

Çoruh Deltası (Gürcistan) Kıyı Aşınım ve Birikim Hızlarının DSAS Kullanılarak Analizi

M.Murat KALE^{1*}, Şevval KOÇ²

Öz

Sınır aşan bir akarsu olan Çoruh Nehri XIX. yüzyıldan günümüze uzanan süreçte büyük antropojenik müdahaleler ile karşı karşıya kalmıştır. Antropojen faaliyetler nedeniyle artan baskı delta kıyı çizgisinde değişime neden olmuş ve olmaya devam etmektedir. Baskı sadece morfolojiyi değiştirmemekte, aynı zamanda bölgedeki şehirleşmenin gelişim sürecinde de dikkate alınması gereken bir unsur olma özelliği taşır. Karadeniz'in güney doğusundaki önemli turizm merkezi olan Batum şehri, Çoruh Deltası üzerinde yer alır. Delta kıyısı boyunca gelişim gösteren Batum, kıyı erozyonundan doğrudan etkilenmektedir. Bu bağlamda şehre ait farklı fonksiyonlara sahip alanlar kıyı çizgisi değişiminin baskısı ile karşı karşıyadır. Bu çalışmada, Çoruh Deltası kıyı erozyonunun Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla belirlenerek aşınım ve birikim hızlarının (m/yıl) hesaplanması ve analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede şehrin karşı karşıya olduğu risk net bir şekilde ortaya çıkacaktır. Çalışmada 1984, 2000 ve 2020 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntülerinden itibaren NDWI (Normalized Difference Water Index) kullanılarak kıyı çizgileri üretilmiştir. Kıyı çizgisindeki değişim DSAS (Digital Shoreline Analysis System) kullanılarak araştırılmıştır. Çalışma sahasının I. grup olarak sınıflandırılan kesiminde aşınımın egemen olduğu ve aşınım hızının 2,37 m/yıl olduğu tespit edilmiştir. II. grup olarak sınıflandırılan kesiminde ise kıyı çizgisi ilerlemesi ve gerilemesinin bir arada gerçekleştiği belirlenmiştir. II. grupta aşınım hızının en yüksek 2,90 m/yıl, birikim hızının ise en yüksek 2,41 m/yıl olarak gerçekleştiği hesaplanmıştır. Çalışma bulguları özellikle Gonio plajının yer aldığı bölge ile Batum Uluslararası Havalimanı'nın kıyı erozyonuna bağlı olarak deniz ilerlemesi sorunuyla karşı karşıya olduğu savını desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Kıyı çizgisi, Aşınım ve birikim, NDWI, DSAS.

Analysis of Coastal Erosion and Deposition Rates in the Çoruh Delta (Georgia) using DSAS

Abstract

As a transboundary river, the Çoruh River has faced major anthropogenic interventions from the nineteenth century to the present day. Increasing pressure due to anthropogenic activities has caused and continues to cause changes in the delta shoreline. Pressure does not only change the morphology, but has also become a factor to be taken into account in the development process of urbanization in the region. Batumi, one of the important centres in the south-east of the Black Sea, is located on the Çoruh delta. Developing along the delta coast, Batumi is directly affected by coastal erosion. In this context, areas of the city with different functions are under the pressure of shoreline change. This study aims to calculate and analyze the erosion and deposition rates (m/year) by revealing the shoreline change in the Çoruh Delta with the help of Remote Sensing and Geographic Information Systems. In this way, the risk facing the city will be clearly revealed. Landsat satellite images from 1984, 2000, and 2020 were used in the study. From the satellite images, shorelines were created by NDWI (Normalized Difference Water Index) analysis. The change in the shoreline was investigated using DSAS (Digital Shoreline Analysis System). In the part of the study area classified as group I, it was determined that the erosion rate was 2.37 m/year. In the part of classified as group II, it was determined that shoreline advancement and retreat occurred together. It was calculated that the highest erosion rate was 2.90 m/year and the highest accumulation rate was 2.41 m/year in group II. The results of the study support the assertion that especially the area where Gonio beach is located and Batumi International Airport are facing the problem of sea advancement due to coastal erosion.

Keywords: Shoreline, Erosion and deposition, NDWI, DSAS.

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çankırı, Türkiye, mmuratkale@gmail.com

²Çankırı Karatekin Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Çankırı, Türkiye, swl_65@hotmail.com

¹<https://orcid.org/0000-0001-6975-7069>

²<https://orcid.org/0000-0002-1896-1438>

1. Giriş

Jeomorfolojik bir birim olan kıyı, morfodinamik etken ve süreçler ile şekillenmektedir (Turoğlu, 2019). Ekosistemin önemli bir parçası olan bu jeomorfolojik birim, doğal süreçlerin yanı sıra antropojen kökenli aktivitelerin de etkisinde kalmakta ve kıyı çizgisinde kısa süreli, uzun süreli veya epizodik değişimler ortaya çıkmaktadır (Gibeaut ve ark., 2001). Uluslararası Jeoloji Bilimleri Birliği'nin "Coğrafi Belirleyici" olarak tanımladığı kıyı çizgisi (Kılar ve Çiçek, 2018; Liu, 2004), en yalın haliyle yatay yönde gelişmiş ve genişliği hava şartlarına göre değişen kara ile su kütlesi arasındaki sınır olarak tanımlanmakta olup kara ve su ortamlarının temel ayırt edicisi konumundadır (Erinç, 2001).

Akarsu yükünün sucul ortamda birikmesi sırasında kıyının dalga, akıntı, gel-git gibi dış kuvvetler tarafından şekillendirilmesiyle oluşan kıyı ovası olarak tanımlanan delta (İnandık, 1971; Hoşgören, 2013) aynı zamanda kıyı çizgisi ilerlemesinin gerçekleştiği bir sahada akarsu ağzında biriken sediman kütlesidir (İncedayı, 2015). Alçak kıyılar oluşturan deltaların evrimi, kıyı çizgisi değişimi ile etkileşim halindedir. Bir başka ifadeyle deltalar kıyı dinamiklerindeki değişime oldukça hassastır. Doğal ve antropojen etkilere karşı son derece duyarlı olan delta ve delta kıyı çizgisi birçok etkenin kontrolünde gelişen oldukça karmaşık sistemlerdir (Eraslan, 2019). Doğal ortam özellikleri delta evrimi ve kıyı çizgisi değişimi üzerinde belirleyicidir. Bununla birlikte herhangi bir deltanın gelişim gösterdiği sahada akarsuyun sediman bütçesini etkileyen her türlü beşeri faaliyet delta evriminde söz sahibi olan antropojen sürecin ögesidir (Avcı, 2017; Turoğlu, 2019). Bu bağlamda gerek suyun enerjisi ve miktarı gerekse taşıdığı sediman yükü üzerinde değişikliğe neden olan her türlü faaliyet aynı zamanda delta gelişimi ve kıyı çizgisi değişimi üzerinde de belirleyicidir (Brandt, 2000; Karasu, 2016; Miliman, 1980; Rio ve ark., 2013).

Dünya genelinde, farklı havzalarda gerek doğal süreçler gerekse antropojen aktivitelere bağlı olarak delta kıyı çizgisi değişmekte olup kıyı çizgisi değişimindeki eğilim güncel ve önemli araştırma konularının başında gelmektedir. Özellikle içinde bulunduğumuz dönemde Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) kaydedilen hızlı ilerlemeler ile birlikte kıyı çizgisindeki değişime ait büyüklük ve hız sayısal analiz yöntemleri kullanılarak yaygın bir biçimde araştırılmaktadır (Tağıl ve Cürebal, 2005; Kuleli ve ark., 2011; Louati ve ark., 2015; Ataol ve ark., 2019; Kale ve ark., 2019; Bougherira ve ark., 2020; Muskananfolo ve Febrianto, 2020; Ayalke ve ark., 2023).

Delta gelişiminde oldukça önemli bir yere sahip olan akarsu yükü, havza alanının birden fazla ülke toprağında olması halinde paydaş ülkelerin su kaynaklarına yönelik geliştirdikleri proje ve uygulamaların tesiri altında kalmaktadır. Dış politikada önemli bir yere sahip olan sınır aşan sular; bir ülkenin sınırları içerisinde kaynağını alarak başka bir ülke ile sınır oluşturan veya birden fazla

ülke toprağından geçerek alıcı ortama dökülen sular olarak tanımlanmaktadır (Erdağ, 2015; Köle, 2017). Kıyıların oluşum ve gelişim süreçleri dikkate alındığında, bazı kıyıların özellikle sınır aşan sular tarafından taşınan materyal ile yakından ilişkili olduğu anlaşılır.

Bu çalışmaya konu olan Çoruh Deltası, Çoruh Nehri tarafından taşınan sediman yükünün akarsu ağzında birikmesine bağlı olarak Karadeniz çanağının güneydoğusunda gelişim gösterir (Şekil 1). Delta Gürcistan'ın Acara Özerk bölgesinin başkenti olan Batum'a ev sahipliği yapmaktadır. Çoruh Deltası üzerinde kurulup gelişen Batum şehri, bölgede önemli bir turizm merkezi konumundadır (Tanıl, 2015). Şehrin Dünya'ya açılan kapısı konumundaki uluslararası havalimanı, kıyı çizgisinin hemen gerisinde kıyıya dik konumdadır. Şehrin arıtma tesisi ve kıyı çizgisi arasında yaklaşık 100 m mesafe bulunmaktadır. Turizm tesislerinin çok büyük bir kısmı deltanın kuzeybatı aksında havalimanı ve liman arasındaki kıyı çizgisinin hemen gerisinde yer almaktadır. Şehre ait yapılaşma faaliyetlerinin tümü güncel olarak delta sahası üzerindedir.



