

Research Paper / Araştırma Makalesi

Boğaçay (Antalya) Sediment Taşınımı ve Konyaaltı Kıyı Çizgisi İlişkisinin Görüntü İşleme Teknikleriyle İncelenmesi

Investigation of Relationship between Boğaçay (Antalya) Sediment Transport and Konyaaltı Coastline via Image Processing Techniques

Nihat DİPOVA* 

Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Antalya

Received (Geliş Tarihi): 14.03.2020, Accepted (Kabul Tarihi): 07.05.2020
Corresponding author (Sorumlu Yazar*): ndipova@akdeniz.edu.tr

ÖZ

Konyaaltı (Antalya) Kumsalı, Boğaçay ve Sarısu akarsularının sedimenti ile beslenerek oluşmuşken, liman inşaatı sonrasında doğu kesim için tek sediment kaynağı Boğaçay kalmıştır. Boğaçay'ın taşıdığı malzeme hacmindeki değişim ve sahilde kıyı boyu taşınım nedeniyle zamana bağlı kıyı çizgisi değişimleri oluşmuştur. Boğaçay üzerine bir yapay lagün inşa edilmesi sonrasında ise çayın sediment rejiminin değişeceği ve buna bağlı olarak yapay lagün tabanında dolgu, kumsalda ise kıyı çizgisi değişimi muhtemel görüldüğünden, bu çalışma kapsamında kıyıdaki zamana bağlı değişimin incelenmesi hedeflenmiştir. Geniş alanlara ait büyük çapta konumsal veri içermesi, görüntülerin sayısal veri olması ve doğrudan işleme sokulabilmesi nedenleriyle jeomorfolojik bilgi üretilmesinde uydu görüntülerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Görüntü işleme teknikleriyle zenginleştirilen görüntüler ölçme ve sınıflama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kıyı çizgisinin zamansal değişimi ve yapay lagün taban morfolojisinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Görüntü işleme, analiz ve sonuç gösterim işlemleri MatLab ortamında gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda; Konyaaltı Kumsalı'nın batı kesiminde şiddetli kıyı çizgisi gerilemesi olduğu, bölgenin sedimentle beslenmediği için bu gerilemenin gelecekte de devam edeceği sonucuna varılmıştır. Boğaçay yapay lagünü taban morfolojisinde değişim olduğu, tabanda 163 cm rölyef olduğu, bazı bölgelerde ise 120 cm'e varan mil dolgu olduğu, yer yer sazlık türü bitkilerin üremeye başladığı görülmüştür. Çaydan lagüne henüz iri taneli malzeme taşınmaya başlamadığı, çökelen malzemenin mil olduğu ve kumsalı besleyecek malzemenin sahile ulaşmadığı anlaşılmıştır. Gürsu sahilinde ise, yanak akıntı ile katı madde beslemesi mümkün olmakla birlikte önemli miktarda kıyı çizgisi gerilemesi olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antalya, batimetri, Boğaçay, kıyı çizgisi değişimi, Konyaaltı, uydu görüntüsü

ABSTRACT

While Konyaaltı (Antalya) Beach was formed by the sediment supply of the Boğaçay and Sarısu streams, Boğaçay remained the only sediment source for the eastern section after the port construction. Due to the change in the volume of material carried by Boğaçay and longshore drift along the beach, time-dependent shore line changes occurred. As an artificial lagoon was built on Boğaçay, accordingly, the sediment regime of the stream will change, sedimentation will start on the artificial lagoon bottom, and shore line will be changed on the beach, it is aimed to investigate the time-related change on the shore. The use of satellite images is becoming widespread in generating geomorphological information due to the large spatial data of large areas, the images being numerical data and the ability to be processed directly. Images enhanced with image processing techniques are used for measurement and classification purposes. In this study, high resolution satellite images were used to determine the temporal variation of the shore line and the base morphology of the artificial lagoon. Image processing, analysis and result display operations were carried out in MatLab environment. As a result of the analysis; It is concluded that there is a severe coastal regression in the western part of Konyaaltı Beach, and this regression will continue in the future as the region is not fed with sediment. It has been observed that there is a change in the bottom morphology of Boğaçay artificial lagoon, a 163 cm relief is formed at the base, and in some regions there is a mud sedimentation up to 120 cm, and reed type plants start to grow in places. It has been understood that coarse-grained material has not yet been transported from the stream to the lagoon, the material that deposited is mud and the material that will feed the beach does not reach the beach. It is revealed that there is a significant coastline regression in Gürsu beach, although the beach here is fed by solid material with longshore drift.

Keywords: Antalya, bathymetry, Boğaçay, shoreline change, Konyaaltı, satellite image

GİRİŞ

Kıyılarda doğal prosesler ve mühendislik müdahaleleri kıyı çizgisi ve kıyı morfolojisinde değişime yol açabilmektedir. Kıyı alanlarındaki doğal değişimler; küresel ısınma kaynaklı deniz seviyesi değişimleri, gel-git etkileri, akarsuların taşıdığı sediment hacminde değişim, tektonik kaynaklı kıta hareketleri, dalga erozyonu ve kıyı akıntılılarıyla meydana gelen kıyı boyu taşınımlardır. Mühendislik faaliyetleriyle oluşan kıyı çizgisi değişimleri ise kıyıda alan kazanmak amacıyla yapılan dolgular, ulaştırma yolu dolguları, liman ve mendirek inşaatları, kıyıya yakın akarsu yatağında kum-çakıl ocağı işletilmesi, kıyıyı sedimantasyonla besleyen akarsu ve vadiler üzerine su tutma yapıları (baraj, gölet, bağlama vb.) yapılması sonucu meydana gelmektedir. Kıyı alanındaki değişimlerin, kara ve deniz ekosistemine de önemli olumsuz etkileri olmaktadır. Kıyı çizgisi, genel olarak kara ve su arasındaki sınıra verilen addır. Kıyı çizgisinin konumu ve geometrisindeki değişimin belirlenmesi, olası nedenlerin anlaşılması ve çözüme dönük kararların alınması açısından önemlidir. 3621 sayılı Kıyı Kanununda kıyı ile ilgili kavramlar tanımlanmıştır. Buna göre:

- *Kıyı Çizgisi:* Deniz, tabii suni göl ve akarsularda, taşkın durumları dışında, suyun karaya değdiği noktaların birleşmesinden oluşan çizgiye denir.
- *Kıyı Kenar Çizgisi:* Deniz, tabii suni göl ve akarsularda, kıyı çizgisinden sonraki kara yönünde su hareketlerinin oluşturduğu kumluk, çakıllık, kayalık, taşlık, sazlık, bataklık ve benzeri alanların doğal sınırına denir.
- *Kıyı:* Kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alanı ifade eder.

Kıyı çizgisi değişimi ile ilgili çalışmalarda ilk dönemlerde daha çok geleneksel topografik çalışma yöntemleri izlenmiştir (Ingham, 1992; Alesheikh ve ark., 2007). Geniş alanlarda arazi ölçümlerinin işgücü ve zaman gerektirmesi nedeniyle ve 1. Dünya Savaşı sonrasında hava fotoğraflarının harita çalışmalarında kullanımının yaygınlaşması sonrasında, kıyı çizgisi çalışmalarında da hava fotoğraflarından faydalanılmıştır. 1970'li yıllardan itibaren de uydu görüntülerinin kullanımı yaygınlaşmıştır (Winarso ve Budhiman, 2001).

Akarsular, komşu yamaçlarda ayrışma-aşınma sonucu oluşan kırıntılı malzemeyi yatağında akış aşağı taşıyarak, yatak eğimlerinin azaldığı bölgelerde biriktirirler. Su yapılarının (baraj, bağlama vb.) rezervuar bölümleri bu birikmeden olumsuz etkilenir. Barajların ekonomik ömürleri ve depolama kapasiteleri azalır. Bir akarsu sediment yükünün iri taneli olanları yatak yüzeyi ile temas halinde (yatak yükü), ince taneliler ise turbulans nedeniyle askıda (asılı) hareket etmektedir. Yatak yükü ve askıda yük

oranları topoğrafyaya ve jeolojik yapıya göre değişmektedir. Genellikle yatak yükü, askıda yükün % 5 - % 25'i arasında olmakla birlikte eğimin çok fazla olduğu topoğrafyalarda bu oran % 50'ye kadar ulaşabilmektedir (Yanmaz, 2018). Sediment taşınımını etkileyen jeolojik, topoğrafik ve iklim gibi çok sayıda değişken olup, bunların bir arada ilişkilerinin karmaşık olması nedeniyle, bir akarsuyun taşıdığı sediment hacminin hesaplanabilmesi oldukça zordur. Literatürde çok sayıda tahmin yöntemi bulunmakla birlikte (Schields, 1936; Kalinske, 1947; Meyer-Peter ve Müller, 1949; Einstein, 1950; Vollmers ve Pernecker, 1965), olabildiğince uzun süreli ölçüm sonuçlarına dayalı geliştirilmiş tahmin denklemlerinin kullanılması önerilmektedir (Miller, 1951).

