



Firat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi
Firat University Journal of Social Science
Cilt: 15, Sayı: 2, Sayfa: 51-68, ELAZIĞ-2005

ALTINOVA SAHİLİNDE KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİNİ BELİRLEMEDE UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

*Remote Sensing and GIS Monitoring of Coastline Change in Altınova Coast,
Turkey*

Şermin TAĞIL

İsa CÜREBAL

*Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,
Coğrafya Bölümü, stagil@balikesir.edu.tr*

*Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,
Coğrafya Bölümü, curebal@balikesir.edu.tr*

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Altınova (Karakoç Deltası - İskele Kıyı Oku - Madra Çayı Deltası) sahilinde kıyı çizgisinin değişim paternini ortaya koymak (1), kıyı değişimleri sonucu ortaya çıkan risk alanlarını değerlendirmek (2) ve haritalar üzerinde değişim ve dolayısı ile risk alanlarını göstermek (3) tir. Bu amaçla 1958, 1977 ve 1998 yılları hava fotoğraflarından düzenlenen topografya haritaları, çok bantlı (multispectral) sensörlerden Landsat MSS 1975, Landsat TM 1987 ve Landsat ETM+ 2000 uydu görüntüleri ile 2002 siyah beyaz stereo dijital hava fotosu kullanılmıştır. Erdas Imagine 8.7 kullanılarak uydu görüntüleri, hava fotoğrafı ve topografya haritalarının geometrik doğrulaması yapılmış ve daha sonra kıyı değişimi analiz edilmiştir. Yapılan çalışmalar kıyı şeridinin güneyinde yer alan Madra Çayı Deltası'nda kıyı gerilemesi yaşanırken aynı sahil şeridinin sadece birkaç kilometre kuzeyinde yer alan İskele kıyı oku ile Karakoç Deltası'nın denize doğru büyümelerine devam ettiği ya da sabit kaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kıyı çizgisi değişimi, Madra Çayı Deltası, Karakoç Deltası, Altınova (Balıkesir), Uzaktan algılama, GIS.

ABSTRACT

Objectives of this study are to determine the pattern of shoreline changes along the coastal area of Altınova (Karakoç Delta - İskele spit - Madra Creek Delta) (1), determine the hazard areas due to coastal changes (2) and provide maps showing the hazards areas over the coastal zones of Altınova. For this reasons, topographic maps which are produced by 1958, 1977 and 1998 years air photos, Landsat MSS 1975, Landsat TM 1987 and Landsat ETM+ 2000 remotely sensed data from multispectral sensor systems and 2002 white and black, stereo digital air photo were used. After the satellite images, the air photo and the topographic maps were geometrically corrected by the use of Erdas Imagine 8.7 software, shorelines changing were analyzed. Shortly, it is determine that while Madra Çay Delta on southern portion of the coast may be experiencing retreat, İskele spit and Karakoç Delta on the same costal zone but just a few kilometers north of Madra Delta may prevail stable or advancing conditions.

Key Words: Shoreline change, Madra Çay Delta, Karakoç Delta, Altınova (Balıkesir), Remote sensing.

1. Giriş

Kıyılar hava, su ve karanın etkileşim altında bulunduğu ve doğal kaynakların zenginliği ile dikkati çeken, bu nedenle her zaman aşırı kullanıma maruz kalan alanlardır. Bu aşırı kullanım, kıyı ekosistemindeki hassas dengeyi bozabilmektedir. İnsanın etkisiyle ortaya çıkan bu ikincil ekosistemler, bir çok türün doğal dengesini etkilemektedir. Aslında bu alanlar, insan merkezli baskılarla birlikte doğal süreçlerdeki bozulmaların da etkili olduğu yerlerdir. Bu nedenle ekolojik açıdan sürdürülebilirlikleri önemlidir.

Sürdürülebilir kalkınma, insanoğlunun parçası olduğu ve varlığını sürdürebilmesi için temel desteği sağlayan ekosistemlerle uyumlu ve denge içinde, yaşam kalitesinin yükseltilmesi ve geliştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Demirayak 2002). Biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilir kullanımını, biyolojik çeşitliliğin bugünkü ve gelecekteki nesillerin ihtiyaçlarını ve özelemlerini karşılama potansiyelini muhafaza etmesi anlamını taşımaktadır. Bu bağlamda, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilir kullanımı, bir yandan bugünkü kuşakların gereksinimleri diğer yandan da gelecek kuşakların haklarının güvence altına alınmış olmasını içermektedir. Bu kapsamda incelendiğinde geçtiğimiz yıllarda kıyı kullanımında gelecek nesillerin dikkate alınmamış olduğu görülmektedir.