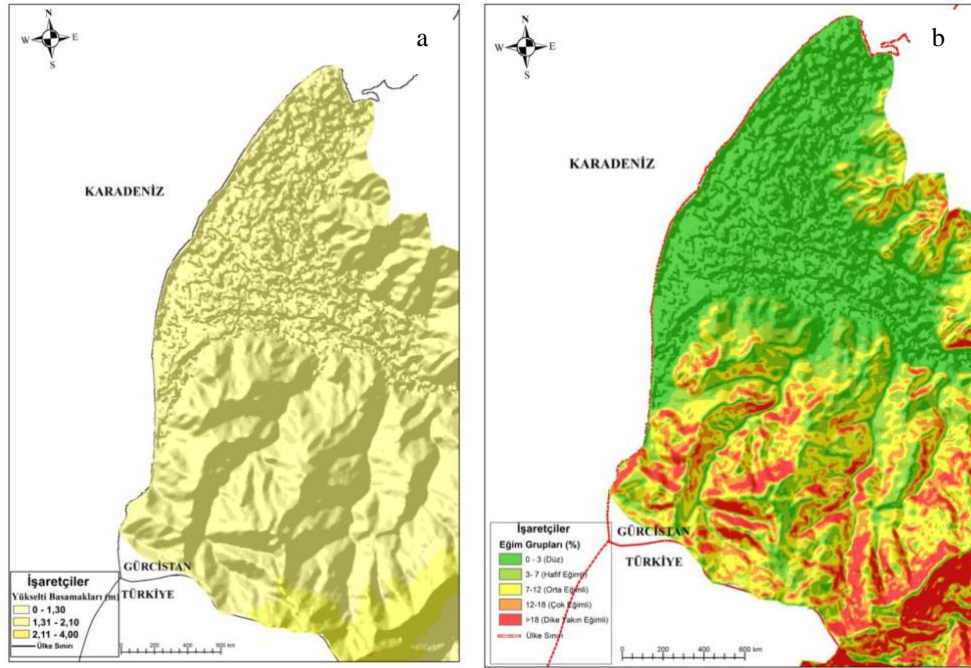
Şekil 1. Çalışma sahasına ait yer bulduru haritası.

Batum'da uzun dönem yıllık ortalama sıcaklık değeri 13,36°C olup ağustos ayı 22,10°C ortalama sıcaklık ile en sıcak ay, ocak ayı 5°C ortalama sıcaklık ile en soğuk aydır (Koç, 2023). Batum'un yıllık ortalama yağış miktarı 2.137 mm'dir. Eylül ayı 257 mm yağış ile en yağışlı ay olurken, mayıs ayı 107 mm ile en kurak aydır. Batum genellikle önemli miktarda kar almaz ve yıl boyunca karla kaplı gün sayısı son derece azdır (Koç, 2023). Batum'da hâkim rüzgâr, denizden karaya doğru batı ve kuzeybatı yönlerinden sokulur (Giardino ve ark., 2015). Çoruh Deltası açıklarında meydana gelen yüzey akıntısı ve dalgalar batı ile kuzeybatı yönlerinden gelen rüzgârlarla karakterizedir (Giardino ve ark., 2015). Dalga ve yüzey akıntılarının ana seyri, deltanın batı ve güneybatı kesimlerinden kıyıya paralel bir hat boyunca kuzeye doğrudur.

Çoruh Deltası sediman bütçesine en büyük katkıyı sağlayan akarsu aynı zamanda sınır aşan akarsu, akışa geçen suyun toplandığı havza ise sınır aşan akarsu havzası statüsündedir. Türkiye ve

Gürcistan topraklarında hareket eden akarsu 431 km ana kol uzunluğuna sahip olup, bunun 410 km'si Türkiye, 21 km'si ise Gürcistan topraklarındadır (Acar, 2017; Süme ve Türüt, 2018). Akarsuya Türkiye topraklarından katılan en önemli yan kollar; Tortum Çayı, Oltu Çayı ve Berta Çayı (Bulanık Suyu)'dır. Gürcistan topraklarından akarsuya katılan en önemli yan kol ise Adzharis (Acharistskali) Çayı'dır.

Akarsuyun Türkiye sınırları dâhilindeki beslenme sahasında yükselti ve eğim değerleri, mansap ülkeye oranla daha fazladır. Buna karşın deltanın gelişim gösterdiği sahanın yükseltisi akarsuyun akış yukarısı ve çevresine kıyasla daha az olup (Şekil 1 ve Şekil 2a), eğim değerleri %0-3 (düz) eğim aralığındadır (Şekil 2b). Büyük oranda Türkiye topraklarından beslenen akarsu, morfolojinin tesiriyle oldukça yüksek düzeyde enerjiye sahiptir. Çoruh Nehri 6,3 milyar m³ akış hacmi (Sucu ve Dinç, 2008) ve sahip olduğu yüksek düzeydeki enerji ile büyük miktarda aşındırma faaliyeti gerçekleştirmekte olup antropojen müdahaleler öncesinde Karadeniz'e yılda 7,5 ile 8,1 milyon ton aralığında sediman taşınımı gerçekleştirmiştir (Algan ve ark., 2000; Hay, 1994).



Şekil 2. Çalışma sahasına ait yükselti ve eğim haritası.

Çoruh Nehri tarafından taşınan karasal çökellerin birikim ürünü olan Çoruh Deltası'nın oluşum ve evrimi, Çoruh Havzası'nın bugünkü görünümünü kazanma süreci ile yakından ilişkilidir (Bilashvili, 2007). Güncel olarak Çoruh Deltası iki su altı kanyonu arasında görece sığ bir sahada gelişim göstermektedir (Jipa ve ark., 2020). Akarsuyun denize döküldüğü yerde Çoruh; liman açıklarında ise Batum su altı kanyonları bulunmaktadır (Çoban ve ark., 2020). Deniz seviyesi değişimleri bölge morfolojisinin şekillenmesinde belirleyici bir role sahip olmuştur. Kuvaterner'de

Karadeniz'in boğazlar marifetiyle Akdeniz'e bağlanması sonucunda gerçekleşen deniz seviyesi değişimi, Batum ve yakın çevresinde tarihsel süreçte var olan akarsu yataklarının deniz seviyesinin altında kalmasına ve su altı kanyonlarına dönüşmesine neden olmuştur (Bilashvili, 2007; Pepping, 2012).

Doğal süreçlerin delta evrimi üzerindeki etkisinin yanı sıra, Çoruh Deltası ve kıyı çizgisi XIX. yüzyıldan günümüze ulaşan süreçte yoğun bir şekilde antropojen faaliyetlerin baskısı altında kalmıştır.

Tarihsel süreçte Çoruh Nehri günümüzden farklı şekilde, Karadeniz'e birden fazla kol halinde deşarj olmuştur. Ana kol, bugünkü nehir ağzının yaklaşık 3-4 km kuzeyinden Karadeniz'e dökülmüş; daha küçük olan güney kol ise günümüz nehir ağzı ile hemen hemen aynı yerden denize dökülmüştür (Pepping, 2012). XIX. yüzyıl boyunca kıyı sistemi üzerinde antropojenik iki büyük müdahale gerçekleşmiştir. Müdahalelerden ilki akarsuyun kuzey kolunun kapatılması (muhtemel bir taşkın sonrası akımın güneydeki kola yöneldiği dönemde) olurken diğeri ise Batum Burnu'na liman yapım çalışmalarının başlatılması olmuştur. Ana akarsu yatağının kapatılması ile Çoruh Nehri tarafından taşınan sediman yükü doğrudan su altı kanyonuna deşarj olmaya başlamıştır (Bilashvili, 2007; Çoban ve ark., 2020). Bölgenin en önemli uluslararası limanları arasında yer alan Batum Limanı ise Batum su altı kanyonunu önüne inşa edilmiştir. Limanla beraber inşa edilen dalgakıran, su altı kanyonuna taşınan sedimanın doğal akışını keserek dalgakıran önünde birikimine neden olmuştur (Pepping, 2012). Özellikle akarsu kuzey kolunun kapatılması, akarsu tarafından taşınan sediman yükünün Çoruh Kanyonu'na deşarj olmasına neden olarak kıyı sisteminin sediman bütçesini olumsuz yönde etkilemektedir. XX. yüzyıla gelindiğinde ise akarsuyun sahip olduğu yüksek miktardaki hidroelektrik potansiyelden yararlanma projeleri memba ülkede gündeme gelmiş, mansap ülkede ise akarsu madenciliği çalışmaları hız kazanmıştır. Batum ve yakın çevresinde turizm faaliyetlerine bağlı olarak artan inşaat çalışmaları için gerekli olan ham madde 1975-2007 yılları arasında neredeyse tümüyle Çoruh Nehri'nden temin edilmiştir (Koç, 2023). 2007 yılı itibariyle büyük oranda durdurulan madencilik faaliyeti içinde bulunduğumuz dönemde kısmen de olsa akarsuyun yukarı çığırlarında devam etmektedir (Koç, 2023). 1975-2007 dönemi boyunca sediman madenciliğine bağlı olarak artan bir hacimle sediman alımı gerçekleştirilmiş olup, sadece 1989 yılında yataktan alınan sediman miktarı 1,9 milyon ton olarak kayıtlara geçmiştir (Pepping, 2012). 2005 yılına gelindiğinde Çoruh Nehri hidroelektrik potansiyelinden yararlanma çalışmaları kapsamında ilk büyük su yapısı olan Muratlı Barajı ve Hidroelektrik Santrali (HES) devreye alınmıştır. Güncel olarak memba ülkede, rezervuar hacmi 75 milyon m³ ve üzerinde 8 büyük baraj ve HES (Ayvalı, Arkun, Artvin, Borçka, Deriner, Güllübağ, Muratlı, Yusufeli) akarsu ve yan kolları üzerinde yer almaktadır. Mansap ülke, elektrik enerjisi üretimi temel amacı ile Çoruh Nehri üzerinde iki büyük su yapısı inşa etmiştir. Bunlardan biri Türkiye sınırına yaklaşık 2,5 km uzaklıkta yer alan Kirnati Barajı ve HES'i diğeri ise Adzharis Çayı

ile Çoruh Nehri'nin birleşim noktasının 1,5 km akış aşağısında yer alan Khelvachauri Baraj ve HES'idir.