Akarsular tarafından taşınan sediment akarsu yatağı, baraj, göl ve yapay havuzların rezervuarında birikmekte ve taban batimetrisi değişmektedir. Batimetrideki değişim belirli zaman aralıklarında, ip iskandil veya iskandil latası gibi klasik yöntemler, gelişen teknolojiye paralel olarak akustik iskandil (echo-sounder) ve LIDAR gibi yöntemlerle belirlenmekte ve batimetri haritaları hazırlanmaktadır. Son yıllarda ise uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları da batimetri haritası yapımında kullanılmaktadır. Bir uydu görüntüsü veya hava fotoğrafının piksel değeri-su derinliği ilişkisi üzerinden sığ su ortamlarında su derinliğini haritalamak için literatürde bazı yöntemler önerilmiştir. Çoklu-spektral (Lyon ve ark., 1992; Winterbottom ve Gilvear, 1997; Marcus, 2002; Whited ve ark., 2002; Marcus ve ark., 2003), renk (Westaway ve ark., 2003) ve gri tonlama (Winterbottom ve Gilvear, 1997) seçenekleri batimetrik haritalama için kullanılmıştır. Bu yöntemlerin dayandığı ortak teorik temel ilke, ışığın şeffaf ortamdan geçerken emilim etkisini tanımlayan Beer-Lambert yasasıdır. Beer-Lambert yasası, ışığın yol aldığı bir ortam içindeki geçirimsizliği ile soğurulma katsayısı ve ışığın ortam içinde katettiği yolun uzunluğunun çarpımı arasında logaritmik bir ilişki olduğunu ifade eder. Soğurulma katsayısı da, soğuran maddenin molar absorptivitesi ile malzeme içindeki absorptivite cisim konsantrasyonunun çarpımıdır. Yasa, bir hava fotoğrafındaki kuru zemin piksel değeri ile su altındaki piksel değerlerinin arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve arazide yapılacak sınırlı sayıda derinlik ölçümü ile kalibrasyonu yoluyla batimetri haritası elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Boğaçay yatağı ve çayın beslediği Konyaaltı kumsalı zamansal değişimlere sahne olmaktadır. 2000'li yıllarda Konyaaltı kumsalında Gürsu sahilinde fırtına sonrası kıyıda gerçekleşen tahribatlar bir kıyı çizgisi değişimi olarak işaretle etmiştir. Kıyıdağı değişimi araştırmak için bir bilimsel makalede (Dipova, 2016), 1934 tarihli topografik harita ile 2016 tarihli uydu görüntüsü karşılaştırılmış ve zaman içinde oluşan değişim incelenmiştir. Çalışmada, kıyı çizgisi değişimleri belirlenmiş, özellikle dalga

etkisine karşı kıyı duvarı inşa edilmek zorunda kalınan Gürsu sahilinde ortalama 50 m gerileme rapor edilmiştir.

Artan inşaat faaliyetlerine paralel olarak, Antalya'da ortaya çıkan kum-çakıl ihtiyacı uzun yıllar şehir merkezine en yakın olan Boğaçay yatağından karşılanmıştır. Bu sürede sahile kum-çakıl taşınımının kısmen engellenmesi ve kumsaldaki mevcut kumun yanall taşınma ile varyant yönünde (kuzey doğuya) ötelenmiş olması kıyı çizgisi değişiminin en önemli nedenleridir. Boğaçay yatağından kum-çakıl alımı sonlandıktan sonra da işletmelerin çay yatağında açmış olduğu çukurlar dolana kadar, Çandır kolu üzerinden sediment taşınması mümkün olamamıştır. Çay yatağındaki bu çukurun dolması ise ancak 2015 yılında tamamlanabilmiştir. Bundan sonra kıyıya sediment taşınacağı ve sahilin kendini onaracağı düşünülürken, Boğaçay rekreasyon projesinin lagün (havuz) bölümü Eylül 2018'de su tutmaya başlamıştır. Lagünün kuzeyinde çay yatağında iri daneli sediment, lagünün içinde ise ince tanelilerin çökeleceği öngörüsü, Boğaçay sediment rejimini değişeceğine işaret etmiş, buna bağlı olası bir sonuç olarak kıyı çizgisinde bir değişim oluşup oluşmadığının araştırılmasını gerekli kılmıştır. Bu çalışmada, Boğaçay sediment taşınımı, lagün tabanında dolgu ve Konyaaltı kıyı çizgisindeki değişimler arasındaki ilişkinin uydu görüntüleri üzerinde yapılan görüntü işleme teknikleriyle incelenmesi amaçlanmıştır.

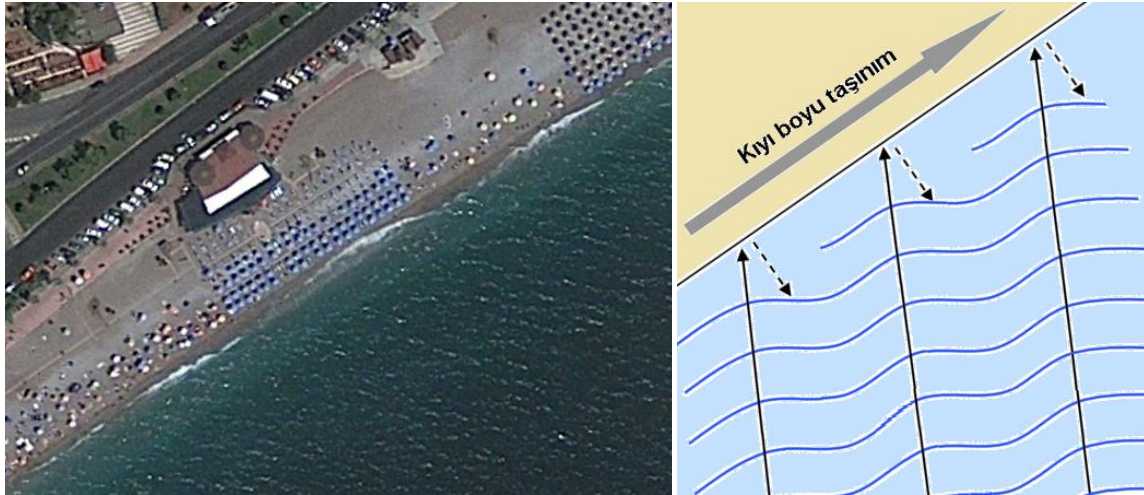
Konyaaltı Kıyı Alanı ve Kumsalı

Konyaaltı kıyı alanı; zengin doğal, kültürel ve turizm potansiyeliyle bölgenin gelişim ve değişim sürecini yansıtan Antalya'nın bir simge değeridir. Attelia (Kaleiçi antik yerleşimi) kurulmadan önceki yerleşim merkezi olarak bilinen Olbia antik kentinin kalıntılarının bulunduğu alanda, tabanında derinliği 2 m'yi bulan bir dereye (İndere) sahip kanyon bulunmaktadır. Kanyon tabanındaki antik köprü, rıhtım blokları, gömülü pişmiş toprak boru hatları ve yamaçlarında bulunan nişler bu bölgenin geçmişte yerleşim alanı olduğunun kanıtı sayılmaktadır (Çevik, 1994). Hurma köyü civarında da küçük bir yerleşim olduğu, 2 adet nekropol ve bunların arasında çiftlik evlerinin bulunduğu, kalıntıların geç Roma dönemine tarihlendiği rapor edilmiştir (Çevik, 1996). Boğaçay Ovası'nın batı kesimi 1900'lerin başında bir sulak alan niteliğindeki kanallar açılarak arazi islah edilmiş, 1950'ye kadar çeltik, sonrasında ise pamuk tarımı yapılmaya başlanmıştır (Konyaaltı Kaymakamlığı, 2012). Ovanın

orta kesimde lagün kökenli kil-silt hakim olmakla birlikte zemin profili yatayda ve düşeyde değişkenlik göstermektedir (Dipova, 2010, 2011). Ovanın doğu kesiminde dar bir alüvyondan sonra kayalık alanlar başlar. Bu bölümde de arazi islah edilerek çeltik, pamuk ve narenciye tarımı yapılmıştır. 80'li yıllarda başlayan yapılaşma sonunda günümüzde tüm kıyı alanı imar alanı haline dönüşmüştür.

Alanın temel fiziksel unsurları; bölgeyi kuzey-güney doğrultusunda ikiye bölen Boğaçay, ulusal ve uluslararası düzeyde tanınırlığı olan Konyaaltı Kumsalı, alanın batı sınırında başlayan Olimpos-Beydağları Milli Parkı, alanın kuzeybatısında kumsalın yaklaşık 2 km gerisinde kıyı alanını sınırlayan Hurma kayalıkları, alanın kuzey doğusunda kumsalın yaklaşık 350 m gerisinde kıyı alanını sınırlayan traverten kayalıkları ve güneybatı sınırına yakın bir bölgede yer alan Antalya Limanı'dır. Bölgenin batısında Sarısu, ortasında Boğaçay, doğuda ise Arapsuyu akarsuları yer almaktadır. Alandaki su kaynakları, karstik kireçtaşlarından drene olan Hurma kaynakları, travertenlerden drene olan Arapsuyu kaynakları ve alüvyon akiferi olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Kıyı alanının su kaynakları kentin içme, kullanma ve sanayi suyunun bir kısmını sağlar. Hurma kaynaklarının suyu günümüzde tek kanala toplanmış ve bir menfezle Boğaçay'ın lagün bölümüne bağlanmıştır.