3621/3830 sayılı Kıyı Kanunununa göre “kıyı çizgisi” deniz, göl ve akarsularda, suyun taşkın durumları dışında kara parçasına değdiği noktaların birleşmesinden oluşan meteorolojik olaylara göre değişen doğal çizgidir (Efe 1995). “Kıyı kenar çizgisi” ise deniz, tabii ve suni göl ve akarsuların, alçak basık kıyı özelliği gösteren kesimlerinde kıyı çizgisinden sonra kara yönünde su hareketlerinin oluşturduğu kumsal ve kıyı kumullarından oluşan kumluk, çakıllık, kayalık, taşlık, sazlık ve benzeri alanların doğal sınırı, dar-yüksek kıyı özelliği gösteren yerlerde ise şev ya da falezin üst sınırıdır. “Sahil Şeridi” kıyı kenar çizgisinden itibaren kara yönünde yatay olarak en az 100 metre genişliğindeki alandır. “Sahil şeridinin birinci bölümü”, kıyı kenar çizgisinden itibaren kara yönünde 50 metre genişliğindeki alan olup sadece açık alanlar, yeşil alan, gezinti alanları, çocuk bahçesi ve rekreatif kullanımlar ve yaya yolu olarak kullanılacak alanlardır. “Sahil şeridinin ikinci bölümü” ise sahil şeridinin birinci bölümünden itibaren, kara yönünde en az 50 metre genişliğindeki alan olup, toplumun yararlanmasına açık, günübirlik turizm yapı ve tesisleri, taşıt yolları, açık otoparklar ve arıtma tesislerinin yapılabileceği alanlardır. Kıyı zone, uluslararası kaynakların değerlendirilmesinde, çevre ve ekonomik bakımdan önemli alanlardır.

Kıyı çizgisinde doğal olarak bazı değişimler yaşanmaktadır. Gibeaut (2001) kıyı

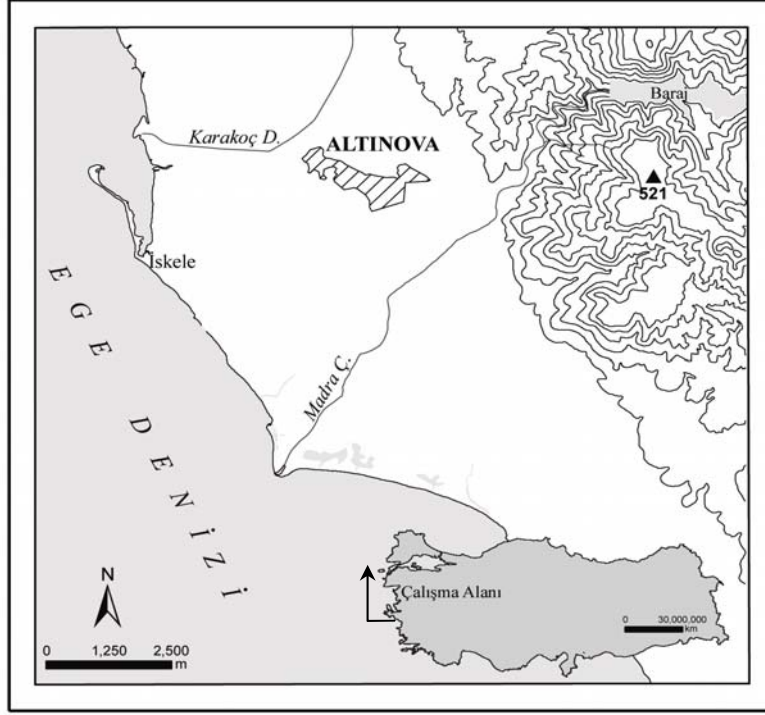
çizgisinde meydana gelen değişimleri uzun dönemli değişimler, kısa dönemli değişimler ve epizodik değişimler olmak üzere üçe ayırmaktadır. Bu kapsamda uzun dönemli değişimler 10 ile 1000 yıllık zaman diliminde gerçekleşen değişimlerdir; kısa dönemli değişimler sadece 5 ile 10 yıllık dönemlerde gerçekleşen değişimlerdir. Epizodik değişimler ise fırtınalar gibi doğal olaylar sonucunda gerçekleşen ani değişimler olarak tanımlanmaktadır. Uzun dönemli değişimlerden bütün kıyı aynı düzeyde etkilenirken kısa dönemli değişimlerde aynı kıyıda birkaç kilometre aralıklarla bir tarafta çekilme gözlenirken diğer tarafta karanın ilerlemesi ya da durağan olması gözlenebilmektedir. Bu değişimler alçak kıyıların doğal karakteristiği gereği; dalgalar, rüzgârlar gibi doğal şartlarda gerçekleşen değişimlerin bir sonucu olarak çekilmesi ya da ilerlemesi şeklinde gerçekleşmektedir.