Çoruh Deltası, akarsuyun kuzey kolunun kapatıldığı ve kanyona deşarjının tetiklendiği andan itibaren büyük kıyı erozyonu problemi ile karşı karşıya kalmıştır (Bilashvili, 2007; Çoban ve ark., 2020; Pepping, 2012). 1880 ve 1913 yılları arasında akarsuyun kuzey kolunun olduğu sahada 6 m/yıl ile 8 m/yıl aralığında değişen hızlarda erozyon gerçekleştiği belirlenmiştir (Pepping, 2012). 1913 ve 1983 yılları arasındaki dönemde ise erozyonun, kıyı sisteminde kısmen denge konumuna ulaşılması ve erozyona karşı devreye alınan bir takım projelere bağlı olarak azaldığı saptanmıştır (Pepping, 2012). Çoban ve ark., (2020), deltadaki alansal kayıpları araştırdıkları çalışmalarında 1984 ve 2019 yılları arasında akarsu ağzının sağ ve solunda yer alan her iki sahilde alansal kayıpların egemen olduğu, liman bölgesine yaklaştıkça alansal artışın hakim olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışma bulguları akarsu ağzı ile Türkiye sınırı arasında kalan kesimde 52 ha kayıp, akarsu ağzı ile liman arasında kalan kesimde ise 11 ha kayıp gerçekleştiğini göstermektedir (Çoban ve ark., 2020). Söz konusu çalışmada alansal olarak değişim ortaya koyulmuş fakat aşınım ve birikim hızları ortaya çıkartılmamıştır.

Bu çalışmada Çoruh Deltası kıyı şeridindeki aşınım ve birikim hızlarının (m/yıl) Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak hesaplanması ve analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede kıyı çizgisindeki güncel değişim hızı saptanarak, değişim eğilimi belirlenecek ve Batum şehrinde kıyı erozyonuna bağlı deniz ilerlemesi ile karşı karşıya kalan alanların güncel durumu tespit edilecektir.

2. Materyal ve Metot

Çoruh Deltası kıyı şeridindeki aşınım ve birikim hızlarının (m/yıl) hesaplanması ve analiz edilmesinin amaçlandığı bu çalışmanın temel veri seti uydu görüntülerinden itibaren üretilen kıyı çizgileridir. Veri setinin üretilmesi ve çalışma genelinde kullanılan harita ve altlıkların hazırlanması için ArcGIS 10.5 programı ve ilgili modülleri kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait temel bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Belirlenen kriterler dâhilinde ulaşılabilen en eski ve en yeni tarihli uydu görüntüleri sırasıyla 1984 ve 2020 yıllarına ait olup söz konusu tarihler bu çalışmanın alt ve üst sınırını oluşturmaktadır. Temel veri setinin üretilmesinde doğru sonuçlar elde edebilmek için temel kriter olarak çözünürlük ve bulutluluk oranları ile tarihlerine dikkat edilmiştir. Görüntüler, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumu (USGS: The United States Geological Survey) veri tabanından ücretsiz olarak temin edilmiştir. Bu çalışmada, çözünürlük farkları kökenli hesaplama hatalarının önüne geçebilmek için eş çözünürlüklü görüntüler tercih edilmiş ve kullanılmıştır. Mevsimsel değişimin ortaya çıkartacağı

farklılıkların önüne geçebilmek için ise aynı mevsime ait görüntüler seçilmiş ve olabildiğince görüntü tarihlerinin gün ve ay ölçeğinde birbirlerine yakın olmasına dikkat edilmiştir. Bulut kütleleri, uydu görüntülerinde konumlandıkları yerler itibarıyla kıyı çizgisinin hatalı saptanmasına neden olabilmektedir (Kalkan ve ark., 2019). Söz konusu hatayı bertaraf edebilmek için bulutluluk oranı düşük görüntüler tercih edilmiş ve özellikle kıyı çizgileri üzerinde bulut kütlelerinin olmamasına özen gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait temel bilgiler.

Tarih	Uydu görüntüsü	Kullanılan bandlar	Çözünürlük (m)	Projeksiyon	Dosya türü	Bulutluluk oranı (%)
26.10.1984	Landsat 4-5TM	Band-2 Band-4	30X30	WGS1984 UTM ZONE37	GEOTIFF	<10
06.10.2000	Landsat 4-5TM	Band-2 Band-4	30X30	WGS1984 UTM ZONE37	GEOTIFF	<10
04.11.2020	Landsat 7 ETM	Band-2 Band-4	30X30	WGS1984 UTM ZONE37	GEOTIFF	<10

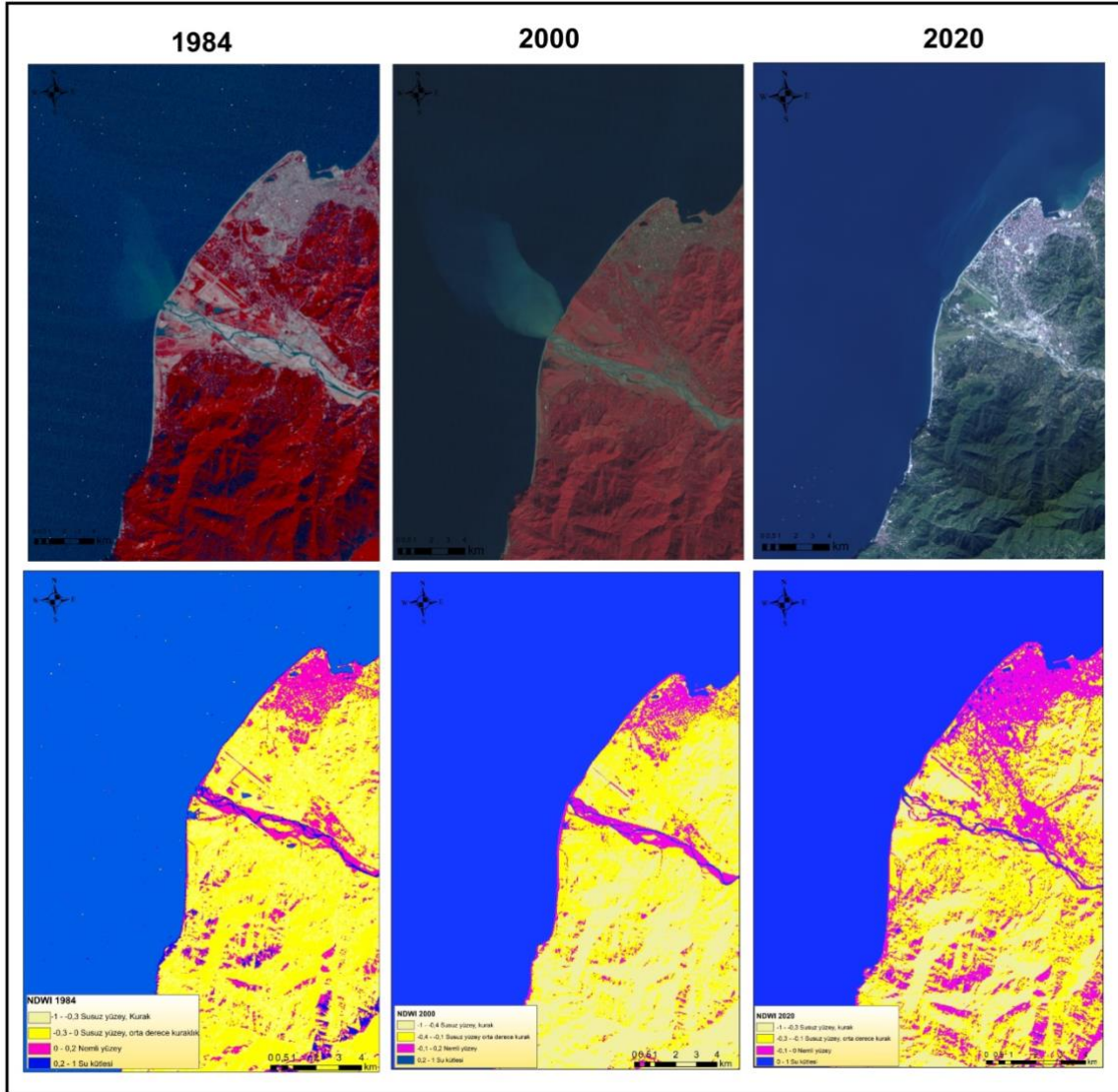
Çalışmada kullanılmasına karar verilen uydu görüntüleri doğrudan (ham olarak) kullanılmamıştır. Görüntüler ilk olarak ön işleme tabi tutulmuştur. Uydu görüntüsündeki atmosfer etkileri ve yansıma kökenli hatalarının önüne geçilmesi temel amaçları ile radyometrik düzeltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Eş zamanlı olarak sistematik ve sistematik olmayan geometrik hataların önüne geçilmesi için ise geometrik düzeltmeler tamamlanmıştır. Bu çalışmada uydu görüntülerindeki radyometrik düzeltmeler Erdas Imagine yazılımı ilgili modülleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan kıyı çizgileri, Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI: Normalized Difference Water Index) yöntemi kullanılarak düzeltmeleri gerçekleştirilmiş uydu görüntüleri üzerinden üretilmiştir. McFeeters tarafından 1996 yılında geliştirilen NDWI analizi, uydu görüntülerinden itibaren su kütlelerini kara kütlelerinden ayırt etmek için kullanılan yöntemlerden biridir (Kaplan ve ark., 2020; Kshetri, 2018). Yöntemde su yüzeylerini ortaya çıkarmak için farklı band kombinasyonları kullanılmaktadır. NDWI indeksi denklem (1) kullanılarak hesaplanmaktadır.