Konyaaltı sahilindeki gel-git genliği yaklaşık 20 cm olup, gel-git kaynaklı deniz seviyesi değişimleri sınırlıdır (Yıldız ve ark., 2003). Uydu görüntülerinde kıyı boyu katı madde taşınım yönünün Güney Batı'dan Kuzey Doğu'ya doğru olduğu görülmektedir. Kıyı boyu sediment taşınımının ana sebebi dalga kırılması ile oluşan akıntılardır. Bölgedeki taşınımın gerekçesi yüksek enerjili dalgaların GüneyGüneyDoğu (SSE) yönünden gelmesidir. Ege deniz dalga doğrultusu ve kıyı çizgisi arasında yaklaşık ortalama 15° açı oluşmaktadır. Kıyıya ulaşan dalga bu açı nedeniyle kırılmakta, katı maddeyi üst kotlara taşımakta, dalga geriye çekilirken ise sediment, kıyıya dik doğrultuda denize doğru geri çekilmektedir. Bu süreçte sediment testere dişi biçimli bir güzergah ile yanall olarak taşınmaktadır (Şekil 1). Büyük liman ana mendireği gerisinde oluşan sediment birikmesi ve kıyı çizgisindeki değişimler de aynı mekanizmadan kaynaklanmaktadır.



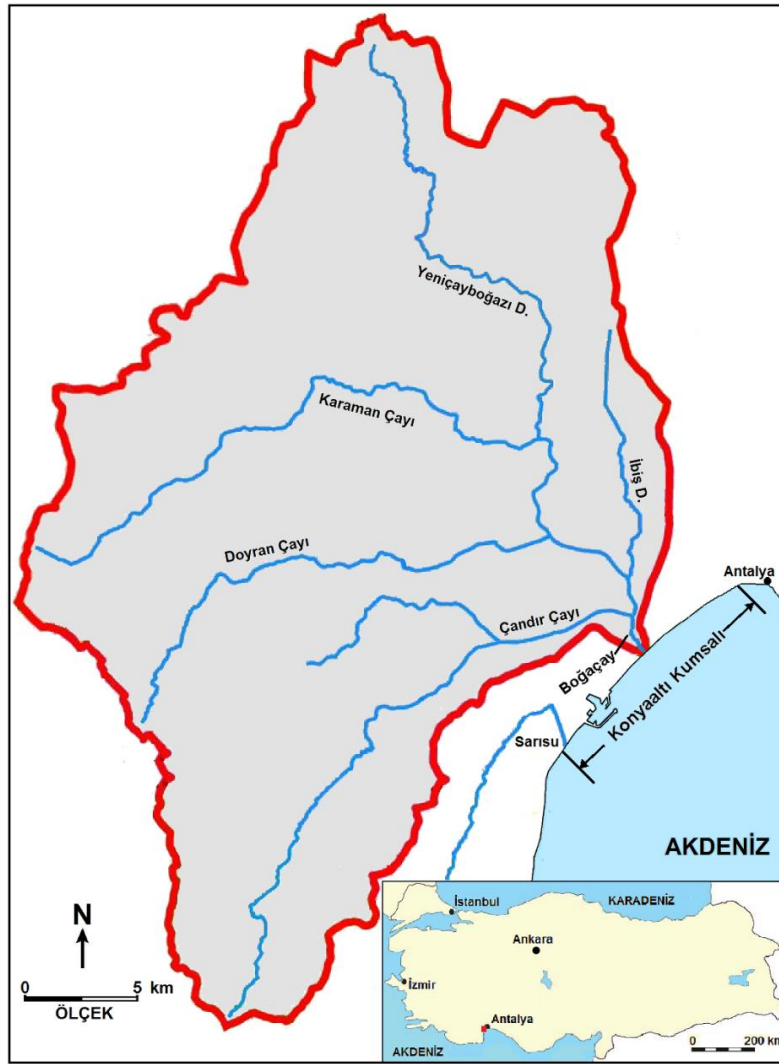
Şekil 1. Konyaaltı kumsalında dalga kırılması ve buna bağlı kıyı boyu katı madde taşınımı

Boğaçay'ın taşıdığı sediment, ağırlıklı olarak havzanın batısından taşınan kireçtaşı ve kuzey vadilerdeki ofiyolitik birimlerden taşınan serpantin, çört ve bazalt tanelerinden oluşmaktadır. Boğaçay havzası küçük olduğundan taşınım mesafesi kısa olmakta ve taşınan malzemenin aşınarak küreselleşmesi mümkün olmamaktadır. Konyaaltı sedimenti özellikle çakıl boyutunda ve yassı tanelerden oluşur. Boğaçay'da çoğunlukla çakıl taşınımı ve Konyaaltı kumsalında birikmesi söz konusudur. Ancak sistematik olmayan şekilde bazı bölgelerde kum ve ince çakıl boyutunun yoğunlaştığı görülmektedir. Kıyıya paralel zonlar halinde boylanma mevsimsel olarak değişen dalga özelliklerine bağlanabilir. Kıyı boyu sediment taşınımı sırasında da boylanma oluşmaktadır.

Boğaçay'ın Hidrolojik Özellikleri

Boğaçay'ın debisi yıl içinde değişiklik göstermektedir. Boğaçay'ın iki kolu Çandır ve Doyran Çayları ancak aşırı yağışlı dönemlerde akmaktadır. Üçüncü kol Karaman Çayı'nda ise sürekli akım olup, su debisi kış ve ilkbahar aylarında yüksek değerlere ulaşmaktadır. Yaz aylarında

ise akımın çok azalması nedeniyle, Boğaçay suyu ancak tufa (traverten) kaynaklarının boşalımından kaynaklanmaktadır. Boğaçay yaklaşık 25 km uzunluğunda yatağı ile 830 km²lik bir alandan su toplamaktadır (Şekil 2). Çandır Çayı, 1350 m kotunda doğar, kuzeye doğru akarak vadi boyunca küçük yan derelerle birleşerek Çakırlar mevkiine ulaşır. Küçükdağ Tepe kuzeyinde Karaman Çayı ile birleşir. Çandır çayı yatağında geçmişte kum çakıl ocakları işletilmiştir. Doyran Çayı, 2000 m kotlarında doğar, Doyran yerleşim yerine ulaşır, doğuya doğru akarak Karaman Çayı ile birleşir. Doyran Çayı'nın suları yaz aylarında sulama amaçlı kullanıldığından Haziran-Aralık aylar arasında akarsu yatağında su kalmamaktadır. Karaman Çayı, 1845 m kotunda doğar, Aşağı Karaman ve Doyran arazilerinden güneye doğru akarak Doyran Çayı ile birleşir. Boğaçay havzasına komşu ve ovanın güneybatısında yer alan Sarısu Çayı ise 1645 m kotlarında kireçtaşlarından süzülerek doğmaktadır. Bahar aylarında maksimum debiye sahip olan Sarısu Çayı'nın kurak dönemlerde sahile yakın bölgede yalnızca yeraltısuyu drenajı halini aldığı gözlenmektedir.



Şekil 2. Boğaçay havzası ve Konyaaltı Kumsalı

Antalya merkezde 1200 mm dolayında olan yıllık ortalama yağışın %54'ü kış aylarında düşmektedir. 2001 yılında 1892 mm yağış ile 1969 yılındaki 1914 mm değerinin ardından son 100 yılın ikinci büyük yağışı kaydedilmiştir. Daha dikkat çekici olanı ise bu yağışın 1390 mm'sinin (yıllık toplamın % 74'ü) Kasım ve Aralık aylarında gerçekleşmiş olmasıdır (Dipova, 2009). Boğaçay havzası yağış alanının %14'ü 1500 m kotu üzerinde olup, kıyıya 27 km yatay mesafede kot 2000 m'ye çıkmaktadır. Havzada kireçtaşı ağırlıklı olmakla birlikte ofiyolit türü geçirimsiz kayalar dabalunmaktadır.

Yüksek eğim ve anlık yüksek yağış Boğaçay'ın "boğa" gibi hızlı ve ürkütücü akmasını sağladığı ve halkın çaya bu ismi bu nedenle verdiği rivayet edilmektedir. Boğaçay havzasındaki tarım alanları ve köyler geçmişte de taşkın afeti altında kalmıştır. Taşkın önleme tedbirleri alınmadan bölgenin imara açılması ile taşkın riskinin boyutu daha da büyümüştür. Zaman içinde çeşitli nedenlerle

Çay yatağının daraltılması gelecekte de taşkın riskinin devam edeceğini göstermektedir.