Kıyı çizgisinde meydana gelen değişimlerde uzun dönemlik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilerin değerlendirilmesinde ise CBS ve uzaktan algılama (UA) yöntemleri tercih edilmektedir. UA, aynı zamanda kıyı değişiminde kullanılan en verimli yöntemlerden biridir (Vinodkumar vd. 1998, Zhu 2001, Kostiuk 2002).

2. Çalışma Alanı

Araştırma alanı, Altınova (Balıkesir) sahil şeridinde yer alan *Karakoç Deltası - İskele Kıyı Oku - Madra Çayı Deltası*'ni kapsamakta ve Ege Bölgesi'nin Asıl Ege Bölümü'ndeki Bakırçay Yöresi'nde yer almaktadır (Şekil 1). Bu bölgedeki deltalardan Madra Çayı Deltası'nın oluşum ve gelişimini sağlayan ana sediment kaynağı, aynı zamanda deltaya adını veren Madra Çayı'dır. Karakoç Deltası'nın sediment kaynağı ise Madra Dağı'nın kuzeybatı yamaçlarından doğan Karakoç Deresi'dir.

Bu bölgenin jeomorfolojik gelişiminde etkin olan akarsuların beslenme alanını Madra dağlık kütlesi oluşturmaktadır. Madra Dağı, Anadolu'nun kuzeybatısındaki önemli plüton alanlarından biridir (Akyürek ve Soysal 1978). Bu kütle temelde granit - granodioritlerden oluşmakta ve bunun üstünde metamorfik seriler, kristalize kireçtaşları, andezitler, tüfler ve Neojen gölsel sedimanlar yer almaktadır. Plütonun çekirdeğini oluşturan granit-granodioritler, Madra Çayı'nın yukarı havzasında yüzeye çıkmıştır. Bilindiği gibi bu tür kayalar mekanik parçalanmaya ve kimyasal ayrışmaya yatkındır. Bu da bölgeyi besleyen akarsulara bol malzeme vermektedir. Bunun bir sonucu olmalıdır ki araştırma alanındaki plajlar, genelde; ince kum boyutunda, açık renkli, kuvars, feldspat, mika ve kalkopirit kumlarından oluşmaktadır. Tektonik bakımdan araştırma alanı NW-SE uzanımlı faylarla sınırlandırılan Dikili Depresyonu'nda yer almaktadır (Yılmaz vd. 2000).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve yakın çevresinin topografyası.

Araştırma alanında nüfusun 1935'te 2780 kişi iken, 1960'da 5376 kişi olduğu, 1990'da ise 8469 kişiye yükseldiği görülmektedir. Sahadaki genç nüfusun dışarıya göç etmesine rağmen gerçekleşen artışın nedeni, yazlıklara bağlı olarak emekli nüfusun bölgeyi yaz kış kullanmasıdır. Bu nedendir ki 0-250 m yükselti basamağında yaklaşık olarak 1 km^2 ye 150 kişi düşmektedir. 1977-2000 arasında yerleşimlerin alansal olarak büyük değişim yaşandığı da görülmektedir. Bu dönemde alansal olarak Altınova'da %90; kıyı yerleşmelerinde ise %1900 artış tespit edilmiştir (Cürebal 2003).

Araştırma alanı, iklim özellikleri bakımından Akdeniz iklimine ait karakteristikleri taşımaktadır. Erinç yağış etkinliği indisine göre yarı nemli (38.18) iklim şartları hüküm sürmektedir. Hakim rüzgâr yönü ise NE'dur. Altınova meteoroloji istasyonu verilerine göre ortalama uzun yıllık yağış 574.6 mm (1976-1995)'dir; sağanaklar Ekim-Mart ayları arasında gözlenmektedir. Yaz aylarında belirgin su noksanı yaşanmaktadır. Bu nedenle tarım faaliyetleri sulama ile sürdürülmekte ve hızlı bir şekilde taban suyu kullanılmaktadır.