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

Denklemden, NDWI; Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi olmak üzere NIR; yakın kızılötesi ve Green; yeşil bandı ifade etmektedir. Eşitlikte yakın kızılötesi suyun reflektansını en üst seviyeye çıkartırken, yeşil band yansımayı en alt düzeye indirgemektedir (McFeeters, 1996). Elde edilen analiz sonuçları +1 ve -1 arasında değerler almakta olup, değerlerin 1'e yaklaşması uydu görüntüsündeki su kütlelerinin varlığını kuvvetlendirmektedir (Demiroğlu ve Ernst, 2022; McFeeters, 1996). Analiz

sonucunda sahada yer alan toprak, çıplak kaya yüzeyi veya bitki örtüsü ile kaplı alanlar ise sıfır ya da sıfırın altında değerler almaktadır (McFeeters, 1996). Çalışmada kullanılmasına karar verilen uydu görüntüleri ile birlikte NDWI analizi ile elde edilen kara ve su kütlesi ayırımı gösteren haritalar Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3.Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri ve NDWI analiz sonuçları.

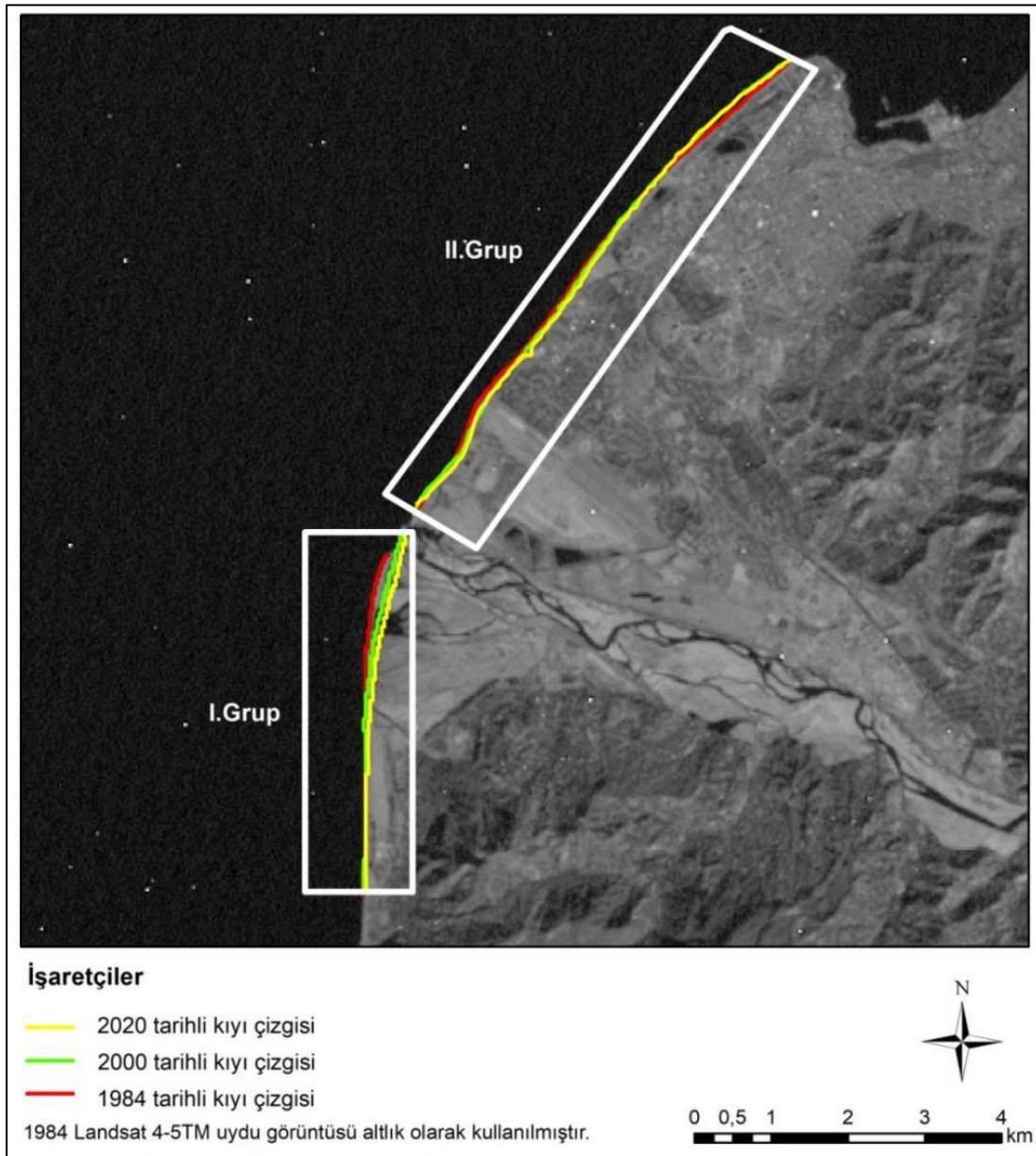
Bu çalışmada; 1984, 2000 ve 2020 yıllarına ait 13 km uzunluğundaki kıyı şeridindeki aşınım ve birikim hızları (m/yıl) araştırılmıştır. Kıyı şeridinin 5,10 km'lik kısmı akış yönüne göre akarsu ağzının sol sahilinde yer alırken, 7,90 km'lik kısmı akarsu ağzının sağ sahilinde yer almaktadır. Aşınım ve birikim hızlarının belirlenmesi için USGS tarafından geliştirilmiş olan Dijital Kıyı Çizgisi Analiz Sistemi (DSAS: Digital Shoreline Analysis System) kullanılarak gerekli hesaplama ve analizler gerçekleştirilmiştir.

DSAS, kıyı çizgilerindeki değişim oranı ve hızını hesaplanması için kullanılabilen, ArcGIS programının eklentisi olarak çalışan bir yazılımdır (Aktaş ve Bahadır, 2022; Himmelstoss ve ark., 2018; Oyedotun, 2014; Thieler ve ark., 2017). Referans bir veriden itibaren kıyı çizgilerini analiz edebilme özeliğine sahip DSAS eklentisinde yer alan farklı hesaplama araçları kıyı çizgisi değişimlerinin detaylı olarak hesaplanmasını sağlamaktadır (Erdem ve ark., 2018; Kale ve ark., 2019). Çalışmada kullanılan DSAS V5.0 eklentisi, DSAS'ın 5.sürümü olup USGS'dan temin edilmiştir. Çalışma dönemi başı ile sonu arasındaki değişimi hesaplamak için Net Kıyı Çizgisi Değişimi (NSM: Net Shoreline Movement), erozyon hızını saptamak için Doğrusal Regresyon Oranı (LRR: Linear Regression Rate) ve LRR'nin sınanması için ise R-Kare (LR2: R- squared) istatistiğinden faydalanılmıştır. NSM değeri iki farklı tarihe ait kıyı çizgisi kullanılarak hesaplanmaktadır. Mesafe cinsinden çıktılar sağlayan NSM sonucu elde edilen değer uzunluk birimi cinsinden ifade edilmektedir (Akdeniz, 2021; Himmelstoss ve ark., 2018; Thieler ve ark., 2017). LRR, bir profil hattı boyunca tüm kıyı çizgilerinin zamana göre değişimini hesaplamaktadır. LRR istatistiği, kıyı çizgilerini kesen doğrusal bir hat boyunca, her bir kesişim noktasından itibaren en küçük kareler yöntemiyle oluşturulan regresyon doğrusu üzerinden belirlenmektedir. LRR'nin en büyük avantajları tüm kıyı çizgileriyle hesaplama yapılabilir olması ve hesaplamaların kabul görmüş istatistiksel kavramlara dayalı olması şeklinde gruplandırılabilir (Ciritci, 2020; Crowell ve ark., 1997; Himmelstoss ve ark., 2018; Thieler ve ark., 2017). Kullanılan araçlar arasında yer alan LR2 istatistiği 1,0 ile 0,0 arasında değişkenlik göstererek, kıyı noktaları arasındaki doğrusal ilişkiyi yansıtmaktadır. Bu çalışmada LR2 %95 güven aralığında hesaplanmıştır. LR2 değerinin bire yakınsaması doğruluk oranının yüksek olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Ataol ve ark., 2019; Himmelstoss ve ark., 2018; Kale ve ark., 2019; Thieler ve ark., 2017).

DSAS aracında hesaplamaların gerçekleştirilmesi için öncelikli olarak bir referans hattı gerekmektedir. Söz konusu referans hattı baseline olarak adlandırılmaktadır. DSAS, çizilen referans hattından itibaren kıyı çizgilerini kesen doğrusal hatlar boyunca hesaplama ve analizleri gerçekleştirmektedir. Referans hattına dik olacak şekilde kıyı çizgilerini kesen doğruya transect denilmektedir. Kıyı çizgisi değişikliğinin hesaplanmasında referans hattı iki şekilde oluşturulabilir. Bunlardan birincisi; referans hattının kara ortamında üretilip kıyı çizgisi değişiminin hesaplanmasıdır. Bir diğeri ise deniz ortamında üretilen bir referans hattı ile kıyı çizgisi değişiminin hesaplanmasıdır (Himmelstoss ve ark., 2018; Thieler ve ark., 2017). Bu çalışmada, kıyı çizgisi değişimi analiz edilirken referans hattı üretimi kara ortamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, referans hattını kesen dik hatların uzunluğu 800 m ve hatlar arası mesafe 50 m olarak belirlenmiştir. Hesaplama ve analizler akarsu ağzının sağ ve solunda yer alan kıyı çizgileri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular

Çoruh Deltası kıyı çizgisinde aşınım ve birikim hızlarının (m/yıl) araştırıldığı bu çalışmada, hesaplama ve analizler akarsuyun denize döküldüğü nokta referans alınarak iki grup altında gerçekleştirilmiştir. I. grup, akarsu ağzının solunda kalan ve akarsu ağzından Türkiye sınırına doğru uzanan kıyı çizgilerinden oluşmaktadır. II. grup ise akarsu ağzının sağında kalan ve akarsu ağzından Batum Limanı'na doğru uzanan kıyı çizgilerinden oluşmaktadır (Şekil 4). Her iki grup içinde 1984-2020 yılları arası 37 yıllık dönemi kapsayan üç farklı kıyı çizgisi dikkate alınarak hesaplama ve analizler gerçekleştirilmiştir.

