup; lagünler, kıyı okları, kıyı kordonları, kumullar, acı ve tuzlu su gölcükleri ve bataklıklar-marşlar deltadaki en önemli ekosistemler olarak dikkati çekmektedir (Meriç & Çağırnkaya, 2013). Kıyı lagünleri, çok önemli sulak alan ekosistemi olan önkıyı setinin oluşumuyla kısmen veya tamamen denizden koparılmış nispeten sığ su alanlarıdır. Gediz Nehri’nin denize döküldüğü yerin güneyinde, ince uzun ve karaya paralel kordonlarla denizden ayrılmış olan üç lagün yer almaktadır (Şekil 1). Bunlar güneyden kuzeye olmak üzere; Çilazmak, Homa ve Kırdeniz’dir (Kayan & Öner, 2015; Kaplan vd., 2005). Bu lagünler, sulak alandaki önemli ekosistemler olarak dikkat çekmektedir. Homa Lagünü kıyısında balıkçı barınaklarından, Ege Üniversitesi Dalyan binasına kadar olan kıyı oku, yaklaşık 4 km, 2012 yıllarında taş dökümü yapılarak güçlendirilmiştir (Tosunoğlu, 2017). Lagün, zaman zaman da kontrollü müdahalelerin yapıldığı yarı doğal bir kıyıya sahiptir. Homa Lagünü’nde dalyan balıkçılık faaliyetleri yapılmakta ve bu nedenle Homa Dalyanı adı da kullanılmaktadır. Rağıp Paşa Dalyanı’nın ise doğal lagün oluşumuna sahip olup olmadığı ile ilgili kesin olan herhangi bir kayıta ulaşılamamıştır. Literatürde Gediz Nehri’nin eski ağız kısmına yakın bir alanda

sığlaşan deniz alanının 19.yy da çevrilmesi; 1962-1963 yılları arasında taş dökülerek, balık üretimi amacıyla, oluşturulan bir dalyan olduğundan söz edilmektedir (Elbek vd., 2003; Tosunoğlu, 2017; Yılmaz, 2022). Sadece Baedeker (1905) tarafından 1905 yılında yapılan haritada bu alan, yaz aylarında kısmen kuru ve tuzlu bir bölge olarak; Kiepert (1908) tarafından yapılan haritada da sığ alan olarak gösterilmektedir (Şekil 2). Ragıp Paşa Dalyanı iç körfeze su akışını engellediği gerekçesi ile üst duvarı 2000 yılında yıkılmış; Körfez'in kuzey aksında su sirkülasyonunu önleyen dalyan duvarının dip kalıntıları ise 2011 yılında temizlenmiştir (Tosunoğlu, 2017). Çalışmada kesin kanıt elde edilemediğinde Ragıp Paşa Dalyanı yapay olarak değerlendirilmiş ve lagün değil dalyan olarak adlandırılmıştır. Ancak Çilazmak, Homa ve Kırdeniz için her ne kadar literatürde dalyan ismi kullanılsa da morfolojik açıdan doğal oluşuma sahip olduklarından morfolojik bir birim olan lagün olarak adlandırılması uygun görülmüştür. Şekil 2'de Kiepert (1908)'in 1908'de yayınladığı haritada da bu lagünler doğal oluşumları ile dikkat çekmektedir. Ancak az ya da çok sahadaki her lagünün müdahaleye uğradığı da not edilmelidir.



Şekil 1- Çalışma alanı konumu.

Figure 1- Location of study area



Şekil 2- 1900'lerin başında Gediz Deltası'nın durumu: a) Baedeker (1905)'in 1905'te yayınlanan haritası, b) Kiepert (1908)'in 1908'de yayınlanan haritası.

Figure 2- Early 1900s conditions in the Gediz Delta. a) a map by Baedeker was published in 1905, b) a map by Kiepert was published in 1908.

Gediz Delta'sındaki lagünler ve marşlar, Türkiye'de gözlenen 426 kuş türünden 211'ine yaşam alanı oluşturmakta ve çeşitli memeli, sürüngen ve balık türlerine de ev sahipliği yapmaktadır (Sıkı, 2002). Bahsedilen kuş türlerinden 59'unun delta sulak alanlarında kuluçkaya yatıyor oluşu, kıyı çizgisinde gerçekleşecek değişimlerin incelenmesini önemli kılmaktadır (Sıkı, 2002). Çok sayıda kuşa ev sahipliği yapması ve bir kuluçka merkezi olması nedeniyle Gediz Delta'sı sulak alanı, "İzmir Kuş Cenneti" olarak adlandırılmaktadır.

Gediz Nehir Havzası Yönetim Planı'nda (2018) belirtildiği üzere; Gediz Delta'sında deniz sınırında bulunan kumluk bölümlerde deniz börülceleri (*Salicornia europaea*) ve midye kabukları yer almaktadır. Tuzcul kıyı çayırları da önemli habitatlar olup, genellikle çuvan (*Halocnemum strobilacei*) ve ılgın (*Tamarix sp.*) gibi topluluklardan oluşmaktadır. Tuzlu-tatlı habitatlarda ise saz (*Phragmites*), kofa (*Juncus*) ve hasırotu (*Typha*) gibi türlerin baskın olduğu sulak çayırlar baskındır.

Gediz Nehir Havzası Yönetim Planı'na (2018) göre, Gediz Nehri havzasında 3 baraj ve sulama amaçlı 5 gölet (İsalar, Üçpınar, Karaağaç, Kula ve Gümele) bulunmaktadır. En büyük baraj 1954-1960 yılları arasında inşa edilmiş olan 1.022 milyon m³ depolama kapasitesiyle Demirköprü Barajı'dır. Havzadaki en önemli ikinci baraj, yapımı 2012 yılında tamamlanan Gördes Barajı, üçüncü baraj ise 2004 yılında devreye alın Küçükler Barajı'dır. Bu barajların varlığı, Gediz Nehri Delta'sı'nın gelişim süreci üzerinde önemli etkiye sahiptir.

2.2. Uzaktan Algılama Verisi

Küresel ölçekte kara ve deniz koşullarına ait spektral veri sağlayan en önemli kaynak Landsat görüntüleridir. Erişilebilirlik kolaylığı, Landsat görüntülerinin kıyı çizgisi değişimlerinin tespitinde kullanımını yaygın hale getirmektedir (Tucker vd., 2004). Çalışmada kullanılan Thematic Mapper (TM) ve Operational Land Imager (OLI) görüntülerinin ayrıntıları Tablo 1'de verilmiştir. Landsat görüntüleri, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS)'den elde edilmiştir. Seçilen görüntülerin bulutluluk oranlarının düşük olmasına ve tarihlerinin olabildiğince yakın olmasına dikkat edilmiştir. Bu görüntülerin yakın kızılötesi (NIR) ve yeşil (G) bandları kullanılmıştır. Gediz Nehri'nin belirgin bir mevsimsel rejim göstermesi nedeniyle çalışmada yalnızca kurak ve suyun en düşük seviyede olduğu yaz ayına ait veriler tercih edilmiştir.

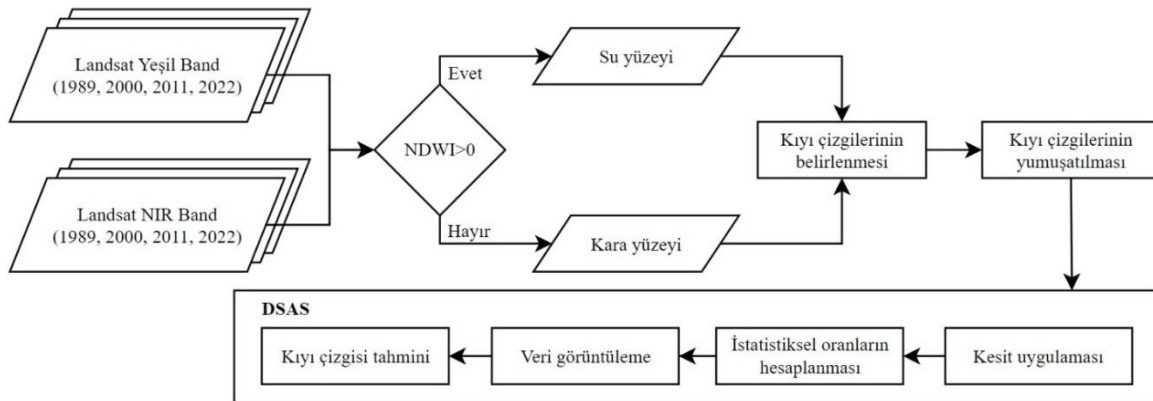
Tablo 1- Kullanılan Uzaktan Algılama Görüntüleri

Table 1- Satellite images used in the study

Tarih	Tip	Kullanılan Bandlar	Çözünürlük
20.08.1989	Landsat 5 TM	Green, NIR	30
18.08.2000	Landsat 5 TM	Green, NIR	30
17.08.2011	Landsat 5 TM	Green, NIR	30
07.08.2022	Landsat 9 OLI	Green, NIR	30

2.3. Yöntem

Çalışmada izlenen yöntem Şekil 3'te gösterilmiştir. Öncelikle, uydu görüntülerinden su ve kara yüzeyleri ayrılmış ve her tarih için kıyı çizgisi belirlenmiştir. Daha sonra, DSAS aracı ile kesitler çıkarılarak kıyı çizgisi hareketlerinin değişiminin anlamlandırılmasına yönelik istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 3- Çalışmada kullanılan yöntemin akış şeması