Boğaçay özellikle Ocak ve Şubat aylarında akım debisi ve buna bağlı olarak katı madde hacmi en yüksek değerlere ulaşmakta, Mart - Ağustos ayları arası akım ve katı madde debileri sürekli düşmekte, Eylül - Kasım aylarında ise akım debisi ihmal edilir düzeylere düşmektedir (Oğuz, 2001).

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, sediment taşınımı, yataкта dolgu ve kıyı çizgisindeki değişimler uydu görüntüleri üzerinde yapılan görüntü işleme teknikleriyle incelenmiştir. Yer yüzeyinden bilgi elde edilmesinde uydu görüntülerinin kullanılmasının en önemli avantajı, geniş alanlara ait büyük çapta konumsal veri içermesidir. Diğer bir kolaylık ise

görüntülerin sayısal veri olması ve doğrudan işleme kullanılabilmesidir. Ancak bu iki avantaj dar alanların hassas analizlerinde sınırlama haline dönüşmektedir. Uydu görüntülerinde çözünürlük, piksel boyutu ile sınırlı olup konumsal çözünürlük, spektral çözünürlük, radyometrik çözünürlük ve uzaysal çözünürlük olmak üzere 4 ayrı başlık altında değerlendirilir. Düşük konumsal çözünürlüğe sahip görüntüler, sadece büyük özelliklerin tanımlanabilmesine olanak sağlar. Ancak yüksek çözünürlüklü görüntülerde ince ayrıntılar belirlenebilir. Uzaysal çözünürlük görüntüde seçilebilen en küçük nesnenin boyutu olduğundan, çözünürlük piksel boyutuyla sınırlı olup, algılanacak bir nesnenin boyutu bir pikselden daha küçük olmamalıdır. 2000 öncesi çalışmalarda genellikle LANDSAT, SPOT ve IKONOS uydularından elde edilmiş uydu görüntüleri kullanılmış olup, görüntülerin çözünürlükleri 30m ile 2m arasında değişmektedir. 2000 sonrasında piksel boyutu 1 m altına inmeye başlamıştır. QuickBird (DigitalGlobe) uydusu 55 cm, Pléiades (Airbus) ise 50 cm çözünürlüğe sahiptir. Uydu görüntüsü teknolojisinde halihazırda en yüksek çözünürlük WorldView-3 (DigitalGlobe) uydusuyla 31 cm'e kadar düşmüştür.

Uydu görüntüleri, algılayıcılar tarafından kayıt edilmesi sırasında, dünyanın yüzey geometrisi, uydunun yörüngeindeki sapmalar ve diğer bazı etkenlerden dolayı yeryüzündeki gerçek harita koordinatlarıyla uyumsuzluk gösterebilir. Görüntünün haritadaki gerçek koordinatlarına oturtulması için geometrik düzeltme işlemi yapılır. Geometrik düzeltme işlemi için görüntü üzerinde yer kontrol noktaları belirlenir. Bu noktalar (yol kavşakları, kıyılar, bina köşeleri vb) harita koordinatları yardımıyla bir altlık üzerine işlenir. Dönüşüm eşitlikleri yardımıyla görüntüden haritaya geçiş işlemi tamamlanır. Farklı zamanlarda, farklı açılarda ve farklı atmosfer koşullarında alınan uydu görüntüleri, farklı düzeylerde geometrik bozunmalar içerirler. Bu bozunmalar; uydunun konum değişimleri, uydu tarama aynası hızındaki değişimler, panoramik bozunma, yeryüzü eğimi ve perspektif nedeniyle meydana gelir (Jensen, 1996; Richards, 1993). Ayrıca bu görüntüler tek bir projeksiyon düzleminde kaydedilemediğinden, işlenmemiş uydu görüntülerinin ölçme ve karşılaştırma amaçlı kullanımları önemli ölçüde hatalara sebep olur. Farklı uydu görüntülerini yersel bir koordinat sisteminde tanımlayarak bir projeksiyon düzlemine kaydetmek ve geometrik bozunmaları düzeltmek amacıyla doğrultma (rectification) işlemi uygulanır. Çalışmada kullanılan görüntüler MapWarper bilgisayar programı (MapWarper, 2020) kullanılarak doğrultma işlemine tabi tutulmuştur.

Görüntü zenginleştirme, görüntünün daha iyi yorumlanabilmesi amacıyla çeşitli filtreleme, zıtlık (kontrast) vurgulanması, kenar çizgilerinin vurgulanması ya da giderilmesini içerir. Algılayıcılar farklı aydınlık koşullarına sahip

bölgelerde kayıt aldıklarından, lokal uydu görüntülerindeki piksel değerleri, dar bir aralıkta değerler alabilir. Bu durumda düşük zıtlığa (kontrast) sahip bir görüntü elde edilebilir. Yetersiz zıtlık, görüntüdeki nesnelerin ayırt edilmesini ve farklı amaçlar için sınıflandırılmalarını güçleştirebilir. Kontrast zenginleştirmede en çok kullanılan yöntemler histogram germe ve histogram eşitleme yöntemleridir. Histogramı geniş bir aralıkta yayılmış görüntülerin kontrastı fazla olacağı için, mevcut histogramın alt ve üst sınırlarını kullanarak bu alt ve üst sınırları daha geniş bir aralığa gererek mevcut görüntüler daha net bir hale getirilir. Bu işleme histogram germe adı verilir. Histogram eşitleme yöntemi ise çıktı görüntüde parlaklık sınıflarının her birine yaklaşık eşit sayıda piksel düşmesi esasına dayanmaktadır.

Çalışma alanındaki yakın zamanlı kıyı değişimlerinin incelenmesi ve ölçülmesi amacıyla uydu görüntüleri temin edilmiştir. İnceleme alanında son 15 yılda meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin tespiti amacıyla 2005-2020 yılları arasına ait WorldView-3 (DigitalGlobe) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Alınan uydu görüntüleri görüntü işleme (image processing) teknikleriyle işlenerek deniz ve kırsal arasındaki kıyı çizgisi sınır bulma (outline detection) yöntemiyle belirlenmiş, farklı dönemlere ait kıyı çizgileri karşılaştırılarak, kıyı alanındaki değişimler belirlenmiştir. Daha önceki yıllara ait bilgiler ise düşük çözünürlüklü olan hava fotoğrafının yorumlanması ile elde edilmiştir.

Batimetrik haritalamada iskandil gibi geleneksel yöntemler zaman ve insan emeği gerektiren yöntemler olup, ölçüm tamamlanıncaya kadar geçen süredeki su seviyesi değişimlerinden ve operatör hatalarından olumsuz yönde etkilenmektedir. Gelişmiş yöntemler olan akustik iskandil ve LİDAR araştırmalarının yatırım maliyeti çok yüksektir. Ölçüm öncesi yetkili kurumlardan gerekli izinlerin alınması çok zaman alabilir ve çalışma programının aksamasına neden olabilir, hatta uygun koşullarda ve dönemsel yapılması gereken ölçümler gerçekleştirilebilir. Ayrıca, tekne ile yanaşılacak bölgelerde detaylı ölçüm yapılamayabilir. Bu gerekçelerin tümü bu çalışma için geçerli olduğundan uydu batimetri tekniğinin kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir.

Batimetri çalışmasında DigitalGlobe firmasına ait olan WorldView-3 uydusunun 23.1.2020 tarihinde çekmiş olduğu görüntü kullanılmıştır. 31cm çözünürlüğe sahip WorldView-3 uydu görüntüleri; arazi sınıflandırmaları, afete hazırlık, özellik çıkartımı, değişim tespiti, madencilik, çevresel izleme, kıyı uygulamalarında kullanım alanı bulmaktadır. Görüntü yalnızca çalışma alanını içerecek şekilde boyutlandırıldıktan ve 8 bit formata dönüştürüldükten sonra histogram germe yöntemiyle zıtlık (kontrast) iyileştirmesi uygulanmıştır. Bu yolla piksel değerleri arasındaki fark artırılmıştır. Bu görüntü zenginleştirme

işleminde sonra görüntünün histogramı çıkarılmıştır. Histogram üzerinde kuru zemin üzerinden yansıyan ve su altı zeminden yansıyan parlaklık bölgeleri belirlenmiştir. Kuru zemin yansıması sonucu oluşan parlaklık değerleri su altı değerlerine göre daha yüksek ve dar bir aralıkta çıkmaktadır. Beer-Lambert Yasası Eşitlik 1'deki gibi ifade edilebilir.