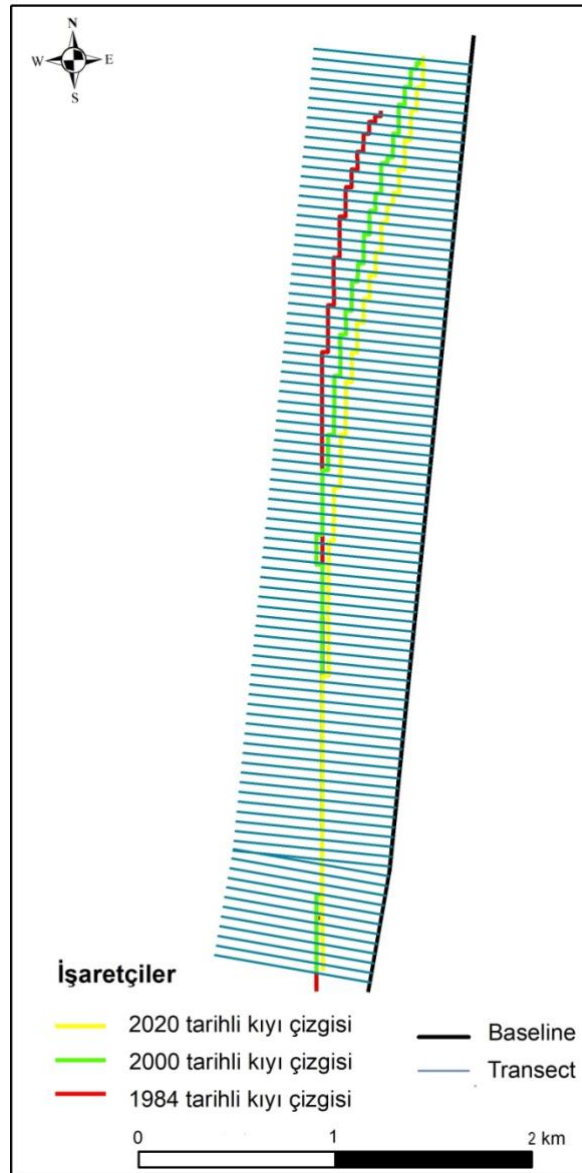


Şekil 4. NDWI analiziyle elde edilen kıyı çizgileri ve grupları.

Çalışma sahasının I.grubu için oluşturulan referans hattı ve transectler Şekil 5'te, DSAS modülü kullanılarak gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda elde edilen NSM, LRR ve LR2 değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo2. I. grup için NSM, LRR ve LR2 değerleri.

	%95 güven aralığında		
	NSM	LRR	LR2
En yüksek	0,00	0,00	1,00
En düşük	-242,68	-6,67	0,00
Ortalama	-85,81	-2,37	0,71

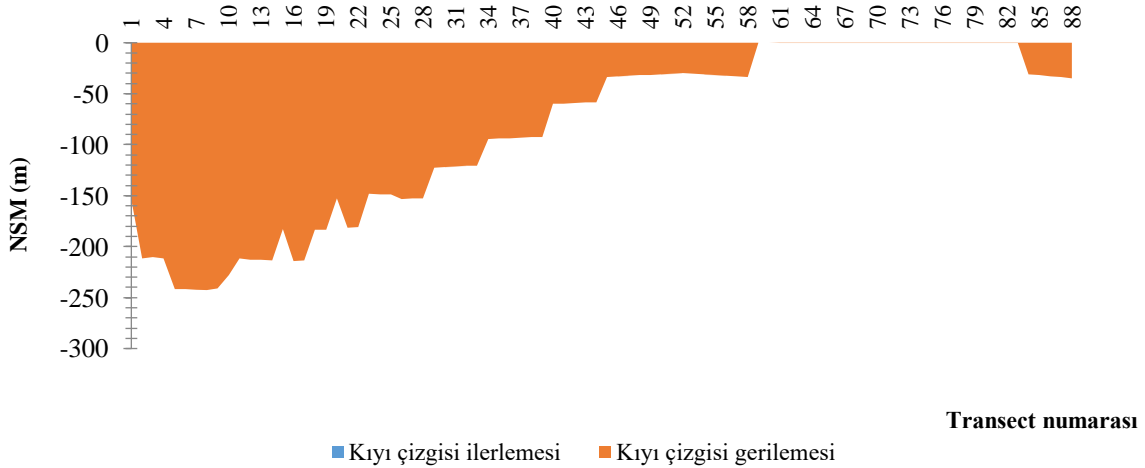


Şekil 5. I. grup için baseline ve transectler.

Akarsuyun denize döküldüğü noktadan, Türkiye sınırına doğru uzanan yaklaşık 5,10 km uzunluğundaki I. grupta 50 m aralıklarla 95 transect çizilerek hesaplama ve analizler

gerçekleştirilmiştir. Her iki kıyı çizgisini de (1984 ve 2020) kesen 88 transecte ait NSM değerleri dikkate alındığında 1984-2020 döneminde kıyı çizgisinde en yüksek 0,00 m, en düşük -242,68 m ve ortalama -85,81 m değişim gerçekleştiği belirlenmiştir.

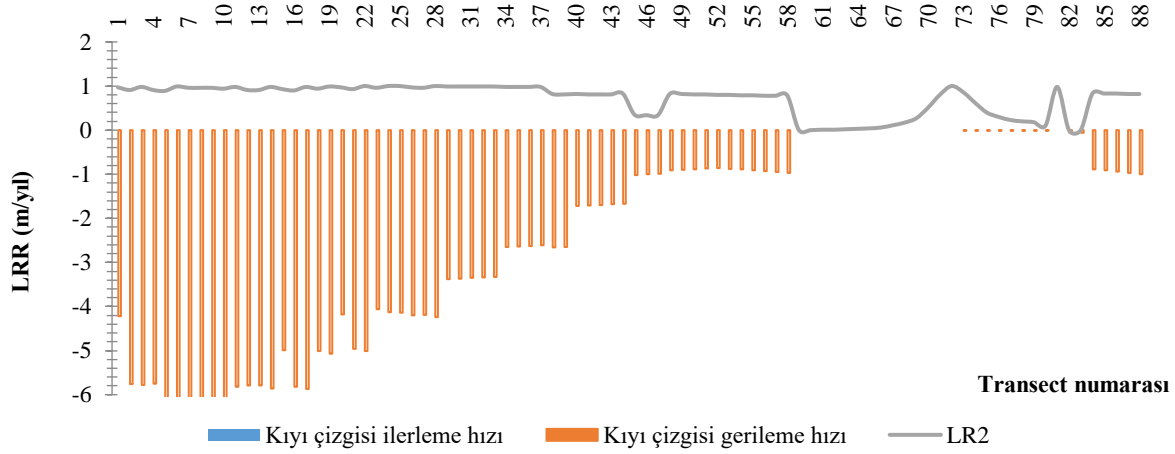
37 yıllık çalışma dönemi sonunda, I.grup olarak sınıflandırılan bölgede net kıyı çizgisi değişiminin negatif değerlikli olduğu belirlenmiştir. NSM, I. grupta hesaplamaların yapıldığı hiçbir noktada pozitif değer almamıştır. Bu durum 1984 yılından 2020 yılına gelindiğinde sahada aşımın baskın olduğunu ve beraberinde kıyı çizgisi ilerlemesinin gerçekleşmediğini göstermektedir. I. grupta egemen olan negatif değerlik, çalışma sahasının bu kesiminde erozyonun egemen olduğunu ve ağırlıklı olarak denizin kara yönünde ilerlediğini göstermektedir. I.grupta kaydedilen kıyı çizgisi değişimi mekânsal farklılıklar göstermekle birlikte ortalama olarak -85,74 m düzeyinde gerçekleşmiştir. NSM değerleri dikkate alınarak kıyı şeridinde meydana gelen değişim ve miktarları (m) Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'da 1 numaralı transect akarsu ağzına en yakın konumdaki transect'i gösterirken, 88 numaralı transect akarsu ağzına en uzak konumdaki transect'i ifade etmektedir. Çalışma bulguları akarsu ağzına yaklaştıkça kıyı çizgisinde gerçekleşen gerilemenin arttığını göstermektedir (Şekil 6). En yüksek miktardaki gerileme akarsu ağzına 200 m uzaklıkta gerçekleşmiş olup, akarsu ağzından Türkiye sınırına doğru ilerleyen kıyı hattı boyunca kıyı çizgisi gerilemesinin yer yer sifira yakınsadığı tespit edilmiştir.



Şekil 6. I. grup için kıyı çizgisi değişimi.

I. grup için 50 m transect aralığında LRR değeri en yüksek 0,00 m/yıl, en düşük -6,67 m/yıl ve ortalama -2,37 m/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışma bulguları Çoruh Deltası kıyı şeridinin I. grup olarak sınıflandırılan kısmında 37 yıllık çalışma dönemi boyunca aşınma hızının 2,37 m/yıl olduğunu ve akarsuyun ağız kısmında erozyon hızının çok daha baskın olduğunu işaret etmektedir. Elde edilen LR2 (0,71) değerinin 1'e yakınsaması hesaplamalar sonucunda elde edilen aşınım hızının doğruluğunun bir göstergesi olarak yorumlanmaktadır. 50 m transect aralıklarına göre akarsu

ağzından Türkiye sınırına doğru uzanan kıyı çizgisi boyunca hesaplanan birikim ve aşınım hızları (m/yıl) Şekil 7’de verilmiştir. I. grupta kıyı çizgisi gerileme hızlı değişkenlik göstermekle birlikte akarsu ağzından uzaklaştıkça azalmaktadır. Deltanın bu kısmında erozyon hızı, Türkiye sınırına yakın olan kısma oranla bariz şekilde fazladır. NSM değerinin en yüksek düzeyde hesaplandığı kıyı şeridinde -6,67 m/yıl hıza ulaşan aşınım tespit edilmiştir (Şekil 7).