Figure 3- Flow chart of the method used in the study

2.3.1. Kıyı Çizgisi Çıkarma İşlemleri

Kıyı çizgisi değişimi ve sediman yükü arasındaki ilişkiyi bulmak için doğru kıyı çizgisi çıkarımı çok önemlidir. Kıyı çizgisi olarak uluslararası kabul gören 4.4.1990 tarih ve 3621 sayılı Kıyı Kanunu'nda belirtilen, suyun karaya değdiği noktaların birleşmesinden oluşan çizgi, jeomorfolojik olarak "kıyı çizgisi" olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada, kara ve su yüzeylerinin ayırt edilmesi için yakın kızılötesi (NIR) ve yeşil (G) band oranlarını temel alan McFeeters'in (1996) NDWI formülü kullanılmıştır (Formül 1). NDWI kullanılarak göllerin kıyı ve su yüzeyi değişimleri (Sarp & Ozcelik, 2017; Çağlayan vd., 2020), delta kıyı değişimleri (Kuleli vd., 2011; Ahmed & Akter, 2017) ve arazi kullanımı değişimleri (DaSilva vd., 2020) incelenebilmektedir.

$$NDWI = \frac{Band(Yeşil) - Band(NIR)}{Band(Yeşil) + Band(NIR)} \quad (1)$$

NDWI işlemi sonucunda değerleri -1 ile +1 arasında değişen piksellere sahip raster haritalar elde edilmektedir. Bu çalışmada, 0 eşik değeri olarak kabul edilmiş ve değeri pozitif olan pikseller su yüzeyi, negatif olanları ise kara yüzeyi olarak sınıflandırılmış ve kıyı çizgisi belirlenmiştir. Kıyı çizgileri, 30 m çözünürlüklü görüntüler üzerinden oluşturulduğundan "kaba" çizgiler elde edilmiştir. Bu kabalığın giderilmesi için ArcGIS üzerinden PAEK algoritması kullanılarak 100 metre tolerans ile yumuşatma işlemi yapılmıştır (Bodansky vd., 2002).

2.3.2. Kıyı Çizgisi Hareketi

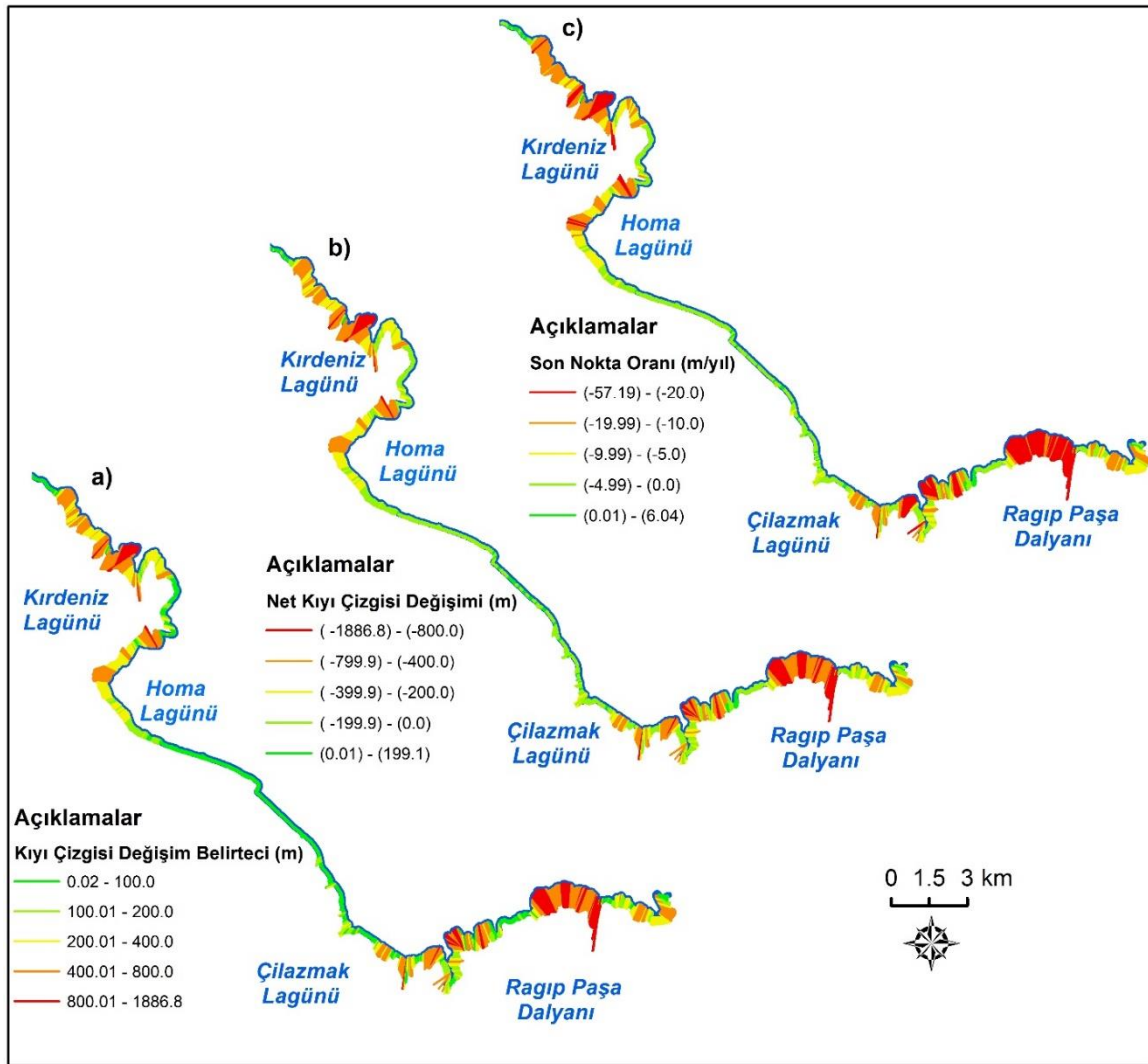
Bu çalışmada, erozyon ve birikme süreçleri gibi kıyı şeridi değişikliklerin belirlenebilmesi için Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (United States of Geological Society) tarafından geliştirilen DSAS kullanılmıştır (Thieler vd., 2017; Yasir vd., 2020). Yöntemde kıyı çizgisindeki değişimlerin analiz edilmesi için bir taban çizginin oluşturulması gerekmektedir. Bu taban çizgisi, kıyı çizgisinin belirli bir mesafe gerisinden rastgele referans hattı oluşturularak veya kıyı çizgilerinden belirli bir mesafede tampon bölge oluşturulması ile belirlenmektedir (Patel vd., 2021). Bu analiz sistemleri kıyı değişimi konusunda üç farklı taban çizgisi belirlenme imkânı sunmaktadır (Himmelstoss vd., 2018). Bunlar taban çizgisinin kara kısmında oluşturulması, açık denizde oluşturulması ve kara-deniz karma bir biçimde çizilmesi şeklinde sıralanmaktadır. Bu çalışmada taban çizgisi, mevcut kıyı kenar çizgisinden karaya doğru 50 metre gerisinden geçirilmiştir. Kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesinde 30 metre aralıklı 2050 kesit çizilmiştir. Çalışma alanındaki kıyı çizgisi hareketinin incelenmesi için DSAS yardımıyla çeşitli istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır. Bunlar; Kıyı Çizgisi Değişim Belirteci (KÇDB); Son Nokta Oranı (SNO), Doğrusal Regresyon Oranı (DRO) ve Net Kıyı Çizgisi Hareketi (NKÇH)'dir (Thieler vd., 2017; Himmelstoss vd. 2018; Kale vd. 2019). Beta Kıyı Şeridi Tahmini de tarihsel kıyı şeridi verilerine dayalı olarak 2032 (10 yıl sonrası) ve 2042 (20 yıl sonrası) tahmini kıyı şeridi konumunu hesaplamak için kullanılmıştır. KÇDB, belirli bir kesiti kesen tüm kıyı şeritleri arasındaki en büyük mesafeyi metre olarak; NKÇH, her kesitte en genç ve en eski kıyı şeridi arasındaki toplam mesafeyi metre olarak ve kıyı şeridi değişikliğini değerlendirmenin en iyi yöntemlerinden biri olan SNO da net hareketin her kesitte en eski ve en genç kıyı şeridinde geçen süreye bölünmesiyle hesaplanan oranı metre/yıl olarak temsil etmektedir (Thieler vd., 2017). DPO, çalışma kapsamındaki kesitler için çoklu kıyı şeridi pozisyonlarına en küçük kareler regresyon çizgisinin yerleştirilmesinden oluşan kıyı şeritlerinin değişim oranını vermektedir (Thieler vd., 2017). Bu göstergeler sayesinde mevcut durum ve kıyı çizgisi konumları arasındaki mesafe ölçülerek kıyı çizgisi değişiklikleri hesaplanmıştır. Çalışmanın çıktısı, kıyı şeridinde meydana gelen aşınma özellikleri (negatif), birikme özellikleri (pozitif) ve herhangi bir değişiklik olmayan stabil durum olmak üzere üç tür olguyu vermektedir.