$$I_0 = I_i * e^{-cd} \quad (1)$$

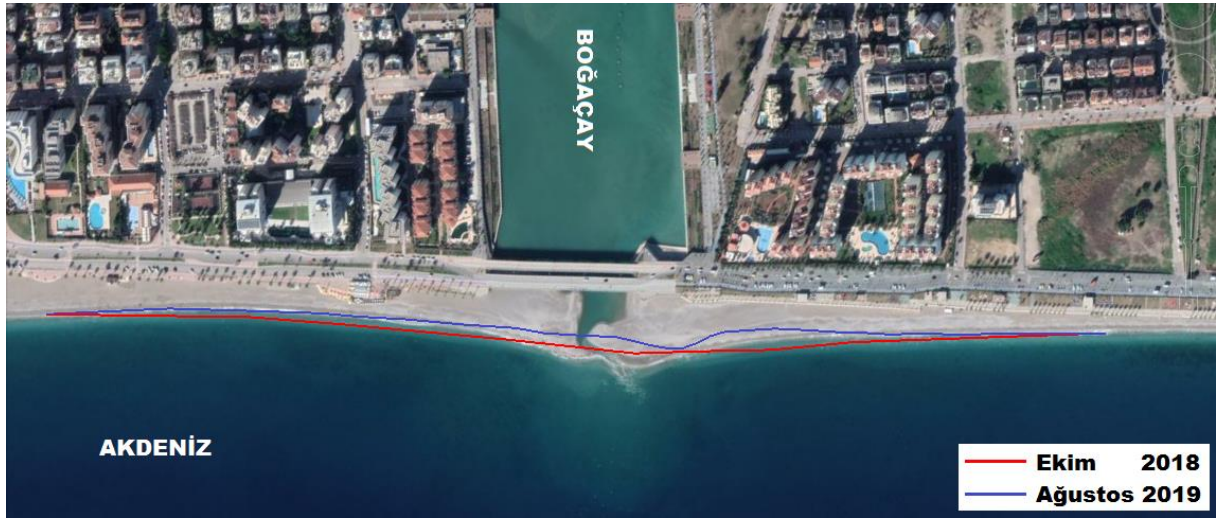
Burada; I_i : Girdi parlaklık değeri, I_0 : Emilim sonrası çıktı parlaklık değeri, c : Emilim katsayısı, d : Işığın gittiği yol (Su derinliği).

Eşitlik 1'deki görüntüdeki piksel parlaklık değerlerine, d ise suyun derinliğine karşılık gelir. Suyun ışık emilim katsayısı (c) ve girdi parlaklık değerleri (I_i) belirlendiği takdirde su derinliği (d) belirlenebilecektir. Carbonneau ve ark. (2006) su emilim katsayısının dar bölgedeki aynı su kitlesi için eşit alınabileceğini, girdi parlaklık (I_i) değerinin ise su ile örtülü olmayan kesime ait piksellerin parlaklık değeri olarak alınabileceğini ifade etmiştir. Bu önerilen yöntemin uygulanabilmesi için belirli noktalarda (özellikle en derin ve en sığ) iskandil yöntemiyle derinlik ölçülerek emilim katsayısı (c) nin belirlenmesi gerekmektedir.

Batimetrisi çıkarılacak alanda 30 noktada derinlik ölçümü yapılmıştır. Ölçümü yapılan noktalar için kalibrasyon sağlandıktan sonra, görüntü üzerinde tüm pikseller Eşitlik 1 yardımı ile derinlik bilgisine dönüştürülmüştür. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için MatLab ortamında bir kod hazırlanmış, batimetri bilgisi oluşturulmuş ve 3 boyutlu olarak gösterimi sağlanmıştır.

BULGULAR

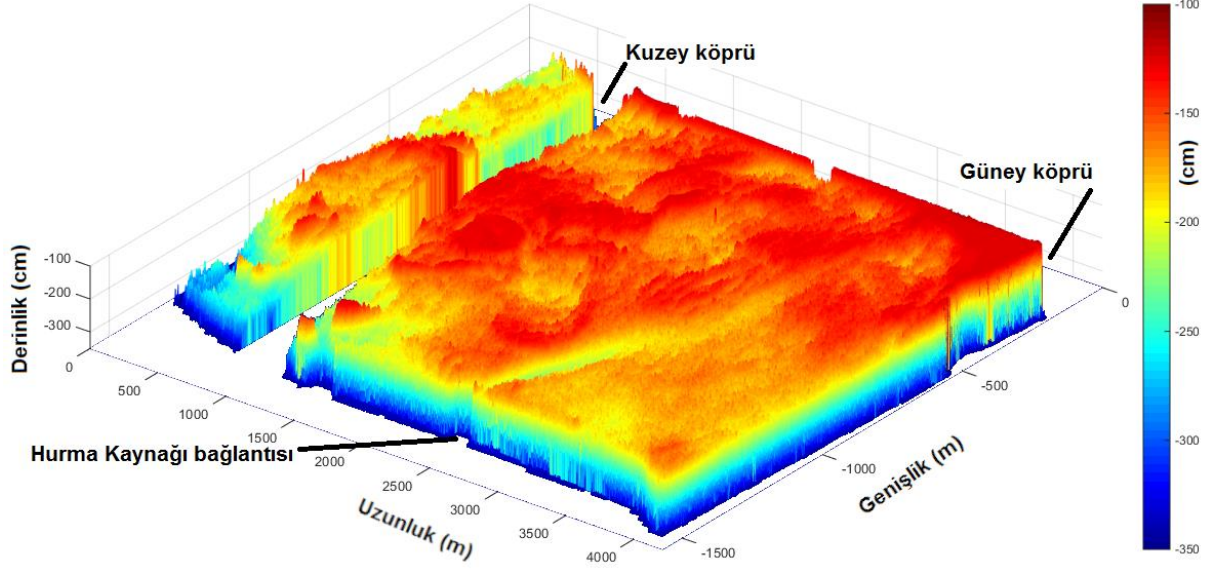
Uydu görüntüleri ile ilgili çalışmalarda gel-git seviyesi, kıyı akıntıları, dalga ve bulanıklık önemli etken olmaktadır. Gel-git genliklerinin oldukça sınırlı olması nedeniyle gel-git kaynaklı akıntılar sadece dalga nedeniyle askıya kalkan ince taneli malzeme üzerinde bir etki yaratacaktır. Denizin dalgalı olması ölçüm hassasiyetini olumsuz etkileyecektir. Deniz suyunun akarsudan taşınan sedimentle bulanıklaşması da kıyı çizgisinin belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Uydu görüntülerinin seçiminde bu faktörler dikkate alınmıştır. Daha önceki çalışmada Maxar Technologies (eski adıyla Digitalglobe) uydu görüntü arşivinde bulunan, kazının devam ettiği döneme ait 5 Ekim 2018 tarihli görüntü ile, 19 Ağustos 2019 tarihli görüntü karşılaştırılarak çay ağzında kıyı çizgisinde 318 günde 9748 m² gerileme olduğu belirlenmiştir (Dipova, 2019). 23 Ocak 2020 tarihli uydu görüntüsünde ise kıyı çizgisinin bir önceki ölçüme göre 6572 m² ilerleme gösterdiği, ancak 5 Ekim 2018 tarihli kıyı çizgisine göre 3176 m² gerilemenin geçerli olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. 23 Ocak 2020 tarihli uydu görüntüsü üzerinde 5 Ekim 2018 ve 19 Ağustos 2019 tarihli uydu görüntülerinden elde edilen kıyı çizgilerinin karşılaştırılması

Ardışık 3 uydu görüntüsü arasındaki değişim Boğaçay sediment taşınımı ve iklim özelliklerine bağlı olarak açıklanabilir. 2018-2019 arasında Boğaçay lagünü yeni kazılmış olduğundan, bu dönemde Boğaçay tarafından taşınan ince taneli maddelerle lagün tabanında dolgu oluşmuş ve batimetri değişmiştir. 2019 yaz döneminde aşırı

sucul bitki üremesi de tabanda biriken ince taneli (mil) malzemeye bağlanmıştır. 2020'ye gelindiğinde ise taban batimetrisinin son hali ve dolgu malzemesinin niteliği merak konusu olmuştur. Tabandaki dolgu kotu kumsal bariyeri kotuna yükselttiğinde lagün tabanı üzerinde sürüklenen kum malzeme sahile ulaşabilir. Kış aylarında



Şekil 5. Boğaçay yapay lagünü taban topoğrafyası

Şekil 5 incelendiğinde, yapay lagünün en düşük kotunun kuzey batı sınırda olduğu anlaşılmaktadır ($D_{maks} = 3,11m$). Burada çay suyu menfezi aşarak şelale şeklinde lagüne akmaktadır. Menfez üst yüzeyi eş seviyede olmayıp en düşük kotu batı kesimde olduğundan, burada sürekli su düşüşü olmakta ve türbülans nedeniyle tabanda aşınma ve/veya dolgunun engellenmesi söz konusudur. Menfezin özellikle orta kesiminin kotu yüksek olduğundan orta bölümde çökme olmuş ve taban kotu yükselebilmektedir. Lagünün diğer bir derin yeri ise Hurma kaynağının lagüne bağlandığı menfezin önünde gözlenmektedir. Burada sürekli bir su akışı söz konusu oldu-

ğundan tabanda çamur çökmesi engellenmekte ve çizgisel olarak derin bir kanal korunmaktadır. Lagünün en sığ kesimi ise güney doğuda iki gözlü menfezin (güney köprü'nün devamı) kuzeyindeki beton sahanlığın arkasında (Şekil 4'te A noktası) gözlenmektedir ($D_{min} = 1,48m$). Bu bölgede ise beton sahanlık nedeniyle su akışı engellenmekte, suyun hızı düştüğü için çamur çökmesi fazla olmaktadır. Derinliğin azalması sonucunda, yer yer sığ su bitkilerinin üremeye başladığı görülmüştür (Şekil 6). Kuzey köprü'nün ortasından itibaren güneye doğru gözlenen bu (4 adet) bitkilerin konumu batimetri haritasındaki sığ bölgelere denk düşmektedir.