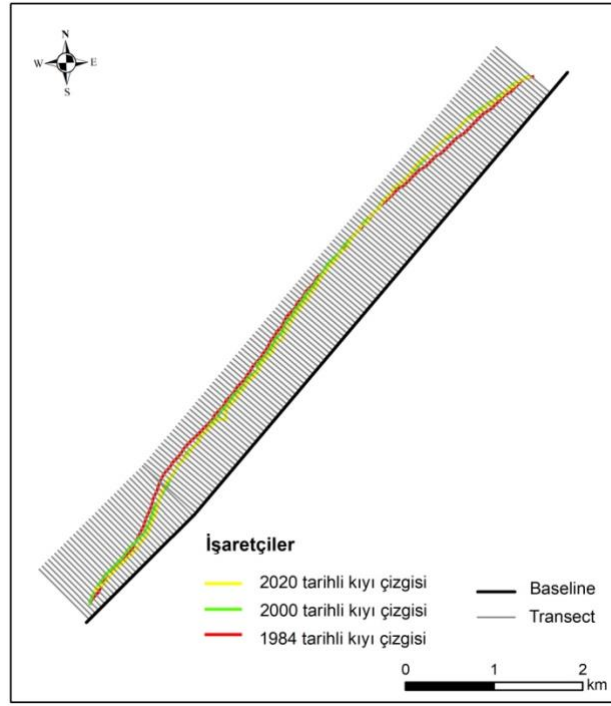


Şekil 7. I. grup için kıyı çizgisi ilerleme ve gerileme hızları.

Çalışma sahasının II. grubu için oluşturulan referans hattı ve transectler Şekil 8’de, DSAS modülü kullanılarak gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda elde edilen NSM, LRR ve LR2 değerleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. II. grup için NSM, LRR ve LR2 değerleri.

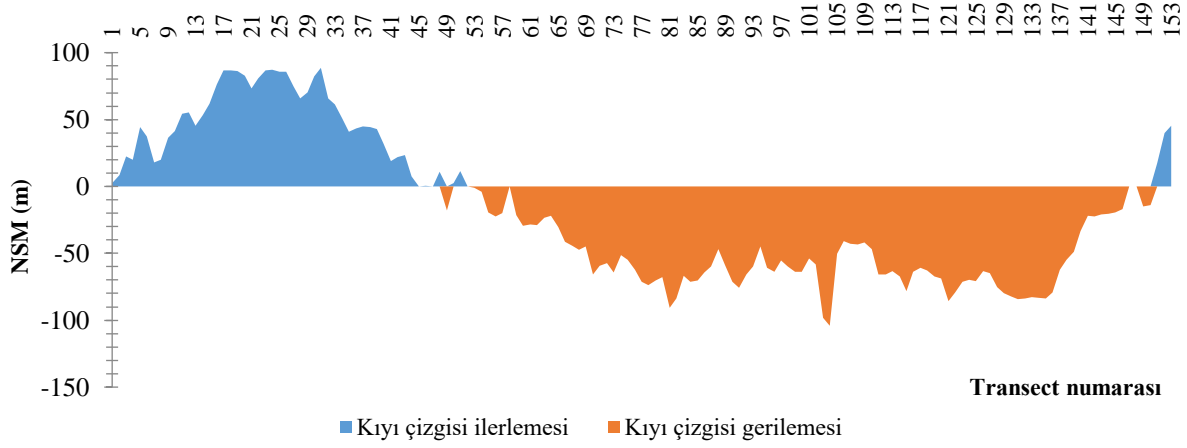
	%95 güven aralığında		
	NSM	LRR	LR2
En yüksek	88,63	2,41	1,00
En düşük	-104,16	-2,90	0,00
Ortalama	-18,49	-0,53	0,72



Şekil 8. II. grup için baseline ve transectler.

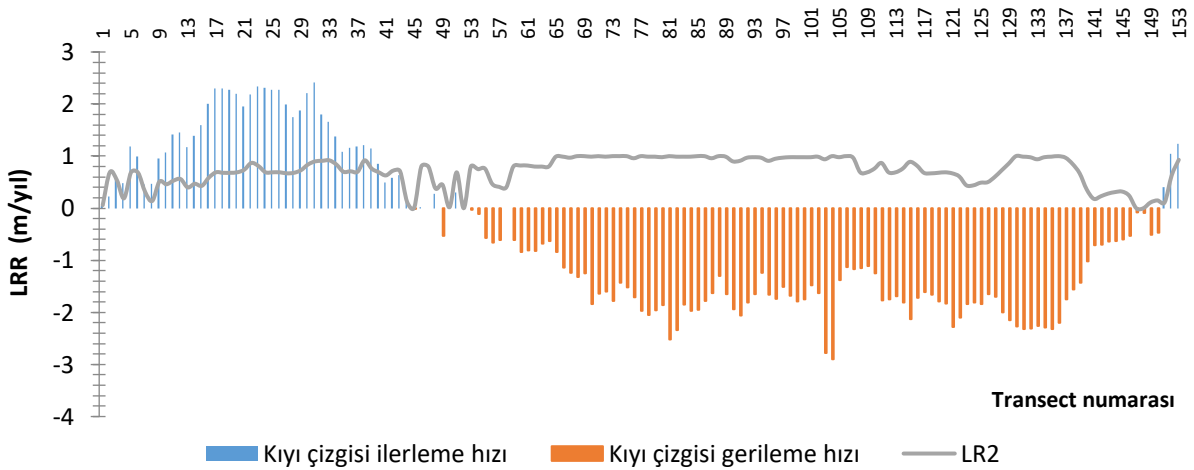
Akarsuyun denize döküldüğü noktadan, Batum Limanı'na doğru uzanan yaklaşık 7,90 km uzunluğundaki II. grup için 50 m aralıklarla 156 transect çizilerek hesaplama ve analizler yapılmıştır. Her iki kıyı çizgisini de (1984 ve 2020) kesen 153 transecte ait NSM değerleri dikkate alındığında 1984-2020 döneminde kıyı çizgisinde en yüksek 88,63 m, en düşük -104,16 m ve ortalama -18,49 m değişim gerçekleştiği belirlenmiştir.

Çalışma dönemi sonunda II. grup için NSM değerlerinin hem pozitif hem de negatif değerliğe sahip olduğu görülmüştür. Bu durum kıyı çizgisinde ilerleme ve gerileme hareketlerinin bir arada gerçekleştiğini göstermektedir. NSM değerleri dikkate alınarak kıyı çizgisinde meydana gelen değişim ve değişim miktarları (m) Şekil 9'da verilmiştir. Şekil 9'da 153 numaralı transect akarsu ağzına en yakın konumdaki transect'i gösterirken 1 numaralı transect ise limana en yakın konumdaki transect'i göstermektedir. Kıyı çizgisinin özellikle limana yakın kısımda ve görece akarsu ağzına yakın olan kısımda ilerlediği saptanmıştır. Buna karşın söz konusu iki kuşağın arasında kalan sahil kesiminde ise baskın bir kıyı çizgisi gerilemesi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9). II. grup genelinde kıyı çizgisi gerilemesinin baskın olduğu ve gerilemenin ortalama olarak 18,49 m düzeyinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 9. II. grup için kıyı çizgisi değişimi.

II. grup için 50 m transect aralığında LRR değeri en yüksek 2,41 m/yıl, en düşük -2,90 m/yıl ve ortalama -0,53 m/yıl olarak hesaplanmıştır. LRR değerlerine bağlı çalışma bulguları II. grupta 37 yıllık çalışma dönemi boyunca ortalama 0,53 m/yıl hızında erozyon gerçekleştiğini ve özellikle güncel olarak otellerin yer aldığı kıyı şeridinde aşınımın baskın olduğunu işaret etmektedir. 50 m transect aralıklarına göre Çoruh Nehri'nin denize döküldüğü noktadan Batum Limanı'na doğru uzanan kıyı boyunca hesaplanan birikim ve aşınım hızları (m/yıl) Şekil 10'da verilmiştir. II. grup için birikim ve aşınım hızları değişkenlik göstermekle birlikte limana yaklaştıkça birikim hızı bariz şekilde artmaktadır. Batum Liman'ına oldukça yakın, dalgakıranın güneybatısında kalan aksta, kıyı şeridinde 2,41 m/yıl hızına ulaşan birikim gerçekleştiği tespit edilmiştir. Buna karşın özellikle turizm tesislerinin yoğunlaştığı ve plajın yer aldığı aksta ise 2,90 m/yıl hızına ulaşan gerileme gerçekleştiği saptanmıştır. Çalışma bulgularına göre II. grup için aşınım hızı birikim hızından daha baskın olup ortalama 0,53 m/yıl hızında kıyı çizgisi gerilemesi gerçekleşmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. II. grup için kıyı çizgisi ilerleme ve gerileme hızları.

4. Sonuç

Çoruh Deltası kıyı çizgisinin DSAS yardımıyla analiz edilerek, sahadaki aşınım ve birikim hızlarının (m/yıl) hesaplandığı bu çalışmada aynı zamanda Batum şehrinde kıyı erozyonuna bağlı deniz ilerlemesi sorunsalı ile karşı karşıya kalan alanlardaki güncel durum tespit edilmiştir.