3. BULGULAR

Bu çalışmada, Gediz Deltası sulak alanı kıyısı boyunca 1989-2022 yılları arasında, 34 yıllık kıyı çizgisi hareketlerine yönelik analizler yapılmıştır. Bu analizler, kıyı çizgilerinin değişimi konusunda mekânsal kesitlerden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, sırasıyla büyüme ve aşınma süreçlerini içeren pozitif ve negatif değişkenler olarak temsil edilmiş ve farklı renk tonları ile haritalanmıştır (Şekil 4). Elde edilen çıktılar, çalışma alanının seçilen yıllarda önemli değişikliklere uğradığını göstermiştir.

Gediz Deltası kıyı çizgisinde, tipik delta kıyılarında olduğu gibi, yıllar arasında ilerlemeler ve gerilemeler gerçekleşmiştir. KÇDB analizi, kıyı değişiminin en ilerde ve en geride olduğu dönemlerdeki kıyı çizgisini dikkate alarak bir nevi brüt kıyı hareketini göstermesi bakımından önemlidir (Şekil 4a). Şekil 4a incelendiğinde, Homa Lagünü'nün batısı ile Çilazmak Lagünü arasındaki bölgede, kıyı çizgisinin yıllar arasında önemli bir hareketi

olmadığı görülmektedir. Bu bölge, sulak alan kıyısında antropojenik müdahalelerin en yüksek olduğu bölgedir. Bu nedenle, zaman içinde doğal süreçlerin yol açması beklenen değişimin bu alanda gerçekleşmediği tespit edilmiştir. Kara yönünde hareketin -200 ile -400 metre arasındaki alanların, Homa Lagünü'nün kuzeyinde ve Çilazmak Lagünü'nün doğusunda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4a). Ragıp Paşa Dalyanı ve Kırdenez Lagünü'nü çevresinde ise kıyı çizgisi hareketinin kara yönünde -400 metreden fazla olduğu tespit edilmiştir. Hatta bu bölgede, 2000 yılında (Tosunoğlu, 2017) Ragıp Paşa Dalyanı'nın kıyı okunun yıkılmasına bağlı olarak -1886 metrelik hareket olduğu görülmektedir. Karaya doğru olan bu dramatik değişim, yıkımın bir sonucu olarak gerçekleşmiştir. Ragıp Paşa Dalyanı gerisindeki marş alanında, birikim süreçleri zayıf kalmış, dalga ve akıntı aşınımı süreçleri güçlenmiş ve ön plana çıkmıştır. Kuzey Gediz Deltası'nda nehrin döküldüğü alan ve Kırdenez Lagünü çevresinde de birikim olması beklenmekle birlikte aşınım süreçleri hâkim olmuştur. Bu, delta sulak alan kıyısı genelinde dalga ve akıntıların sebep olduğu erozyonun hâkim süreç olduğunu göstermektedir. Sadece Kırdenez Lagünü gerisindeki kıyıda erozyon görülmemektedir (Şekil 4a). Bunun nedeni, bu lagünün iç kısmının doğal dolgu ve taş malzeme ile güçlendirilmiş olmasından kaynaklanmaktadır (Tosunoğlu, 2017).



Şekil 4- 1989-2022 dönemine ait DSAS göstergeleri: Kıyı Çizgisi Değişim Belirteci (a); Net Kıyı Çizgisi Hareketi (b) ve Son Nokta Oranı (c).

Figure 4- DSAS indicators for the period 1989-2022: Shoreline Change Envelope (a); Net Shoreline Movement (b) and End Point Rate (c)

Gediz Deltası'nda kıyı çizgisi hareketleri ile ilgili hesaplanan bir diğer gösterge de Net Kıyı Çizgisi Hareketidir. NKÇH, çalışma alanı için oluşturulan her kesit boyunca en eski (1989) kıyı şeridi ile en yeni (2022) kıyı şeridi arasındaki mesafedir. Çilazmak Lagünü'nün güneyi ve Homa Lagünü'nün kuzeyinin 1989'dan 2022'e kadar erozyon süreçlerine maruz kaldığı söylenilebilir. Bu analiz ile kıyı çizgisi değişiminin gerileme ve ilerleme

dönemleri dikkate alındığında, net değişimin, Ragıp Paşa Dalyanı çevresinde gerileme yönünde -1836 (yıkılmaya bağlı maksimum) ile -800 metrelere ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 4b). Kırdeniz Lagünü çevresinde de kıyı çizgisi hareketinin yine kara yönünde yaklaşık -1000 metrelere ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 4b; Şekil 5). Buradaki kıyı çizgisi hareketinin kara yönünde ilerlemesi, Gediz Deltası'nın kuzey kesiminde nehir ağızı bölümünün aşındığını göstermektedir (Şekil 4b). NKÇH incelendiğinde, Çilazmak Lagünü'nün kuzeyinden Homa Lagünü'nün batısına kadar uzanan kıyıda negatif yönlü hareketin olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4b; Şekil 5). Değişimin olmadığı bu kıyının, yapay müdahalelerle güçlendirildiği arazi çalışmaları ile tespit edilmiştir.



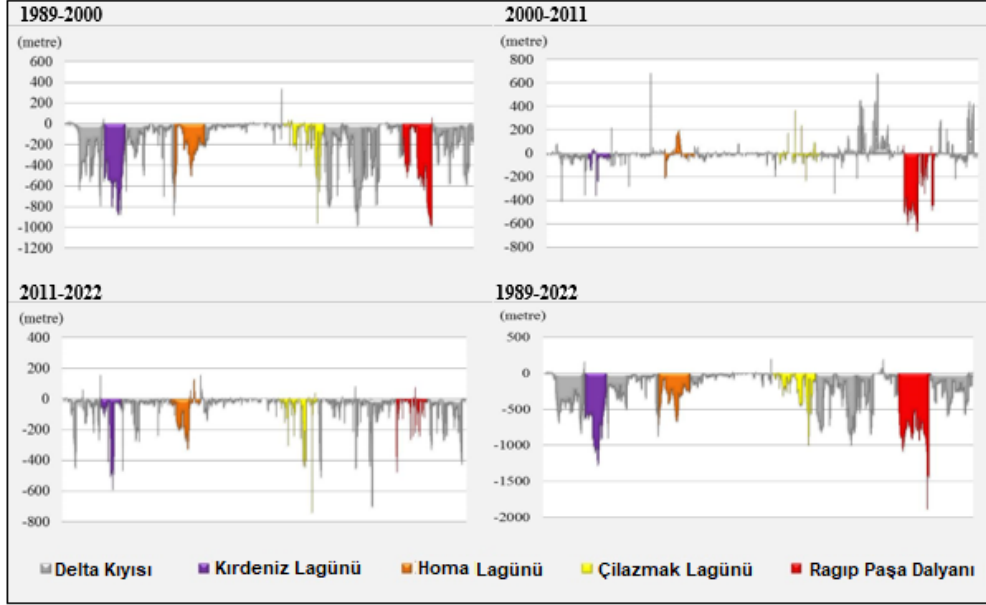
Şekil 5- Leukai antik kentinden çekilen Homa Lagünü (a) ve kuş gözlem kulesinden çekilen Çilazmak Lagünü (b) görüntüleri

Figure 5- Images of Homa Lagoon (a) captured from the ancient city of Leukai and Çilazmak Lagoon (b) captured from the bird watching tower

NKÇH'nin dönemsel değişimini gösteren Şekil 5 incelendiğinde, özellikle lagünlerin bulunduğu kıyı çizgisinin sürekli erozyona maruz kaldığı görülmektedir. 1989–2000 döneminde deniz yönünde ilerlemenin genel olarak en fazla yaklaşık 200 metre, kara yönde olan negatif ilerlemenin ise ortalama -500 ve maksimumda -1000 metre olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6). Bu dönemdeki birikme sürecinin sadece Çamaltı Tuzla İşletmesi kıyısında gözlemesi doğal süreçlerle olan bir birikme süreci olmadığını göstermesi bakımından önemlidir. 2000-2011 döneminde ise kara yönünde deniz ilerlemeleri olsa da pozitif değerlerle temsil edilen karaların deniz yönünde ilerleme hareketlerinin maksimum düzeyde 500 metreye kadar ulaştığı görülmektedir (Şekil 6). Bu birikim hareketi eski akarsu yatağı çevresinde gerçekleşmiştir. Bu bölgede Ragıp Paşa Dalyanı'nda gerileme gözlenirken çevresinde birikmenin olması, aynı çevresel şartların etkisinde oldukları için, insan müdahalesinden olabileceğini göstermektedir. 2002 yılında yıkım kararı verilen Ragıp Paşa Dalyanı'nın malzemesinin nereye taşındığına ilişkin bir bilgiye ulaşılmamakla birlikte, bu grafik sonuç yakın çevresinde depolandığı yönünde bir bulguyu sunmaktadır. 2011-2022 döneminde ise ortalama erozyon -100 ve -600 olmuş; sadece birkaç kesitte 100 metre birikim olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6). Bu dönemde gerçekleşen birikim, Homa Lagünü kıyısında olmuştur. Tosunoğlu (2017) tarafında Homa Lagünü kıyısında 2012 yıllarında taş dökümü yapılarak güçlendirildiği rapor edilmiştir. Bu da 2011-2022 dönemindeki Homa Lagünü kıyı şeridindeki birikim sürecinin nedenini açıklar niteliktedir. NKÇH sonuçlarına göre tüm dönemlerde en büyük kıyı erozyonunun kısmen doğal kıyı özelliğini koruyan Gediz Deltası'nın kuzey ve güney bölümlerinde daha çok etkili olduğu gözlenmiştir. Deltanın orta kesiminde ise Çamaltı Tuzlası'nın suni kıyısı ve Homa Lagünü kıyı kordonunun insan müdahalesi ile güçlendirilmesi nedeniyle neredeyse tamamıyla sabitlendiği söylenebilir.