Şekil 6. Boğaçay yapay lagününde yerel sığlaşma sonucunda ortaya çıkan sığ su bitkileri

İp iskandille derinlik ölçümleri yapılırken iskandilin ucundaki demir ağırlık plaka üzerinde gözlem amaçlı numune alınmaya çalışılmıştır. Tüm ölçümlerde iskandil çakıl veya taş gibi iri malzemeye takılmamıştır. İskandilin hareketi ile suyun bulandığı görülmüş ve bu da tabanda ince taneli malzeme biriktiği şeklinde yorumlanmıştır. İs-

kandilin yanal hareketi ile ağırlık plakasının zemine saplanması sağlanmış ve plaka yüzeye çekildiğinde kahverengi ince tanelizemin olduğu anlaşılmıştır. Bu tecrübeye göre yapay lagün tabanında Boğaçay'ın karakteristik tane boyu olan kum ve çakıl henüz çökmeye başlamamıştır. Bu bulguyu destekleyen iki bulgu daha elde

edilmiştir. Mevcut haliyle yapay lagün, tüm projenin birinci etabı olarak yapılmış ve kuzeyde bir beton menfez yapı ile sonlanmıştı. Menfezin arkasında projenin devamı niteliğinde bir miktar daha kazı yapılmış ve su derinleştirilmiş, ancak sonrasında projeye devam edilmediği. Çayın tekrar dolması menba tarafından başlayacağından, önce bu bölümün dolmasının tamamlanması sonrasında menfezin güneyindeki mevcut yapay lagünün çakıl ile dolmaya başlaması mümkün olacaktır. Bu kısımda yapılan incelemelerde menfezin arkasında hala 30-50 cm derinliğinde su bulunduğu, çay yatağında ise kazı alanına doğru yalnızca 40 m ilerleme olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle yapay havuzun çakıl malzeme ile dolma süreci henüz başlamamıştır. Fezeyan dönemlerinde askıda katı madde olarak sediman taşınması söz konusudur. Ancak askıda katı madde silt ve kil tane boyutunda olup ($D < 0,063\text{mm}$) çoğunlukla askıda madde olarak denize taşınmakta, az bir miktarı da lagün içinde dip çamuru olarak çökeltmektedir. İskandil plakası ile örneklenen malzemenin kaynağı da çökelen bu askıda katı maddedir. Çay suyunda silt ve kil haricinde kum malzeme olup olmadığına anlaşılması için bir sağık yağış sonrası fezeyan döneminde, kuzey sınırdaki menfez üzerinden şelale şeklinde akan çay suyundan örneklemeler yapılmıştır. Örnekler aynı gün laboratuara ulaştırılarak katı madde deneyi yapılmıştır. Toplam askıda katı madde (AKM) deneyinde, gravimetrik yöntem (TSE, 1989) kullanılmıştır. 3 ayrı numune üzerinde yapılan deneyde ortalama 261 mg/L toplam askıda katı madde sonucu elde edilmiştir. Kuruma sonrası elde edilen numune miktarı çok az olduğundan sedimantasyon analizi ile tane boyunun belirlenmesi mümkün olmamakla birlikte, numuneler 63 mikron elekten elenmiş ve tümünün elkten geçtiği, başka bir deyişle tüm askıda katı maddenin ince tane (kil, silt) tane boyunda olduğu anlaşılmıştır.

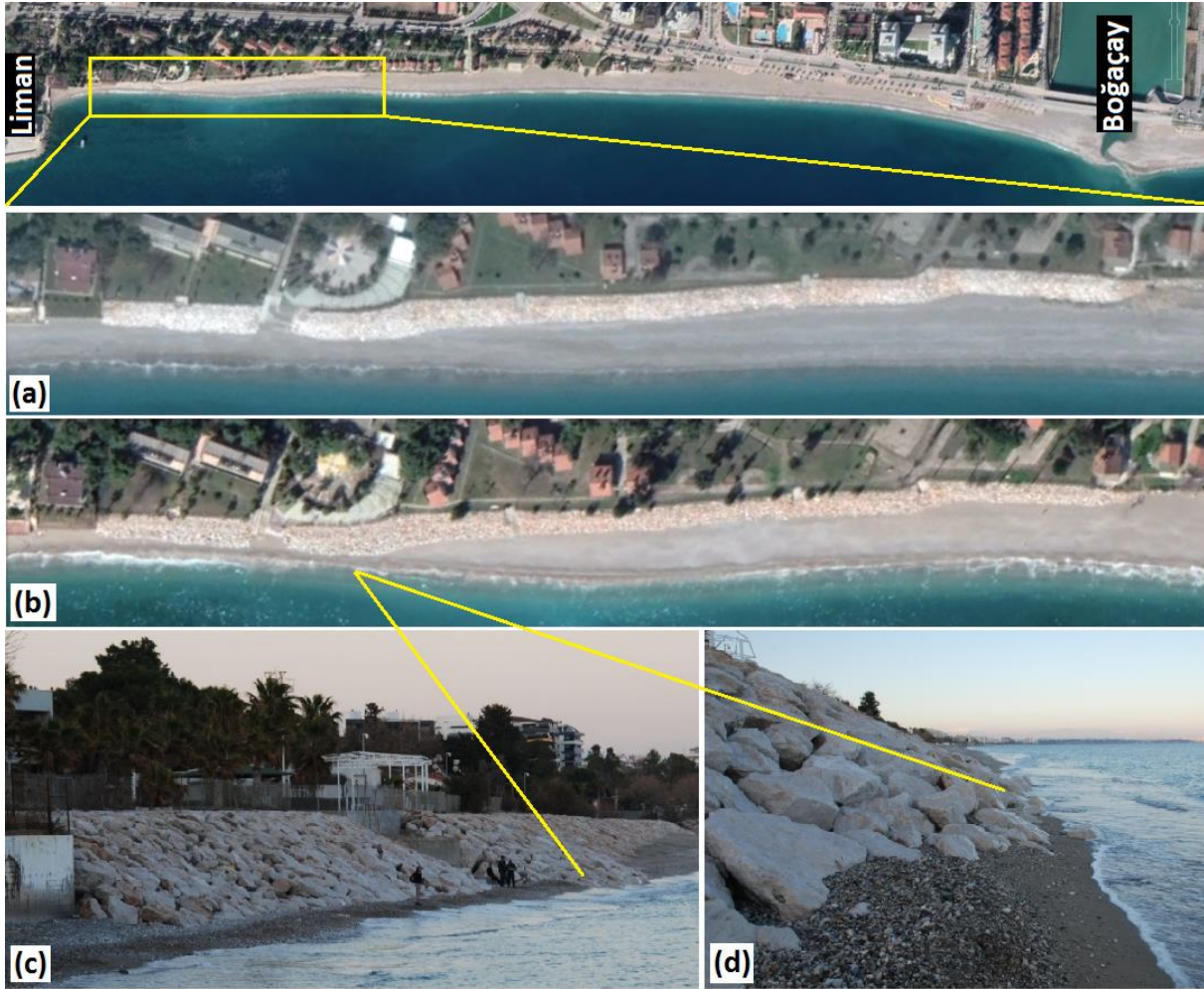
Yapay lagün tabanı batimetrisinde önemli bir değişim ve buna sebep olan bir dolgu oluşmadığı anlaşıldığından, Şekil 3'te görülen çay ağzındaki kıyı çizgisi ilerlemesinin, kumsalın batı kesiminden kıyı boyu taşınma ile taşınan malzemenin, çağ ağzındaki su akışı ile denize doğru yayılması şeklinde olduğu düşünülmektedir.

Antalya Limanı'nın doğu kesiminde, ilk 600 m'de en fazla olmak üzere, Boğaçay'a kadar kumsalda gerileme ol-

duğu bilinmektedir. Bu bölgede kamu kurumlarının dinlenme tesisleri bulunmaktadır. Ulaştırma bakanlığı tesislerini dalga etkisinden korumak amacıyla 2016 yılında, 10 metreyi bulan genişliklerde, 1:1 eğimli, yaklaşık 330 m uzunluğunda taş dolgu oluşturulmuştur (Şekil 7). Yapıldığı yıl denizle dolgu arasında en dar olduğu yerde 10 m mesafe kalmasına rağmen günümüzde dalgalı günlerde dalga taş dolguya vurmakta ve geçiş için kayaya tırmanmak gerekmektedir.