Çalışma bulguları akarsu ağzı ile Türkiye sınırı arasında kalan kıyı şeridinde, erozyonun baskın olduğunu, bu kesimde birikim gerçekleşmediğini göstermektedir. Gerileme akarsu ağzından, Türkiye sınırına doğru uzanan kıyı boyunca şiddetini azaltarak devam etmiştir. Kıyı çizgisinde ortalama 85,81 m gerileme gerçekleştiği ve 2,37 m/yıl hızla gerileme yaşandığı hesaplanmıştır. Akarsu ağzı ve Batum Limanı arasında kalan kıyı şeridinde ise aşınım ve birikimin bir arada gerçekleştiği tespit edilmiştir. Akarsu ağzı yakınlarında görece birikim, arıtma tesisi-havalimanı-plaj bölgesinde aşınımın ve liman bölgesine yaklaştıkça tekrar birikimin egemen olduğu saptanmıştır. Net kıyı çizgisi değişiminin akarsu ağzı yakınlarında ortalama 10,52 m, plaj bölgesinde ortalama -55,63 m ve liman bölgesine yaklaştıkça ortalama 44,67 m düzeyinde olduğu hesaplanmıştır. Söz konusu sahalardaki kıyı çizgisi değişim hızları sırasıyla; ortalama 0,22 m/yıl, -1,53 m/yıl ve 1,19 m/yıl olarak hesaplanmıştır.

Çalışma bulguları Batum şehrinin kıyı çizgisine yakın farklı bölgeleri için kıyı erozyonu riskinin güncel bir problem olduğunu göstermektedir. Akarsu ağzının sol sahilinde turizm tesislerinin hızla arttığı Gonio plajı kıyı erozyonuna maruz sahaların başında gelmektedir. Söz konusu sahadaki doğal plaj tehlike altındadır. Akarsu ağzının akış yönüne göre sağ sahilinde ise gerek turizm gerekse ulaşım ve altyapı tesisleri kıyı erozyonuna bağlı olarak gelişen kıyı çizgisi gerilemesi tehlikesi ile karşı karşıyadır. Özellikle konaklama ve turizm tesislerinin yer aldığı Lech & Marya Kachinsky Bulvarı önünde kalan rekreasyon alanı kıyı erozyonuna bağlı olarak gelişen deniz ilerlemesi riski ile karşı karşıya kalan sahaların başında gelmektedir. Şehre ait arıtma tesisi ve uluslararası havalimanı ise deniz ilerlemesine bağlı çevre sorunları ile karşı karşıya kalma potansiyeli en yüksek yerlerin başında gelmektedir. Liman bölgesindeki dalgakıranın hemen gerisinde yer alan aks ise görece birikimin gerçekleştiği saha olarak benzer riskleri taşımamaktadır.

5. Tartışma ve Öneriler

Doğal sistemin şekillendirdiği ve oldukça dinamik bir yapıya sahip olan kıyıları farklı etkenlerin kontrolünde zaman içerisinde değişim göstermektedir. Buna karşın antropojen müdahaleler doğal süreç üzerinde tahribata sebep olarak farklı çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu çalışmaya konu olan kıyı, sınır aşan bir akarsu tarafından taşınan materyalden beslenen deltada yer almaktadır. Mamba ve mansap ülkelerin su kaynaklarından yararlanmak için farklı projeler geliştirdiği Çoruh Nehri ve biriktirme yapısı olan Çoruh Deltası büyük ölçekte antropojen baskı ile

karşı karşıyadır. Güncel olarak antropojen baskının temel kaynakları ise büyük rezervuar hacmine sahip hidroelektrik santraller ile akarsu madenciliği olarak iki grup altında toplanabilir. Her iki faaliyet de akarsu sediman bütçesini olumsuz yönde etkilemektedir (Jaoshvili, 2002; Pepping, 2012).

Çoban ve ark., (2020) Çoruh Deltası'nda gerçekleşen alansal değişimleri UA ve CBS destekli olarak hesaplamışlardır. Söz konusu çalışmada akarsu ağzı ile Türkiye sınırı arasında kalan kesimde 52 ha alansal kayıp, havalimanı ve plaj bölgesinde 24 ha alansal kayıp ve limana yakın olan kesimde ise 13 ha alansal artış gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Bu çalışma bulguları arasında yer alan net kıyı çizgisi değişim miktarları ve kıyı çizgisi değişim hızları Çoban ve ark., (2020) tarafından elde edilen alansal değişim bulguları ile uyum göstermektedir.

Çoruh Nehri güncel olarak su altı kanyonu açıklarından denize dökülmektedir (Jaoshvili, 2002). Giardino ve ark. (2015), Batum açıklarındaki egemen akıntı yönünün batı-kuzey doğrultusunda kıyıya paralel biçimde olduğunu açıklamıştır. Bu durum, akarsu ağzı ile Türkiye sınırı arasında kalan kıyı şeridinde akıntı kökenli aşındırma faaliyetlerinin hâkim olacağını düşündürmektedir. Bu çalışma sonucunda elde edilen ortalama 2,37 m/yıl düzeyindeki aşınım hızı söz konusu savı desteklemektedir.

Pepping, (2012), Batum şehrinin gelişimine bağlı olarak akarsuyun kuzey kolunun kapatılması sonrasında, 1880 ve 1913 yılları arasında, akarsuyun kuzey kolunun olduğu sahada 6 m/yıl ile 8 m/yıl aralığında değişen hızlarda erozyon gerçekleştiğini ifade etmiştir. Bu çalışma bulguları 2,90 m/yıl hızına ulaşan kıyı çizgisi gerileme hızı ile aşınımın devam ettiğini göstermektedir. 1880-1913 dönemine oranla erozyon hızındaki azalmanın yatağın kapatılması sonrasında zaman içerisinde oluşan denge durumu ve devreye alınan koruma projeleri kökenli olduğu düşünülmektedir.

1982 ile 1986 yılları arasında 30 milyon m³ malzemenin erozyona uğradığı Batum'da, deniz ilerlemesinin önüne geçilmesi amacıyla sahil şeridinde bir takım projeler hayata geçirilerek kıyı şeridi koruma altına alınmaya çalışılmıştır. Buna karşın bu çalışmaya ait bulgular kıyı aşınım hızının sahada bir kaç nokta dışında oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Arıtma tesisinden itibaren, havalimanı ile turizm tesislerinin yer aldığı kıyı şeridi, kıyı erozyonu ve ortaya çıkartacağı problemler ile yüz yüzedir. Bu bağlamda, paydaş ülkelerin bir arada olduğu projeler geliştirilerek aşağı ve yukarı kıyıdaş ülkelerin çıkarlarını gözeten, makul ve akılcıl çözümlerin ivedi olarak hayata geçirilmesi önerilmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilebilecek çözümler arasında yer alan kıyıya dik mahmuzlar yardımıyla, akıntının bölgeden sediman taşımalarının engellemesi yöntemi daha önce denenmiş olup; Zenkovich (1987) söz konusu yöntemin kıyının yukarı kesimlerindeki gelişimi olumsuz yönde etkilediğini ifade ederek başarısızlıkla sonuçlandığını açıklamıştır. Güncel olarak tartışılan yöntemlerden bir diğeri ise yarı antropojen bir döngü oluşturulması fikridir (Dı Leo ve ark., 2011). Yöntem liman bölgesinde biriken sedimanın, oluşturulacak döngü marifetiyle (antropojen süreç) aşınımın yüksek olduğu sahalara geri taşınması ve akıntı marifetiyle tekrar liman bölgesine ulaşması (doğal süreç) temeline dayanmaktadır.

Barajlar, sediman madenciliği ve su altı morfolojisine bağlı olarak Batum şehrinin gelişim gösterdiği kıyı şeridi büyük bir baskı altındadır. Bu çalışma bulguları; aşınımın farklı hızlarda bölgede egemen olduğu ve şehrin farklı bölgelerini tehdit ettiğini göstermesi açısından önem taşımaktadır. Çoruh Nehri'nin su altı kanyonuna deşarj olduğu gerçeği dikkate alındığında, deltanın gelişimi için (hakim rüzgar - akıntı yönünde değişiklik olmadığı ve deniz seviyesi değişimi gerçekleşmediği varsayımıyla) akarsu tarafından taşınan sediman yükü ile kanyonun denge seviyesine gelmesi, akabinde delta gelişiminin devam etmesi öngörülebilir. Buna karşın sediman yükünün sıfırlanması ise denge profiline ulaşamayacağı savının ortaya çıkmasına neden olacaktır. Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak gerçekleşmesi olası deniz seviyesi değişimleri de dikkate alındığı takdirde, çalışma sahasındaki durumun çok daha karmaşık hale geleceği öngörülmektedir. Bu bağlamda açıklanan değişkenlerin bir arada değerlendirildiği kapsamlı modeller geliştirilerek olası senaryolara bağlı olarak kıyı modellemelerinin yapılması sonraki araştırmacılara önerilir.

Kökeninden bağımsız olarak kıyı erozyonunun devam etmesi ve gerekli önlemlerin ivedilikle alınmaması halinde Batum şehri büyük çevre problemleriyle yüzleşmek zorunda kalacaktır. Bu bağlamda kıyı erozyonunun kıyı şeridi ve dolayısıyla şehir üzerindeki negatif yönlü olumsuz etkisini bertaraf etmek için delta kıyısı boyunca gerekli mühendislik çalışmalarının ivedi olarak hayata geçirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Acar, E. (2017). Artvin ilinin hidroelektrik santraller bakımından değerlendirilmesi. *Karadeniz Araştırmaları*, 14 (56), 185-199.
- Akdeniz, H.B. (2021). Kıyı Çizgisi Zamansal Değişiminin İncelenmesi ve Kıyı Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya.