Çalışma alanı için kıyı çizgisi verisi üzerinden hesaplanan bir diğer istatistik de SNO'dur. Bu oran, kıyı şeridi hareket mesafesinin, en eski ve en yeni kıyı şeridi arasındaki zamana bölünmesiyle hesaplanmaktadır. SNO bulguları, Gediz Deltası'nın güneyi ve kuzeyindeki kıyı çizgisi hareketlerinin genel olarak negatif yönde, yani karaya doğru olduğunu göstermektedir. Buna bağlı olarak kıyı okları ve kıyı kordonları yok olmuştur (Şekil 4c). SNO istatistiği ile 1989-2022 yılları arasında en çok kıyı gerilemesinin olduğu bölgelerde ortalama -57 ile -20

m/yıl aşınım hareketi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4c). Bu değişim oranlarının sırasıyla Ragıp Paşa Dalyanı, Çilazmak Lagünü ve Kırdeniz Lagünü çevresindeki kıyı şeridinde oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, Ragıp Paşa Dalyanı'nın neredeyse tamamında, yıllık çekilme oranının ortalama -30 m/yıl olması dikkat çekicidir. Önceki bölümde vurgulandığı üzere, Ragıp Paşa Dalyanı'nın yıkım kararının, alandaki erozyonu artırıcı bir faktör olduğu düşünülmektedir. Kıyı çizgisi hareketinin Çilazmak Lagünü'de ortalama -10 m/yıl oranında; Kırdeniz Lagünü'nde ve Gediz Nehri'nin döküldüğü bölümde yaklaşık -25 m/yıl oranında kara aleyhine gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 4c).



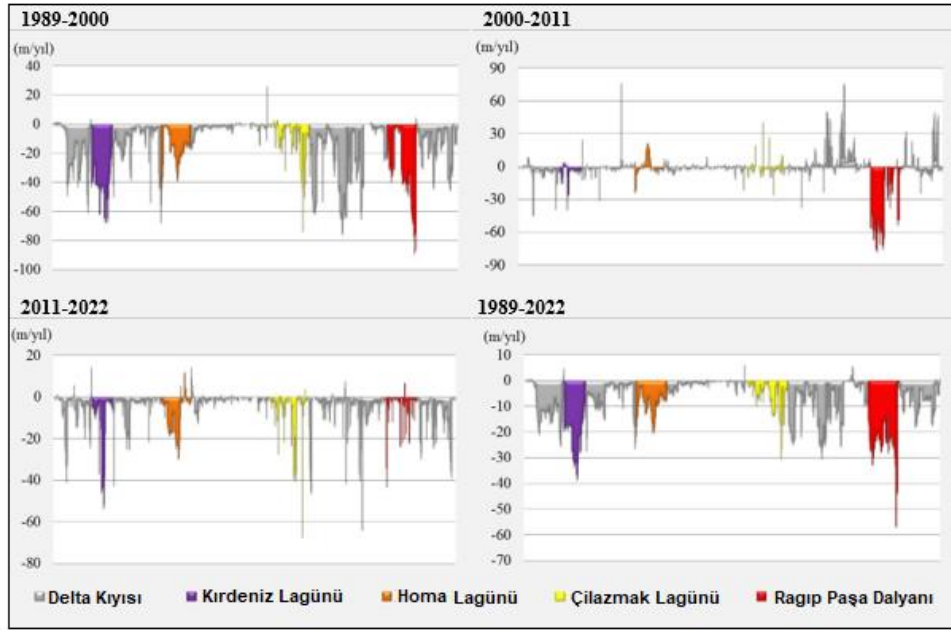
Şekil 6- Net Kıyı Çizgisi Hareketinin değişimini gösteren grafikler

Figure 6- Graphs showing the change of Net Shoreline Movement

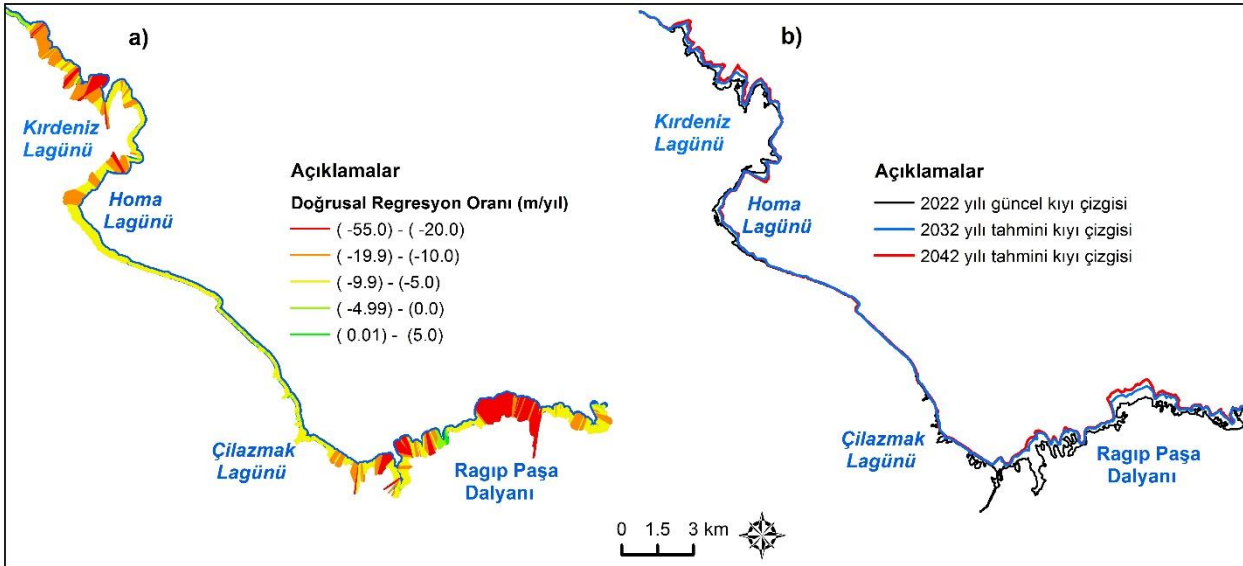
Çalışma alanında SNO farklı dönemler dikkate alınarak incelenmiş ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Birkaç kesit hariç olmak üzere, genel olarak çalışma dönemlerine negatif yönlü bir değişim gerçekleştiği söylenebilir (Şekil 7). Diğer göstergeler gibi SNO da gözlemlenen dönem içerisinde olan denizel transgresyon, erozyon ve beşerî müdahalelerin, Gediz Deltası'nda önemli değişikliklere yol açtığını göstermektedir. 1989 yılı delta kıyısının önemli jeomorfolojik birimleri olan lagünler, durgun sular, kum sırtları ve kıyı kordonları, jeolojik geçmişte birikme ve aşınma ile aktif bir kıyının belirtileridir. 1989 yılı delta kıyısının önemli jeomorfolojik birimleri olan lagünler, akarsu ve dalga işleyişiyle kum sırtları ve kıyı kordonları gibi doğal birimler gelişmiştir. 1989-2000 döneminde, diğer dönemler ile karşılaştırıldığında, tüm kıyı boyunca erozyon oranlarının yüksek düzeyde gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 7). Buna karşın 2000-2011 döneminde 60 m/yıl oranda pozitif yönde hareketin olduğu ancak Kırdeniz Lagünü ve Ragıp Paşa Dalyanı çevresinde erozyonun devam ettiği tespit edilmiştir. NKÇH sonuçlarında olduğu gibi SNO sonuçları da özellikle Ragıp Paşa Dalyanı çevresindeki hem erozyonal hem de birikim süreçlerinin yan yana yer alması doğal süreçlerle değil antropojenik faktörlerle açıklanabileceğini göstermektedir. Çünkü doğal süreçlerle olan bir değişimden tüm kıyının benzer şekilde etkilenmesi beklenmektedir. 2011-2022 yılları arasında ise Homa Lagünü batısı ile Çilazmak Lagünü çevresinde güçlü olmasa da birikme gerçekleştiği dikkat çekmektedir. Bu birikim, doğal olmayan kıyıda yapılan taş dökümü ile güçlendirme faaliyetlerinin bir göstergesidir.

Çalışmada DRO, belirli kesitler için çoklu kıyı şeridi pozisyonlarına bir en küçük kareler regresyon çizgisinin yerleştirilmesiyle oluşan kıyı şeritlerinin değişim oranlarının hesaplanması için kullanılmıştır (Nassar vd., 2018). Gediz Deltası için doğrusal regresyon ve ortalama kıyı şeridi değişim oranlarının ayrıntılı bir analizi Şekil 8a'da verilmiştir. DRO değerleri dikkate alındığında da kıyı çizgisi hareketinin genel olarak negatif olduğu belirlenmiştir (Şekil 8a). Bu, kıyı çizgisi değişiminin kara doğru gerçekleştiğinin bir başka ifade şeklidir. Homa Lagünü batısında birikme aktivitesini gösteren pozitif değerler görülmektedir. Burada düzenli bir denizel ya da karasal ilerlemenin bulunmaması, regresyon değerinin yaklaşık -10 ile -5 m/yıl arasındaki oranlarda hesaplanmasına neden olmuştur (Şekil 8a). Diğer istatistik hesaplamalarda da gösterildiği üzere, Ragıp Paşa

Dalyanı'na yakın kesimlerin sürekli bir gerileme trendi gösteriyor oluşu, DRO'nun -55m/yıl olarak hesaplanmasına yol açmıştır.