Kıyı erozyonunun etkileri plaj tesislerinde de gözlenmektedir. Eskiden yapılmış duvar, merdiven, platform gibi yapıların altının oyulduğu, zemin seviyesinin alçaldığı görülmektedir (Şekil 8).

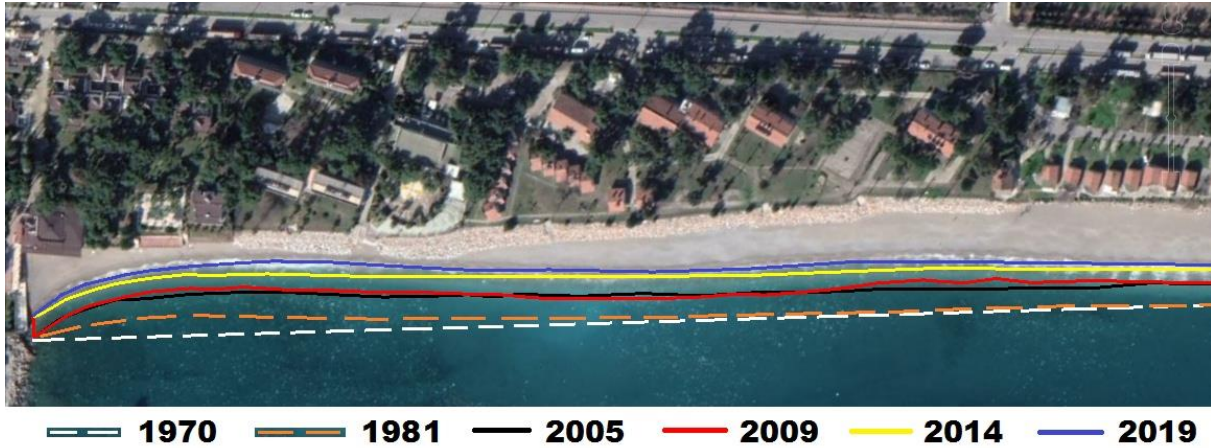
Liman doğusundaki erozyonunun uzun süreli izlenmesi amacıyla uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Yüksek çözünürlüklü görüntüler 2005 yılından itibaren mevcut olup daha önceki yıllara ait 1984 tarihli LANDSAT uydu görüntüsü ve 1981 tarihli hava fotoğrafına ulaşılmıştır. LANDSAT uydu görüntüsünde piksel boyutu 30 metre olup çözünürlüğü çalışmanın hassasiyetine uygun olmamıştır. 1981 tarihli hava fotoğrafı ise gri-ton bir fotoğraf olup taranarak sayısallaştırıldığında kıyı-deniz sınırı keskin bir çizgi sunmamaktadır. Bu nedenlerle, 1981 tarihli fotoğraf kullanılmakla birlikte hassasiyet problemi belirtmek amacıyla kesik çizgi ile işaretlenmiştir. 1981 tarihli kıyı çizgisine bakıldığında az bir miktar oyulmanın bulunduğu ve kıyı erozyonunun başlamış olduğu anlaşılmaktadır. Daha eski bir veriye ulaşamamakla birlikte Antalya Limanı'nın temelini 1964'te atıldığı ve 1967'de henüz tamamlanamamış olduğu TBMM tutanaklarından anlaşılmaktadır. Burdur milletvekili Fethi Çelikbaş 22.11.1967 tarihinde mecliste söz alarak Antalya Limanı'nın neden henüz tamamlanmadığını ve ne zaman tamamlanacağını sormuştur. 1973 tarihli gazete kúpürlerinden ise limanın hizmete açık olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle tali mendireğin dolgusunun tamamlanması ve buna bağlı olarak yeni kıyı rejiminin başlangıcının 1970 olarak kabul edilebileceği anlaşılmaktadır. 1970 kıyı çizgisi bu kabule dayalı olarak manuel olarak çizilmiştir. 50 yıllık değişim incelendiğinde bölgede 35 metreye ulaşan bir gerileme olduğu görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 7. Taş dolgu ve kıyının 2016 tarihli konumu (a), taş dolgu ve kıyının Ocak 2020 tarihli konumu (b), Şubat 2020 itibarı ile taş dolgu ile deniz arasındaki kumsalın durumu (c - d).



Şekil 8. Kıyı erozyonu nedeniyle oluşan zemin seviye farkı ve merdiven altındaki oyulma



Şekil 9. 1980 tarihli hava fotoğrafı, 2005, 2009, 2014 ve 2019 tarihli uydu görüntülerinden elde edilen kıyı çizgilerinin karşılaştırılması (1981 tarihli hava fotoğrafı düşük çözünürlüklü taranmış olduğundan kıyı çizgisi yaklaşık çizilmiştir, çizgilerin bindirildiği görüntü 23 Ocak 2020 tarihlidir)

Kıyı çizgisi değişiminin araştırıldığı diğer bir bölge ise Gürsu sahilidir. İki büyük otel ve Konyaaltı Belediyesi Emekliler Kahvesi'nin önündeki bölgede günümüzde kumsal genişliği 10 metreye kadar daralmıştır. Kumsal

daralmasının yol ve kıyı duvarı inşaatlarından da kaynaklanmış olabileceği olasılığı nedeniyle 2009 tarihli uydu ve 1981 tarihli hava fotoğrafı karşılaştırılarak kıyı çizgisindeki değişim araştırılmıştır. Şekil 10'da görüldüğü gibi kıyı çizgisinde gerileme belirgindir.



Şekil 10. Gürsu sahilindeki kıyı çizgisi değişimi

TARTIŞMA VE SONUÇ

Konyaaltı Kumsalı, yaklaşık 7,5 km uzunluğunda doğal yolla oluşmuş bir kumsal olması, kent içerisinde deniz ve kıyı kullanımına izin vermesi ve geri plandaki Beydağları silüetiyle birleştirildiğinde ortaya çıkardığı görsellikte Antalya için olduğu kadar, Türkiye ve Dünya için de önemli bir değerdir. Kumsal, Boğaçay ve Sarısu akarsularının sedimenti ile beslenerek oluşmuşken, 1970 sonrasında liman mendireğinin Sarısu kaynağını kesmesi nedeniyle, limanın doğusu için tek sediment kaynağı Boğaçay kalmıştır. Farklı nedenlerle çayın taşıdığı sediment hacmindeki değişim ve sahilde kıyı boyu taşınım nedeniyle zamana bağlı kıyı çizgisi değişimleri oluşmuştur.

2019 yılında tamamlanan Boğaçay yapay lagünü çayın denize döküldüğü ve taşıdığı sedimenti sahile ulaştırdığı bir bölgede yapıldı. Yapılan işlem sonucunda yatak genişleyip, suyun akış hızı düştüğünden, lagün bir çökeltme havuzu işlevi görmektedir. İri taneli malzeme (kum ve çakıl) lagünün gerisindeki çay yatağında birikirken, ince taneli malzemeler ise lagün tabanında çökelmektedir. Bu bağlamda, bir yandan akarsu sediment rejimi değişmiş olduğundan, yapay lagün tabanında dolgu nedeniyle tekrar kazı ve dip temizliği gerekecek, kumsalda ise kıyı çizgisi değişimi söz konusu olacaktır. Bu çalışma yapay lagün inşaatı tamamlandıktan sonraki dö-

nemde lagün tabanı ve kumsaldaki değişimin incelenmesine odaklanmıştır. Çalışma kapsamında, kıyı çizgisinin zamansal değişimi ve yapay lagün batimetrisinin incelenmesinde yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntü işleme, analiz ve sonuç gösterim işlemleri MatLab Görüntü İşleme Araç Kutusu ortamında gerçekleştirilmiştir.

Konyaaltı Kumsalı'nın batı kesimi için yapılan analizler sonucunda; özellikle liman tali mendireğinin doğusunda şiddetli kıyı çizgisi gerilemesi olduğu, bölgenin karasal kaynaklı sedimentle beslenmediği için bu gerilemenin gelecekte söz konusu olacağı sonucuna varılmıştır. Boğaçay yapay lagünü batimetri çalışması sonucunda, tabanda en alçak ve en yüksek kesimler arasında 163 cm fark olduğu görülmüştür. Lagünde su derinliği başlangıçta 2,5 m olarak tasarlanmış olmasına rağmen su altında makineli kazı sonucunda tüm alanda bu hedefe ne kadar ulaşıldığı, başka bir deyişle alanın tümünde bu derinliğin sağlanıp sağlanmadığı belirsizlik içermektedir. Ayrıca su seviyesi mevsimsel olarak, çay debisine göre ve yeraltısuyu seviyesine göre değişmektedir. Bu nedenle derinliğin su yüzeyinden ölçülmesi yanıltıcıdır. Bir sabit nokta referans düzlemi kabul edilerek kotların belirlenmesi daha doğru olurdu. Bu çalışmada kotlar güney köprü menfezinin beton sahanlığına göre verilmiştir. Kazı işleminin tamamlanması 2019 ocak ayında tamamlandığı ve bu çalışma kapsamındaki ölçümlerin de şubat ayında yapıldığı düşünülürse lagün su seviyelerinin yakın kotlarda olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda taban batimetrisi ve manuel ölçüm verilerine göre, başlangıçta 2,5 m olması gereken derinliğin 1,3 m ye kadar azaldığı söylenebilir. Bu hesaplama, bazı bölgelerde ise 120 cm'e varan dolgu olduğu ortaya çıkmakla birlikte başlangıç batimetrisindeki belirsizliğin de dikkate alınması gerekir. Su derinliğinin azalması sonucunda, yer yer sazlık türü sığ su bitkilerinin üremeye başladığı görülmüştür. Kuzey köprü'nün ortasından itibaren güneye doğru 4 adet gözlenen bu sazlık bitkisinin konumu batimetri haritasındaki (Şekil 5) sığ bölgelere denk düşmektedir. Tabanda çökelen malzemenin mil olması, çaydan lagüne henüz iri taneli malzeme taşınmadığına, ve sahili besleyecek malzemenin sahile ulaşmadığına işaret etmektedir. Lagüne giren sudan alınan numunelerden elde edilen 261 mg/L toplam katı madde miktarı, Boğaçay eski verilerinin çok altındadır. Oğuz (2001) Ocak ve Şubat aylarında 500 mg/L'nin üzerinde katı madde rapor etmiştir.