- Aktaş, C. ve Bahadır, M. (2022). Çam Burnu (Ordu) ile Gül Burnu (Giresun) arası kıyı çizgisinin zamansal değişimi ve kıyı kullanımı. *International Journal of Geography and Geography Education*, (45), 320-348. doi: 10.32003/igge.1016311
- Algan, O., Gazioğlu, C., Yücel, Z., Çağatay, N. ve Gönençgil, B. (2000). *Sediment at Freshwater Discharges of the Anatolian River into the Black Sea*. Black Workshop Sea Fluxes Report No. 145. UNESCO: Paris.
- Ataol, M., Kale, M.M., and Tekkanat, İ.S. (2019). Assessment of the changes in shoreline using Digital Shoreline Analysis System: a case study of Kızılırmak Delta in northern Turkey from 1951 to 2017. *Environmental Earth Sciences*, 78, doi: 10.1007/s12665-019-8591-7
- Avcı, S. (2017). Kıyı alanların kullanımında beşeri faktörler, *Yasal ve Bilimsel Boyutları ile Kıyı içinde* (117-146). İstanbul: Jeomorfoloji Derneği Yayını.
- Ayalke, Z. G., Şişman, A., and Akpınar, K. (2023). Shoreline extraction and analyzing the effect of coastal structures on shoreline changing with remote sensing and geographic information system: Case of Samsun, Turkey. *Regional Studies in Marine Science*, 61. doi: 10.1016/j.rsma.2023.102883
- Bilashvili, K.. (2007). dynamics of the deltaic canyon area of the Rv. Chorokhi, Georgia. Vasilios Lykousis,, Dimitris Sakellariou and Jacques Locat (eds). In *Submarine Mass Movements and Their Consequences*. Dordrecht: Springer.
- Bougherira, A., Ghodbani, T., and Kouti, A. (2020). Contemporary geomorphic evolution of Falcon Cape sandy coastline (Oran, Algeria): geographical information system (GIS) - based approach. *Arab J Geosci*. 13(18):1–16.
- Brandt. S.A. (2000). Classification of geomorphological effects downstream of dams. *Catena*, 40. 375–401.
- Ciritçi, D. (2020). İzmit Körfezi Kıyı Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Otomatik Belirlenmesi. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sivas.
- Çoban, H., Koç, Ş. ve Kale, M.M. (2020). Çoruh Deltası (Gürcistan/Batum) kıyı çizgisi değişimi (1984 – 2019). *International Journal of Geography and Geography Education*, (42), 589-601. doi:10.32003/igge.741573
- Crowell, M., Douglas, B. C., and Leatherman, S. P., (1997), On forecasting future U.S. shoreline positions— A test of algorithms: *Journal of Coastal Research*, 13(4), 1245-1255.
- Demiroğlu, İ. ve Ernst F.B., (2022). Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Zerne Barajının alansal, hacimsel ve kıyı değişimlerinin zamana bağlı analizi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*. 7(1): 15-26.
- Di Leo, M., Giardino, A., Bragantini, G., Devroeg, H., and Tonnon, P. K., (2015). Batumi coastal protection: Facing decreasing river discharges of Gravel and Canyons Traps. In Proceedings of the 36 th IAHR World Congress.
- Eraslan, S. (2019). Kızılırmak Deltası Ekolojik Risk Değerlendirmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Samsun.
- Erdağ, R. (2015). Türkiye'nin sınırışan sular sorunu. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 5 (9), 27-52. doi: 10.17828/yasbed.52053
- Erdem, F., Derinpinar, M.A., Nasırzadehdıazajı, R., Oya, S., Şeker, D.Z., ve Bayram, B. (2018). rastgele orman yöntemi kullanılarak kıyı çizgisi çıkarımı İstanbul örneği. *Geomatik*, 3 (2), 100-107. doi: 10.29128/geomatik.362179
- Erinç, S. (2001). *Jeomorfoloji II*. İstanbul: Der Yayınevi.
- Giardino, A., Di Leo, M., Bragantini, G., De Vroeg, H., Tonnon, P. K., Huisman, B., and De Bel, M. (2015). An integrated sediment management scheme for the coastal area of Batumi (Georgia). In *Proceedings of the medcoast conference*, (pp. 703-714). Varna: Mediterranean Coastal Foundation.
- Gibeaut, J.C., Hepner, T., Waldinger, R., Andrews, J., Gutierrez, R., Tremblay, T.A., Smyth, R., and Xu, L. (2001). Changes in Gulf Shoreline Position, Mustang, and North Padre Islands, Texas. A Report of the Texas Coastal Coordination Council Pursuant to National Oceanic and Atmospheric Administration Award No. A97OZ0179, GLO Contract Number 00- 002R, The University of Texas at Austin Austin, Texas.
- Hay, B.J. (1994). Sediment and water discharge rates of Turkish Black Sea rivers before and after hydropower dam construction. *Environmental Geology*, 23 (4), 276-283.
- Hoşgören, Y. (2013). *Jeomorfolojinin Ana Çizgileri I*. İstanbul: Çantay Kitapevi.
- Himmelstoss, E.A., Henderson, R.E., Kratzmann, M.G., Farris, A.S., (2018). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2018–1179, <https://doi.org/10.3133/ofr20181179>.
- İnandık, H. (1971). *Deniz ve Kıyı Coğrafyası*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.

- İncedayı, N. (2015). Kocasu Çayı Deltası ve Yakın Çevresinin Ekolojik Açından Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Jaoshvili, S. (2002). The Rivers of the Black Sea. Khomerski, I., Gigineishvili, G. Kordzadze, A. (eds) Technical Report No. 71. Copenhagen: European Environmental Agency.
- Jipa, D.C., Panin, N., Olariu, C., and Pop, C. (2020). Black Sea submarine valleys—patterns, systems, networks. *GeoEcoMarina*, 26.
- Kale, M.M., Ataol, M., and Tekkanat, I.S. (2019). Assessment of shoreline alterations using a Digital Shoreline Analysis System: a case study of changes in the Yeşilirmak Delta in northern Turkey from 1953 to 2017. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, doi:10.1007/s10661-019-7535-8
- Kalkan, K., Maktav, D., and Bayram, B. (2019). Shoreline extraction from cloud removed Landsat 8 Image. Aslan, Z., Dökmen, F., Feoli, F., Siddiqi, A., E. (eds.) Case Study Lake Ercek, Turkey. In *Mathematical Modeling of Real World Problems*, (37-54). New York:: Nova Science.
- Kaplan, G., Avdan, U., Yigit Avdan, Z., and Jovanovska, T. (2020). Monitoring shared international waters with remote sensing data. *Resilience Jurnal*, 4(1), 77-88
- Karasu, S. (2016). Dünyada ve Türkiye’de yapay kıyı beslemesi. *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. doi:20.10.16984/saufenbilder.02100.
- Kılar, Ç. ve Çiçek, İ. (2018). Göksu Deltası kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracı ile belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(1), 89-104. doi: 10.1501/Cogbil_0000000192
- Koç, Ş. (2023). Çoruh Deltası (Batum) Kıyı Çizgisi Değişikliğinin DSAS Kullanılarak Analizi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çankırı.
- Köle, M. M. (2017). 1965-2016 dönemi Türkiye sınıraşan sular politikası. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (35), 122-133.
- Kshetri, T. (2018). NDVI, NDBI & NDWI calculation using landsat 7, 8. *GeoWorld*, 2, 32-34.
- Kuleli, T., Güneroğlu, A., Karşlı, F., and Dihkan, M. (2011). Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey. *Ocean Eng.* 38(10):1141-1149.
- Louati, M., Saïdi, H., and Zargouni, F. (2015). Shoreline change assessment using remote sensing and GIS techniques: a case study of the Medjerda delta coast, Tunisia. *Arab J Geosci* 8:4239-4255.
- Liu, H. (2004). Automated extraction of coastline from satellite imagery by integrating Canny edge detection and locally adaptive thresholding methods, *International Journal of Remote Sensing*, 25(5), 937–958.
- 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.
- Miliman, J.D. (1980). Transfer of river-borne particulate material to the oceans. In: *River Inputs to Ocean Systems*. In J. M.Martin, J. D. Burton, & D. Eisma (Eds.). SCORLJNEP UNESCO. Review and workshop (pp. 5-12). Rome: FAO.
- Muskananfolo, M. R., and Febrianto, S. (2020). Spatio-temporal analysis of shoreline change along the coast of Sayung Demak, Indonesia using Digital Shoreline Analysis System. *Reg Stud Mar Sci* 34:101060.
- Oyedotun, T.D.T. (2014). Shoreline geometry: DSAS as a tool for Historical Trend Analysis. *Geomorphological Techniques*, 2,1-12.
- Pepping, C. (2012). Feasibility study of an artificial sandy beach at Batumi, Georgia. Delft University of Technology. Master thesis, <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A55caae9c0-3175-4d24-9793-d9aaaa86ca7a>.
- Rio, L.D., Gracia, J.F., and Benavente, J. (2013). Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain. *Geomorphology*, 196, 252-266. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.07.027.
- Sucu, S., Dinç, T. (2008). Çoruh havzası projeleri. TMMOB II. Ulusal Su Politikaları Kongresi, 20–22 Mart. Ankara
- Süme, V. ve Türüt, R. (2018). Artvin sınırları içinde, çoruh nehri ana kolu üzerinde bulunan barajların hidroelektrik potansiyeli ve çevresel etkileri. *Türk Hidrolik Dergisi*, 2(1), 13-18.
- Tağıl, Ş., ve Cürebal, İ. (2005). Altınova (Balıkesir) Sahilinde Kıyı Çizgisi Değişimini Belirlemede Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 51–68.
- Tanı, G. (2015). Batum’da turizmin gelişimi ve bölge gelişimine katkısı. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 16(1), 91-107.
- Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A, Zichichi, J.L., and Ergul, A. (2017). The digital shoreline analysis system (DSAS) version 4.0 an ArcGIS extension for calculating shoreline change, Open-File Report. US Geological Survey Report No. 2008- 1278: <http://woodshole.er.usgs.gov/projectpages/dsas/version4/>
- Turoğlu, H. (2019). Yapay kıyıların jeomorfolojik tanımlaması: Diliskelesi kıyıları örneği (Kocaeli, Türkiye). *Coğrafya Dergisi*, 39, 11–27. doi:10.26650/JGEOG2019-0015

Zenkovich, V. P., and Schwartz, M. (1987). Protecting the Black Sea-Georgian S.S.R. gravel coast. *Journal of Coastal Research*. 3: 201–9.