Şekil 7- Son Nokta Oranlarının değişimini gösteren grafikler
Figure 7- Graphs showing the change of End Point Rates



Şekil 8- Doğrusal Regresyon Oranına göre kıyı çizgisi değişimi ve Beta Kıyı Şeridi Tahminine göre 2032-2042 için öngörülen kıyı şeridi konumu

Figure 8- Shoreline change according to Linear Regression Rate and forecasted shoreline position for 2032-2042 according to Beta Shoreline Forecast

Bu çalışmada Gediz Deltası kıyı çizgisinin 2032 ve 2042 yıllarındaki tahmini konumları Beta Kıyı Şeridi Tahmini yöntemi ile modellenmiştir (Şekil 8b). Modele göre, kıyı çizgisini şekillendirici süreçlerde bir değişim olmaması durumunda, 2042 yılına gelindiğinde Kırdenez Lagünü'nün kuzeyindeki Gediz Nehri'nin ağız kısmında kıyı çizgisi, kara aleyhine ilerleyecektir. Aynı yıldaki tahminler, Çilazmak Lagünü'nün büyük ölçüde yok olacağını ve Ragıp Paşa Dalyanı'nın olduğu bölümde Atatürk Organize Sanayi Bölgesi'nin batısında, denizin kara yönünde yaklaşık -300 metre ilerleyeceğini ve bu bölgedeki sulak alanları tehdit edeceğini göstermektedir (Şekil 8b). Doğal olarak, antropojenik etkenler nedeniyle Çamaltı Tuzla İşletmesi'nin olduğu bölümde önemli bir değişiklik olmayacağı beklenmektedir. Bununla birlikte, 2032 yılına dair tahmin sonuçlarında, tuzlanın

güneyinde, Çilazmak Lagünü'nün bulunduğu bölgede denize doğru uzanan parçalanmış kıyı okunun yok olacağı öngörülmektedir (Şekil 8b). Her iki yıla ait modelleme sonuçları, şartların sabit kalması durumunda, çalışma alanı genelindeki sulak alan ekosistem kaybının süreceğini ve lagünler gibi tortul jeoformların, tortu katkılarının olmaması nedeniyle ortadan kaybolacağını göstermektedir. Ancak yapılan arazi çalışmaları sonucunda, zaten var olan Homa Lagünü kıyı okundaki erozyon koruma yapılarının Çilazmak Dalyanı başta olmak üzere tüm kıyı boyunca yapılacağı ve neredeyse tüm kıyınının sabitleneceği öngörülmektedir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 1989-2022 yılları arasında Gediz Deltası sulak alanı kıyı çizgisinde gerçekleşen morfolojik değişimler değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, erozyon ve birikme süreçlerinin etkili olduğu alanlardaki kıyı çizgilerinin değerlendirilmesinde, DSAS yönteminin uygun olduğunu göstermektedir. DSAS sonuçları, Homa Lagünü'nün aksine, çalışma süresi boyunca Ragıp Paşa Dalyanı gerisindeki marş alanı başta olmak üzere, Kırdeniz ve Çilazmak lagünlerinin yüksek düzeyde erozyona maruz kaldığını göstermiştir. Kırdeniz Lagünü'nde deniz, lagün bataklık tortularını aşacak şekilde karaya doğru ilerlemiştir. İncelenen dönem içinde Çilazmak, parçalanmış ve bütünsellik göstermeyen bir kordon ve lagün olma özelliğini yitirmiş bir forma sahip olmuştur. Diğer yandan 2000 yılında kıyı kordonu yıkılan Ragıp Paşa Dalyanı art-bataklıklarında da dalga etkisine bağlı olarak çok yüksek oranda erozyon gerçekleşmiştir. Gediz Nehri'nin eski ağzında, sediman girdisi azaldığından, gerileme gerçekleşmesi beklenen bir durumdur. Çalışmanın beklenmeyen sonucu ise, Gediz Deltasının kuzey kesiminde mevcut akarsu ağzı ve Kırdeniz Lagünü çevresindeki kıyı şeridinde de gerileme olmasıdır. Deltadaki diğer alanlara kıyasla, Homa Lagünü'nde yükseltisi daha azdır. Bu sebeple beklenti, bu alandaki erozyonun daha yüksek olmasıdır. Gerçekte ise durum böyle gerçekleşmemiş, alanın kontrol altında tutulmasına bağlı olarak kıyı erozyonu engellenmiştir. Bu lagünün kuzey bölümündeki kıyı şeridinde ise kontrol altında olmadığı için aşınım hâkim süreç olmuştur.

Çalışma alanında erozyonel süreçlere bağlı olarak, lagünlerin ortadan kalkma tehlikesinin arttığı ve hatta bazılarının halihazırda ortadan kalktığı tespit edilmiştir. Kıyı okları daraldıkça, fırtına dalgalanmaları sırasında tortuların üzerlerinden süpürülme olasılığı da artmaktadır. Bu tür bir erozyon, kıyı kordonu üzerinde yeni deniz girişleri açılmasına sebep olmaktadır. Devam eden erozyon sonucunda, bariyer tamamen ortadan kalkmakta ve bahsedilen lagün, bir kıyı girişi vasıtasıyla yeniden açık denize açılmaktadır. Normal süreçte, lagünler bir ya da birden fazla gedik aracılığı ile deniz ile bağlantılı olup, deniz seviyesinde bir yükselme olmadığı takdirde alüvyon birikimi ile dolarak kotun yükseleceği yerlerdir. Lagünlerin dolması delta üzerinde değerli ekosistemler olan marşların oluşmasına neden olmaktadır. Akarsuyun düzenli bol materyal taşınması delta oluşumunun gelişmesinde önemlidir. Deltalar, flüvyal birikim süreçleri ve akıntıların neden olduğu dalga aşınımı süreçleri arasındaki denge sonucunda belirli bir şekle bürünmektedir (Penland & Kulp, 2005). Çalışma alanı içerisinde, aşınım süreçlerinin çok daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Nitekim, Tağıl ve Aytan (2022) tarafından yapılan çalışmada da Gediz Deltası koruma alanında, ekosistem servis değerinin sazlık ve bataklıklardaki kayıplar sonucunda azaldığı ortaya konmuş ve bu durumun, Gediz Deltası'nda uygulanan yanlış arazi kullanımı planlarından kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Bu çalışmadan çıkan Gediz Deltası taşkın alanı kıyı şeridindeki gerileme bulgusu, Syvitski ve diğerleri (2005) tarafından ortaya konan, küresel ölçekte nehir kıyısındaki tortu akışının önemli ölçüde azaldığına dair son raporlarla paralellik göstermektedir. Bu da kıyı bölgesine sediman akışlarının yönetiminin sadece lokal ölçekte değil küresel ölçekte de büyük öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Gediz Nehri tortu birikintileri, Ege Denizi'nin dalgalarına dayanan geniş bir delta oluşturmasına rağmen, çalışmanın sonuçlarında gözlenen aşırı kıyı erozyonunun özellikle Gediz Deltasının kuzey kıyısında olması, havzadan su çekimlerinin artmış; deltaya gelen sediman miktarının azalmış olduğunu göstermektedir. Nitekim, Akkuzu ve diğerleri (2006) de yapmış oldukları çalışmada artan nüfus ile büyüyen sanayi faaliyetlerinden dolayı su gereksinimi artmasına bağlı olarak Gediz Nehri havzasında su çekiminin arttığını ortaya koymuştur. Çalışmanın sonucunu doğrular şekilde Kayan ve Öner (2015) de Gediz Deltası'nın bir yandan tuzla işletmelerinin aktivitesi ve tarımsal sulama, diğer yandan kentsel yayılmanın yarattığı olumsuz etkiler sebebiyle su ve toprak kaybına maruz kaldığını belirtmiştir. Ayrıca Kumanlıoğlu (2020) tarafından yapılan çalışmada, Gediz Nehri üzerinde kurulan Demirköprü Barajı'nda hidrolojik kuraklık belirlenmiş ve barajı besleyen kaynaklarda su miktarının endişe verici seviyede azaldığı ifade edilmiştir. Ülke ve diğerleri (2011) de sediman azalışını konu aldıkları çalışmalarında, Demirköprü Barajı girişindeki Acısı istasyonunda 76 km²/yıl olan askıda katı madde miktarının, Gediz Nehri'nin kıyıya en yakın istasyonunda 58 km²/yıl değerine düştüğünü tespit etmişlerdir. Tüm bu çalışmalar, havza içerisindeki sediman taşınımının hem hidrolojik kuraklıktan etkilendiğini hem de barajlar tarafından tutulduğunu kanıtlamakta ve bu çalışmanın bulgusu olan kıyı çizgisi gerilemesini açıklamaktadır.