Gürsu sahilinde ise, yanal akıntı ile katı madde beslemesi mümkün olmakla birlikte önemli miktarda kıyı çizgisi gerilemesi olduğu anlaşılmıştır. Bu kesime ait eski tarihli fotoğraflar incelendiğinde her zaman sahilin en dar bölgesi olduğu anlaşılmaktadır. Batimetri haritasında, sahilde daralmanın en fazla olduğu noktanın derin bir

deniz altı vadisinin devamına denk geldiği görülmektedir. Deniz batimetrisi, dalga özellikleri ve buna bağlı kıyı akıntıları nedeniyle bu kesimin katı madde erozyonuna hassasiyet gösterdiği düşünülmektedir.

Kumsallar, rüzgâr, dalga, kıyı akıntıları, kıtasal sediment beslemesi, erozyon gibi çeşitli faktörlerin etkisi altında, uzun jeolojik zaman sonunda dinamik bir dengeye ulaşır. Konyaaltı Kumsalı'nda da dinamik dengeyi bozacak faktörler etkin olmadığı sürece hızlı ve önemli boyutta bir gerileme ile karşılaşılacağı düşünülmektedir. Kıyı gerilemesine neden olacak faktörler ortadan kaldırılmadan, dalga etkisine direnci artıracak mühendislik yapılarının (mahmuz, dalgakıran vb) gündeme getirilmesi Antalya'nın doğal bir simge değerinin zarar görmesi sonucunu doğurabilir. Bu nedenle öncelikle doğal dengenin sağlanması yolu ile önlem alınması düşünülmelidir.

Geçmişte oluşan kıyı çizgisi gerilemesinin geriye döndürülmesi, gelecekte gerçekleşecek gerilemenin önlenmesi için akarsu sediman rejiminin ve akarsu taban kotunun bilimsel ölçütlere uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Boğaçay ve kolları üzerinde kum-çakıl ocağı işletilmesi, diğer çevresel sorunlara ilave olarak kıyı çizgisi gerilemesine de neden olacağı düşünülerek, kesinlikle gündeme getirilmemelidir.

KAYNAKLAR

- Alesheikh, A. A., Ghorbanali, A., Nouri, N. (2007). *Coastline change detection using remote sensing*, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4 (1): 61-66.
- Carbonneau, P.E., Lane, S.N., Bergeron, N.E. (2006). *Feature based image processing method applied to bathymetric measurements from air borne remote sensing in fluvial environments*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31: 1413-1423.
- Çevik, N. (1994). *Localisation of Olbia at thenorth of Pamphilia, Lykia, Anadolu-Akdeniz Arkeolojisi, Akdeniz Üniversitesi Likya Araştırma Merkezi ve Arkeoloji Bölümü Süreli Yayını*.
- Çevik, N. (1996). *Kent Antalyanın Arkeolojik Envanteri Projesi II : Hurma Köy Yüzey Araştırmaları, XIV. Araştırma Sonuçları Toplantısı, Ankara, 27-31 Mayıs 1996, pp.235-251*.
- Dipova, N. (2009). *Preliminary assessments on the modes of instability of the Antalya (SW-Turkey) coastal cliffs*. *Environmental Earth Sciences*, 59(3): 547-560.
- Dipova, N. (2010). *Boğaçay (Antalya) Kıyı Ovası'nın mühendislik jeolojisi değerlendirmeleri*, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 34 (2): 71-84.
- Dipova, N. (2011). *Geotechnical characterization and facies change detection of the Bogacay coastal plain (Antalya, Turkey) soils*, *Environmental Earth Sciences*, 62(4): 883-896.
- Dipova, N. (2016). *Antalya Konyaaltı Sahilinde Kıyı Erozyonu Tehlikesi*, *MAKÜ FBE Dergisi*, 7:223-231.
- Dipova, N. (2019). *Boğaçay (Antalya) Rekreatyon Alanı Çalışmalarının Konyaaltı Sahiline Etkileri*. *Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi*, 1(2): 71-76.

- Einstein, H.A. (1950). *The Bed-Load Function for Sediment Transportation in Open-channel Flows*. U.S. Dept. Of Agri. Techn. Bull. 1026.
- Ingham, A. E. (1992). *Hydrography for Surveyors and Engineers*, p. 132. London: Blackwell Scientific Publications.
- Jensen, J. R. (1996). *Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective*, Prentice Hall, United States of America.
- Kalinske, A.A. (1947). *Movement of Sediment as Bed-Load in Rivers*. Transactions, American Geophysical Union, 28(4): 615-620.
- Konyaaltı Kaymakamlığı. (2012). *Konyaaltı Dört Mevsim, Gezi İnceleme, Özgün Matbaacılık, Ankara, ISBN: 978-605-359-946-3*.
- Lyon, J.G., Lunetta, R.S., Williams, D.C. (1992). *Airborne multispectral scanner data for evaluating bottom sediment types and water depths of the St. Marys river, Michigan*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 58: 951-956.
- MapWarper. (2020). <https://mapwarper.net/>
- Marcus, W.A. (2002). *Mapping of stream microhabitats with high spatial resolution hyperspectral imagery*. Journal of Geographical Systems 4:113-126.
- Marcus, W.A., Legleiter, C.J., Aspinall, R.J., Boardman, J.W., Crabtree, R.L. (2003). *High spatial resolution hyperspectral mapping of in-stream habitats, depths, and woody debris in mountain streams*. Geomorphology 55: 363-380.
- Miller, C.B. (1951). *Analysis of Flow–Duration, Sediment-Rating Curver Method of Computing Sediment Yield*, U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation Sedimentation, Denver, Colorado.
- Meyer-Peter. E., Müller. R. (1949). *Eine Formel zur Berechnung des Geschiebetriebes*. Schweizer Bauzeitung, 67. Jg., Nr.3.
- Oğuz, H. (2001). *Boğaçay Havzasında Yapılan Faaliyetler Sonucu Antalya Körfezine Taşınan Kirlilik Yüklerinin Tespitine Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri ABD*.
- Richards, J.A. (1993). *Remote Sensing Digital Image Analysis: an introduction*, Springer-Verlag, Heidelb.
- TSE. (1989). *Su Kalitesi-Toplam Katı MaddeTayini TS 7093*. Ankara.
- Vollmers, H., Pernecker, L. (1965). *Neue Betrachtungsmöglichkeiten des Feststofftransportes in offenen Gerinnen*. Die Wasser wirtschaft, 55.Jg.
- Westaway, R.M., Lane, S.N., Hicks, D.M. (2003). *Remote survey of large-scale braided rivers using digital photogrammetry and image analysis*. International Journal of Remote Sensing 24: 795-816.
- Whited, D., Stanford, J.A, Kimball, J.S. (2002). *Application of airborne multispectral digital imagery to quantify riverine habitats at different baseflows*. River Research and Applications 18: 583-594.
- Winarso, G., Budhiman, S. (2001). *The potential application of remote sensing data for coastal study*, Proc. 22 nd. Asian Conference on Remote Sensing, Singapore.
- Winterbottom, S.J., Gilvear, D.J. (1997). *Quantification of channel bed morphology in gravel-bed rivers using airborne multispectral imagery and aerial photography*. Regulated Rivers: Research and Management 13: 489-499.
- Yanmaz, A. M. (2018). *Applied Water Resources Engineering, Fifth edition*, METU Press.
- Yıldız, H., Demir, C., Gürdal, M.A., Akabalı, O.A., Demirkol, E.Ö., Ayhan, M.E., Türkoğlu, Y. (2003). *ANTALYA-II, BODRUM-II, ERDEK ve MENTEŞ Mareograf İstasyonlarına ait 1984 - 2002 Yılları Arası Deniz Seviyesi ve Jeodezik Ölçülerin Değerlendirilmesi*, Harita Dergisi, 17: 1-75.