Kuraklık ve sediman taşınımının engellenmesi, Gediz Deltası kıyı çizgisi değişiminde kara aleyhinde gelişmelere neden olmakla birlikte bu konu ile ilgili geleceğe yönelik yürütülen tahminler de kıyı gerilemesinin şartların aynı kalması durumunda devam edeceğine işaret etmektedir. Öte yandan, Homa Lagünü'nün batısında minimum erozyon aktivitesinin görülmesi yüksek düzeyde yapay yollarla gerçekleştirilen malzeme yığılması ile bu bölgedeki balıkçı barınaklarından Ege Üniversitesi Dalyan binasına kadar olan alanın antropojenik olarak güçlendirilmesinin bir sonucudur. Tabii ki bu sonuç, Gediz Deltası'nın Homa Lagünü'nde olduğu gibi suni yoldan korunup korunmayacağı sorunsalını ortaya koymaktadır. Aslında, kıyıda erozyonla problemlerle ilgilenmek istiyorsa öncelikle birikmeyi oluşturan tortuların engellenmesi konusuna eğilmelidir. Nehir üzerine baraj yapıldığında, tortu yükü ortaya çıkan rezervuarda birikmekte ve denize ulaşmamaktadır. Tabii ki rezervuar doluncaya kadar geçecek zaman zarfında nehir ağzının metrelerce içindeki kıyılar, erozyon riski ile karşı karşıya kalmaktadır. Biz Gediz Deltası sulak alan peyzajının “canlı kıyı sistemi” oluşturabilmesi için doğal yollarla korunmasını önermekteyiz.

Kıyı şeridi yönetimi politikaları zaman içinde değişmiştir. 20. yüzyıl sonlarına kadar kıyı şeridini korumanın baskın biçimi, bir bölme veya deniz duvarı ile zırlamayken; 20. yüzyılın sonlarına doğru, dikey deniz duvarları ve perdeler inşa etmek gibi yapay yöntemlerin, kıyı habitatları ve fauna üzerindeki zararlı etkilerinin anlaşılması sebebiyle, doğal koruma yöntemleri gündeme alınmıştır (Bilkovic & Mitchell, 2017). Hatta, Peterson ve Lowe (2009) kıyı alanlarına olan bu suni müdahalelerin doğal yaşam alanlarını parçaladığını ve kıyı ortamına yeni yaşam alanları getirdiğini vurgulamıştır. Collinge (2009) ise yapay müdahale olan kıyı habitatları ile doğal habitatlar arasında organizmaların dağılışı, tür çeşitliliği ve kompozisyon açısından farklılaşmalar olduğunu ortaya koymuştur. Zedler ve Callaway (1999) ile Morgan ve Short (2002) tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konduğu üzere, toprak birikimi veya başka yollarla restore edilmiş bataklıkların; biyolojik çeşitlilik, bitki üretkenliği ve diğer ekosistem özellikleri açısından doğal bataklıklara eşdeğer hale gelmesi uzun yıllar almaktadır. Bunlar bize kıyı habitatları sürdürülebilirliğinin yapay yollardan sağlanmaya çalışmasının yol açacağı sorunları göstermekle beraber, kıyı ekolojisindeki zorlukları ortaya koymaktadır. Kıyı şeridi koruma yaklaşımlarının, küresel ölçekte, daha doğal ve doğaya dayalı özelliklerin dahil edilmesine doğru geliştiği söylenebilir. Bu bakış ile Gediz Deltası'nın araştırma sonuçları değerlendirilirse, suni yoldan korunan Homa Lagünü'nün yanında, insan müdahalesinin daha az olduğu ve araştırma sonuçlarına göre oldukça fazla erozyona uğramış Çilazmak ve Kırdenez lagünleri dikkat çekmektedir. Tabii ki yok olan kıyı şeridinin nasıl korunacağı ve canlı kıyı şeridinin yaratılmasına ilişkin modellerin tartışılması, bu çalışmanın bir amacı değildir. Bu konu, sonraki çalışmalarda incelenmesi gereken önemli bir araştırma problemidir.

Sadece bu çalışmaya dahil edilen Gediz Deltası değil, genel olarak Türkiye'deki delta kıyıları etkileyen jeomorfolojik, yapısal ve aşındırıcı süreçlerin kıyı gerilemesinde etkili olan bazı özellikleri önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Kuleli vd., 2011; Kılar & Çiçek, 2018; Akdeniz, 2021; Turoğlu & Duran, 2021; Kılar, 2023). Bu durum, özellikle kıyı kordonu çökelti sistemlerini olumsuz etkileyen denizel salınım, akıntı ve dalga hareketliliğinin tortu kayıplarına neden olmasından kaynaklanmaktadır. Gediz Deltası kıyı şeridi morfolojisinin değişkenliği, arazi kullanımıyla ilgili alınacak kararların, orta ila uzun vadeli kıyı kordonu, kıyı okları ve marşların değişikliklerini dikkate alması gerektiğini göstermektedir. Bu çalışma sonuçları, sadece kıyı şeridi değişimini göstermesi açısından önemli bulgular vermemiş aynı zamanda kıyı şeridi üzerindeki insan rahatsızlığının yoğunluğunu ve doğal çevre üzerindeki etkisini de göstermiştir. Gediz Deltası sulak alanı kıyısındaki kıyı şeritleri ve nehir kıyıları, bunların yakınında bulunan inşaatlar, istinat duvarları yapılması ve yapay olarak sertleştirilen lagün kıyıları gibi zararlı insan faaliyetlerine karşı savunmasızdır. Bu sebeple bölgede yalnızca bir planlama probleminden değil aynı zamanda insan rahatsızlığının yarattığı bir baskıdan da söz edilebilir. Aslında kıyıya yakın olan insan müdahalesi, lagünler ve sulak alanlar için fiziksel habitat stresörleridir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, Gediz Deltası sulak alanı kıyı şeridinde, geçmişten günümüze geldikçe insan müdahalesinin arttığı ve böyle devam ederse gelecek yıllarda doğal kıyı çizgisinin ortadan kalkacağı ve tüm kıyı şeridinin sabitleneceği yönündedir. Bu ekolojik açıdan istenen bir durum değildir. Tabii ki, alanda etkili bir uygulamayı kısıtlayan engellerden söz edilebilir ancak bu, araştırma kuruluşları, üniversiteler, sivil toplum kuruluşları, ticari kuruluşların kıyı karar alıcıları, politika yapıcılar ve diğer paydaşların bütüncül bir şekilde katılımları, teknik ve rehberlik destekleri ile çözülebilecek bir sorundur. Bu çalışmanın çıktıları, Gediz Deltası'nın değerli ekolojik kaynaklarının daha fazla bozulmasını engellemeyi önceleyen, kapsamlı ve sistematik bir koruma yaklaşımını teşvik ederek, gelecekte oluşturulacak politika yönergelerine katkı sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest	Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. The authors declared no conflict of interest
Finansal Destek / funding conditions	Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir. The authors declared that this study has received no financial support
Yazar Katkıları/Author Contributions	Yazarlar/Authors
Çalışmanın içeriği ve tasarımı/Conception/Design of Study	Ş. Tağıl
Metodoloji/Methodology	Ş. Tağıl
Veri toplama-oluşturma-iyileştirme/Data Curation	Ş. Tağıl – Ç. Alevkayalı – B. Aytan
Analiz/Analysis and interpretation of data	Ş. Tağıl – Ç. Alevkayalı – B. Aytan
Görselleştirme/ Visualization	Ş. Tağıl – Ç. Alevkayalı – B. Aytan
Yazı taslağı/Writing - Original Draft	Ş. Tağıl
Yazma - İnceleme ve Düzenleme/Writing - Review & Editing	Ş. Tağıl – Ç. Alevkayalı – B. Aytan
Proje yönetimi/Project administration	Ş. Tağıl – Ç. Alevkayalı – B. Aytan

REFERANSLAR

- Absalonsen, L. & Dean, R. (2011). Characteristics of the shoreline change along florida sandy beaches with an example for Palm Beach County. *Journal of Coastal Research*, 27(6), 16-26. doi: [10.2307/41315912](https://doi.org/10.2307/41315912)
- Ahmed, K. R. & Akter, S. (2017). Analysis of landcover change in southwest bengal delta due to floods by NDVI, NDWI and K-means cluster with landsat multi-spectral surface reflectance satellite data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8, 168-181. doi: [10.1016/j.rsase.2017.08.010](https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.08.010)
- Akdeniz, H. B. (2021). *Kıyı Çizgisi Zamansal Değişiminin İncelenmesi ve Kıyı Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi*. Yayınlanmış yüksek lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya.
- Akkuzu, E., Ünal, H. B., & Karataş, S. (2006). Aşağı Gediz Havzası sulama sisteminde ana kanal düzeyinde su dağıtımında yeterliliğin ve değişkenliğin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(2), 85-96.
- Alevkayalı, Ç. & Tağıl, Ş. (2018). Ortak malların trajedisi üzerine teoriler: Gediz Deltası'nda arazi kullanımı-razi örtüsü değişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (43), 120-142.
- Anthony, E. J., Vanhee, S. & Ruz, M. H. (2006). Short-term beach-dune sand budgets on the North Sea Coast of France: sand supply from shoreface to dunes, and the role of wind and fetch, *Geomorphology*, 81, 316-329. doi: [10.1016/j.geomorph.2006.04.022](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.04.022)
- Atik, K. & Yılmaz, O. (2022). Umurbey kıyı kesimi kıyı alan değişimlerinin incelenmesi üzerine araştırmalar, *International Academic Social Resources Journal*, 7(40), 874-882. doi: [10.29228/ASRJOURNAL.63808](https://doi.org/10.29228/ASRJOURNAL.63808)
- Baedeker, K. (1905). *Konstantinopel und das Westliche Kleinasien: Handbuch für Reisende*, Verlag von Karl Baedeker, Leipzig.
- Bilkovic, D. M. & Mitchell, M. M. (2017). Designing Living Shoreline Salt Marsh Ecosystems to Promote Coastal Resilience, D. M. Bilkovic, M. M. Mitchell, M. K. La Peyre & J. D. Toft (Eds) içinde, *Living Shorelines, The Science and Management of Nature-Based Coastal Protection* (s. 293-316). CRC Press, Taylor & Francis Group. doi: [10.1201/9781315151465-19](https://doi.org/10.1201/9781315151465-19)
- Birleşmiş Milletler (2015, Ekim 21). Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1 Haziran 12, 2023 tarihinde United Nations General Assembly: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf adresinden alındı
- Bodansky, E. Gribov, A. & Pilouk, M. (2002). Smoothing and compression of lines obtained by raster-to-vector conversion, D. Blostein & Y. Kwon (Eds) içinde, *Graphics Recognition* (s. 256-265). Springer. doi: [10.1007/3-540-45868-9_22](https://doi.org/10.1007/3-540-45868-9_22)
- Bombino, G., Barbaro, G., D'Agostino, D., Denisi, P., Foti, G., Labate, A., & Zimbone, S. M. (2022). Shoreline change and coastal erosion: the role of check dams. first indications from a case study in Calabria, Southern Italy, *CATENA*, 217. doi: [10.1016/j.catena.2022.106494](https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106494)
- Collinge, S. K. (2009). *Ecology of Fragmented Landscapes*. The Johns Hopkins University Press.
- Cui, B. & Li, X. (2011). Coastline change of Yellow River Estuary and its response to the sediment and runoff (1976-2005). *Geomorphology*, 127(1-2), 32-40. doi: [10.1016/j.geomorph.2010.12.001](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.12.001)

- Çağlayan, E. B., Erel, F., Samur, E. B., Deniz, M., Mobariz, M. A. & Kaplan, G. (2020). Uzaktan algılama teknikler ile Akşehir Gölü'ndeki alansal değişiminin izlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2): 70-76.
- DaSilva, M., Miot da Silva, G., Hesp, P. A., Bruce, D., Keane, R. & Moore, C. (2021). Assessing Shoreline Change Using Historical Aerial and RapidEye Satellite Imagery (Cape Jaffa, South Australia). *Journal of Coastal Research*, 37(3), 468-483. doi: [10.2112/JCOASTRES-D-20-00089.1](https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-20-00089.1)
- Dillenburg, S. R., Tomazelli, L. J. & Barboza, E. G. (2004). Barrier evolution and placer formation at Bujuru Southern Brazil. *Marine Geology*, 203(1) 43-56. doi:[10.1016/S0025-3227\(03\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(03)00330-X)
- Durduran, S. S. (2010). Coastline change assessment on water reservoirs located in the Konya Basin Area, Turkey, Using Multitemporal Landsat Imagery. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164(1-4): 453-461. doi: [10.1007/s10661-009-0906-9](https://doi.org/10.1007/s10661-009-0906-9)
- Elbek, A. G., Emiroğlu, D. İ. & Saygı, H. (2003). Ege bölgesindeki dalyanların genel bir durum değerlendirilmesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 20 (1-2): 173 – 183.
- Erinç, S. (2001). *Jeomorfoloji II*, Der Yayınevi.
- Gaglio, M., Aschonitis, V. G., Gissi, E., Castaldelli, G., & Fano, E. A. (2017). Land use change effects on ecosystem services of river deltas and coastal wetlands: case study in Volano–Mesola–Goro in Po river delta (Italy). *Wetlands Ecology and Management*, 25, 67-86. doi: [10.1007/s11273-016-9503-1](https://doi.org/10.1007/s11273-016-9503-1)
- Gao, B. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266. doi: [10.1016/s0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(96)00067-3)
- Gao, W., Du, J., Gao, S., Xu, Y., Li, B., Wei, X., Zhang, Z., Liu, J. & Li, P. (2023). Shoreline Change Due to Global Climate Change and Human Activity at the Shandong Peninsula from 2007 to 2020. *Frontiers in Marine Science*, 9, 95-111. doi: [10.3389/fmars.2022.1123067](https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1123067)
- Gediz Nehir Havzası Yönetim Planı, (2018). Gediz Havzası NHYP Hazırlanması Projesi Nihai NHYP Raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK MAM ÇTÜE, Ankara.
- Hakyemez, H. Y., Göktaş, F. & Erkal, T. (2013). Gediz grabeninin kuvaterner jeolojisi ve evrimi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 56(2), 1-26.
- Hall, C. J., Jordaan, A., & Frisk, M. G. (2011). The historic influence of dams on diadromous fish habitat with a focus on river herring and hydrologic longitudinal connectivity. *Landscape Ecology*, 26(1), 95–107. doi: [10.1007/s10980-010-9539-1](https://doi.org/10.1007/s10980-010-9539-1)
- Hapke, C. J., Kratzmann, M. G. & Himmelstoss, E. A. (2013). Geomorphic and human influence on large-scale coastal change. *Geomorphology*, 199(1), 160–170. doi: [10.1016/j.geomorph.2012.11.025](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.025)
- Himmelstoss, E.A., Farris, A.S., Henderson, R.E., Kratzmann, M.G., Ergul, Ayhan, Zhang, Ouya, Zichichi, J.L., Thieler, E. R., (2018). Digital Shoreline Analysis System (version 5.0): U.S. Geological Survey software release, <https://code.usgs.gov/cch/dsas>.
- Jabaloy-Sánchez, A., Lobo, F. J., Azor, A., Martín, R. W., Pérez-Peña, J. V., Bárcenas, P., Macías, J. M., Fernández-Salas, L. M. & Vázquez-Vilchez, M. (2014). Six thousand years of coastline evolution in the Guadalfeo deltaic system (southern Iberian Peninsula). *Geomorphology*, 206, 374–391. doi: [10.1016/j.geomorph.2013.08.037](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.08.037)
- Kale M. M., Ataoğlu M. & Tekkanat İ. S. (2019). Assessment of shoreline alterations using a Digital Shoreline Analysis System: a case study of changes in the Yeşilırmak Delta in northern Turkey from 1953 to 2017. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(6), 1-13. doi: [10.1007/s10661-019-7535-8](https://doi.org/10.1007/s10661-019-7535-8)
- Kankara, R. S., Selvan, S. C., Markose, V. J., Rajan, B., & Arockiaraj, S. (2015). Estimation of long and short term shoreline changes along Andhra Pradesh coast using remote sensing and GIS techniques. *Procedia Engineering*, 116, 855-862. doi: [10.1016/j.proeng.2015.08.374](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.374)
- Kaplan, A., Ölgen, M. K., Hepcan, Ş., Türkyılmaz, B., Gencer Güler, G., Sıkı, M., Küçükbaş, E. V., Akgün, A., Kurucu, Y. & Öner, E. (2005). Kıyı sulak alan sistemi bağlamında Gediz Deltası'nın işlevleri ve üzerindeki baskılar yönüyle değerlendirilmesi, *Ege Coğrafya Dergisi*, 14(1-2), 1-16.
- Kaya, M. (2020). *Gediz Deltası ve Yakın Çevresinde Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Analizi*. Yayımlanmış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kayan, İ. & Öner, E. (2015). Sedimantolojik ve paleontolojik verilerle Gediz Delta ovasında (İzmir) alüvyal jeomorfoloji araştırmaları, *Ege Coğrafya Dergisi*, 24(2), 1-27.

- Kılar, H. (2023). Shoreline change assessment using DSAS technique: A case study on the coast of Meriç Delta (NW Türkiye). *Regional Studies in Marine Science*, 57. Doi: [10.1016/j.rsma.2022.102737](https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102737)
- Kılar, H., & Çiçek, İ. (2018). Göksu Deltası kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracı ile belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(1), 89-104. Doi: [10.1501/Cogbil_0000000192](https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000192)
- Kiepert, R. (1908). Karte von Kleinasien. Berlin: D. Reimer E. Vohsen, to 1915, 1908. Map. <https://www.loc.gov/resource/g7430m.gct00325/?st=gallery>
- Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., & Dihkan, M. (2011). Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey, *Ocean Engineering*, 38(10), 1141-1149. Doi: [10.1016/j.oceaneng.2011.05.006](https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2011.05.006)
- Kumanlıoğlu, A. (2020). Hydrological droughts and runoff trends of the Demirköprü Dam Reservoir Basin on Gediz River, Turkey. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 22(66), 793-800. doi: [10.21205/deufmd.2020226614](https://doi.org/10.21205/deufmd.2020226614)
- Leatherman, S.P., Zhang, K. & Douglas, B.C. (2000). Sea-level rise shown to drive coastal erosion, *Eos.*, 81, 55-57. doi: [10.1029/00EO00034](https://doi.org/10.1029/00EO00034)
- Li, R., Liu, J. K., & Felus, Y. (2001). Spatial modeling and analysis for shoreline change detection and coastal erosion monitoring, *Marine Geodesy*, 24(1) 1–12. doi: [10.1080/01490410121502](https://doi.org/10.1080/01490410121502)
- Maiti, S., & Bhattacharya, A. K. (2009). Shoreline change analysis and its application to prediction: A remote sensing and statistics based approach. *Marine Geology*, 257(1-4), 11-23. Doi: [10.1016/j.margeo.2008.10.006](https://doi.org/10.1016/j.margeo.2008.10.006)
- Martínez-Megías, C., & Rico, A. (2022). Biodiversity impacts by multiple anthropogenic stressors in Mediterranean coastal wetlands. *Science of the Total Environment*, 818. doi: [10.1016/j.scitotenv.2021.151712](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151712)
- McCarthy, M. J., Colna, K. E., El-Mezayen, M. M., Laureano-Rosario, A. E., Méndez-Lázaro, P., Otis, D. B., Toro-Farmer, G., Vega-Rodriguez, M. & Muller-Karger, F. E. (2017). Satellite Remote Sensing for Coastal Management: A Review of Successful Applications. *Environmental Management*, 60(2), 323–339. doi: [10.1007/s00267-017-0880-x](https://doi.org/10.1007/s00267-017-0880-x)
- 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(7), 1425–1432. doi: [10.1080/01431169608948714](https://doi.org/10.1080/01431169608948714)
- McLean, R. F., Tsyban, A., Burkett, V., Codignotto, J. O., Forbes, D. L., Mimura, N., Beamish, R. J. & Ittekkot, V. (2001). Coastal Zones and Marine Ecosystems. J. J. McCarthy, O. F., Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken & K. S. White (Eds) içinde, *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* (s. 343-379) Cambridge University Press.
- Meriç, B. T. & Çağırnkaya, S. (2013). *Sulak Alanlar* (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü), Kayıhan Ajans.
- Miller J.K. & Dean, R.G. (2004). A simple new shoreline model. *Coastal Engineering*, 51(7), 531-556. doi: [10.1016/j.coastaleng.2004.05.006](https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2004.05.006)
- Mimaroglu, M. (2013). *Gediz Havzası'nın on Tunç Çağ Tarihi Coğrafyası*, Yayımlanmış yüksek lisans tezi, T.C. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Montreuil, A. L. & Bullard, J. E. (2012). A 150-year record of coastline dynamics within a sediment cell: Eastern England. *Geomorphology*, 179, 168–185. doi: [10.1016/j.geomorph.2012.08.008](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.008)
- Morgan, P.A. & F.T. Short. (2002). Using functional trajectories to track constructed salt marsh development in the Great Bay Estuary, Maine/New Hampshire, U.S.A. *Restoration Ecology*, 10(3), 461–473. doi: [10.1046/j.1526-100X.2002.01037.x](https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.2002.01037.x)
- Nandi, S., Ghosh, M., Kundu, A., Dutta, D., & Baksi, M. (2016). Shoreline shifting and its prediction using remote sensing and GIS techniques: a case study of Sagar Island, West Bengal (India). *Journal of Coastal Conservation*, 20, 61-80. Doi: [10.1007/s11852-015-0418-4](https://doi.org/10.1007/s11852-015-0418-4)
- Nassar, K., Fath, H., Mahmod, W. E., Masria, A., Nadaoka, K., & Negm, A. (2018). Automatic detection of shoreline change: case of North Sinai coast, Egypt. *Journal of Coastal Conservation*. doi: [10.1007/s11852-018-0613-1](https://doi.org/10.1007/s11852-018-0613-1)
- Nerem, R. S., Beckley, B. D., Fasullo, J. T., Hamlington, B. D., Masters, D., & Mitchum, G. T. (2018). Climate-change-driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 115, 2022-2025. Doi: [10.1073/pnas.1717312115](https://doi.org/10.1073/pnas.1717312115)

- Neumann, J.E., Price, J., Chinowsky, P., Wright, L., Ludwig, L., Streeter, R., Jones, R., Smith, J. B., Perkins, W., Jantarasami, L. & Martinich, J. (2015). Climate change risks to US infrastructure: impacts on roads, bridges, coastal development, and urban drainage. *Climatic Change*, 131, 97–109. doi: [10.1007/s10584-013-1037-4](https://doi.org/10.1007/s10584-013-1037-4)
- Ozturk, D., & Sesli, F. A. (2015). Shoreline change analysis of the Kizilirmak Lagoon Series. *Ocean & Coastal Management*, 118(B), 290–308. doi: [10.1016/j.ocecoaman.2015.03.009](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.03.009)
- Patel, K., Jain, R., Patel, A. N., & Kalubarme, M. H. (2021). Shoreline change monitoring for coastal zone management using multi-temporal Landsat data in Mahi River estuary, Gujarat State. *Applied Geomatics*, 13(5), 333–347. doi: [10.1007/s12518-021-00353-8](https://doi.org/10.1007/s12518-021-00353-8)
- Penland, S. & Kulp, M. A. (2005). Deltas, M. L. Schwartz (Eds) içinde, *Encyclopedia of Coastal Science* (s. 362-367) Dordrecht: Springer.
- Peterson, M.S. & Lowe, M.R. (2009). Implications of cumulative impacts to estuarine and marine habitat quality for fish and invertebrate resources. *Reviews in Fisheries Science*, 17: 505–52. doi: [10.1080/10641260903171803](https://doi.org/10.1080/10641260903171803)
- Rosenberg, D. M., McCully, P. & Pringle C. M. (2000). Global-scale environmental effects of hydrological alterations: Introduction. *Bioscience*, 50, 746–751. doi: [10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0746:GSEEOH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0746:GSEEOH]2.0.CO;2)
- Sarp, G. ve Ozcelik, M. (2017). Water body extraction and change detection using time series: a case study from Lake Burdur, Turkey. *Journal of Taibah University for Science*, 11(3): 381-391. doi: [10.1016/j.jtusci.2016.04.005](https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2016.04.005)
- Sıkkı, M. (2002). Gediz Deltası (İzmir Kuş Cenneti) kuşları. *Ekoloji Çevre Dergisi*. 11 (44), 11-16.
- Syvitski, J. P. M., Vörösmarty, C. J., Kettner, A. J. & Green, P. (2005). Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science*, 308(5720), 376–380. doi: [10.1126/science.1109454](https://doi.org/10.1126/science.1109454)
- Tağıl, Ş. & Aytan, B. (2022). Gediz Deltası koruma alanında habitat değişikliğine bağlı ekosistem hizmet değerindeki değişiklikler. *Ege Coğrafya Dergisi*, 31(2), 371-383. doi: [10.51800/ecd.1176014](https://doi.org/10.51800/ecd.1176014)
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., & Ergul, A. (2017). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0—An ArcGIS extension for calculating shoreline change (ver. 4.4). U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. doi: [10.3133/ofr20081278](https://doi.org/10.3133/ofr20081278)
- Tıraş, M. (2007). Çamaltı Tuzlası. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 12(18), 291-300.
- Tosunoğlu, Z. (2017). İzmir'in kıyı dalyanları. T. Kınacıgil, Z. Tosunoğlu, Ş. Çaklı, E. Bey & H. Öztürk (Eds) içinde, *İzmir Balıkçılığı* (s. 147-155). İzmir Büyükşehir Belediyesi Su Ürünleri Hali Şube Müdürlüğü.
- Tucker, J. C., Grant, D. M., Dykstra, J. D. (2004). NASA's global orthorectified landsat data set. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(3), 313–322. Doi: [10.14358/PERS.70.3.313](https://doi.org/10.14358/PERS.70.3.313)
- Turoğlu, H., & Duran, A. (2021). Filyos Çayı Deltasında (Karadeniz) kıyı çizgisi değişiklikleri ve yakın geleceğe yönelik göstergeler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (78), 61-74. doi: [10.17211/tcd.1016928](https://doi.org/10.17211/tcd.1016928)
- Ülke, A., Özkul, S. & Tayfur, G. (2011). Ampirik yöntemlerle Gediz Nehri için askıda katı madde yükü tahmini, *İMO Teknik Dergi*, 22(107), 5387-5407.
- Vörösmarty, C. J., Syvitski, J., Day, J., de Sherbinin, A., Giosan, L., & Paola, C. (2009). Battling to Save the World's River Deltas. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 65(2), 31–43. doi: [10.2968/065002005](https://doi.org/10.2968/065002005)
- Wolanski, E., & Hopper, C. (2022). Dams and climate change accelerate channel avulsion and coastal erosion and threaten Ramsar-listed wetlands in the largest Great Barrier Reef watershed. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 22(2), 197-212. doi: [10.1016/j.ecohyd.2022.01.001](https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2022.01.001)
- Xue, Z., Feng, A., Yin, P. & Xia, D. (2009). Coastal erosion induced by human activities: a Northwest Bohai Sea case study, *Journal of Coastal Research*, 25(3), 723-733. doi: [10.2112/07-0959.1](https://doi.org/10.2112/07-0959.1)
- Yasir, M., Sheng, H., Fan, H., Nazir, S., Niang, A.J., Salauddin M. & Khan, S. (2020). Automatic coastline extraction and changes analysis using remote sensing and GIS technology. *IEEE Access*, 8, 180156-180170. doi: [10.1109/ACCESS.2020.3027881](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3027881)
- Yılmaz, O. (2022). *Gediz Havzası Bütününde Gediz Deltası'nın Uzaktan Algılama Teknikleri Uygulanarak Alan Kullanım Kararları ve Ekosistem Bozunumu İlişkileri Üzerine Araştırmalar*, Yayınlanmamış doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, İzmir.
- Zedler, J. B. & Callaway, J. C. (1999). Tracking wetland restoration: do mitigation sites follow desired trajectories?. *Restoration Ecology*, 7(1), 69–73. doi: [10.1046/j.1526-100X.1999.07108.x](https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1999.07108.x)