Madra Çayı'nın ortalama akımı $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$ dir. Yağmurlu Akdeniz rejim tipine sahip olan bu akarsuda en yüksek su seviyesi Şubat ayında gözlenmektedir. Akarsuyun yaz

aylarında akarsuyun tamamen kuruduğu da tespit edilmiştir.

Araştırma alanı, Akdeniz fitocoğrafya bölgesine dahil edilmekte ve yaygın bitki örtüsü olarak da kızılçamlar gösterilmektedir (Davis 1965, Avcı 1993, Atalay 1994, Sönmez, 1996). Bitki formasyonunu genellikle kurakçıl maki türleri, kızılçam, fıstıkçamı, karaçam, meşe toplulukları meydana getirmektedir. Yapılan arazi çalışmalarında Madra Dağı'nın batı-güneybatı yamaçlarında doğal bitki örtüsü büyük ölçüde tahrip edildiği belirlenmiştir. Bu tahribat, Karakoç Deresi havzasında çok daha belirgindir.

Araştırma alanı kapsamındaki Madra Çayı Deltası ile ilgili birçok araştırma olmasına rağmen Karakoç Deltası ve İskele kıyı oku ve bunların birlikte karşılaştırmalı olarak incelendiği bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu çalışmalara DEÜ Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü tarafından hazırlanan "Madra Çayı Mevkii Kıyı Erozyon Etüdü" (1997), Yaşar (1998) tarafından hazırlanan "Dünya Deniz Seviyesi Değişimleri ve Türkiye'deki Örnekleri" ve Eronat (1999) tarafından hazırlanan "Altınova Madra Çayı Bölgesinin Kıyı Erozyon Çalışması" örnek verilebilir. Bu çalışmaların genelinde Madra Çayı ağzındaki değişiklikler incelemiştir. Ayrıca bölgede arkeolojik kalıntıların olması nedeniyle birçok uluslararası proje de yapılmıştır. Bu projeler, bölgenin doğal şartlarında Kuaterner dönemindeki gelişimini göstermesi bakımından önemlidir (Lambrianides ve Spencer 2001).

3. Amaç

Bu çalışmanın amacı: Altınova (Karakoç Deltası- İskele Kıyı Oku- Madra Çayı Deltası) sahilinde kıyı çizgisinin değişim paternini ortaya koymak (1), kıyı değişimleri sonucu ortaya çıkan risk alanlarını değerlendirmek (2) ve haritalar üzerinde değişim ve dolayısı ile risk alanlarını göstermek (3) tir.

4. Materyal ve Yöntem

Bölgede kıyı değişimini tespit edebilmek için 1958 yılı hava fotoğraflarından düzenlenen 1963, 1977 yılı hava fotoğraflarından düzenlenen 1978 ve 1998 yılı hava fotoğraflarından düzenlenen 2000 tarihli topografya haritalarının J17c1 ve J17d2 paftaları ile çok bandlı (multispectral) sensörlerden Landsat MSS 1975, Landsat TM 1987 ve Landsat ETM+ 2000 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Landsat TM (Thematic Mapper) ve Landsat ETM+ (Thematic Mapper Plus) 30 metre mekansal çözünürlük ve 16 gün zamansal çözünürlüğe sahiptir. Buna karşın Landsat MSS (Multispectral Scanner) 79 metre mekansal ve 16-18 gün zamansal çözünürlüğe sahiptir. Günümüze en yakın kıyı çizgisini tespit edebilmek amacıyla da Eylül 2002 tarihli siyah beyaz stereo dijital hava

fotoğrafi kullanılmıştır.

Öncelikle topografya haritaları, yüksek çözünürlükte taranmış ve Erdas Imagine 8.7 kullanılarak geometrik doğrulaması yapılmıştır. Geometrik doğrulaması yapılan temel verilerden ArcGIS 9.0 programında vektör ve raster formatta veri üretilmiştir. Veriler üretimi, kara ve su yüzeylerini ayıracak şekilde iki temel sınıf oluşturularak yapılmıştır.

1:25.000 ölçekli topografya haritaları sadece kıyı çizgisini belirlemede değil uydu görüntülerinin geometrik doğrulamasında da kullanılmıştır. Geometrik düzeltme yapılırken her bir görüntü için 30 yer kontrol noktası (Ground Control Points-GCPs) kullanılmıştır.

Yakın kızılötesi band olan 4, su yüzeylerinin kıyı çizgisini çizmede belirleyicidir (Zhu 2001). Bu band, su sınırını çizmede kullanılmıştır. Çünkü bu band, elektromanyetik tayfin infrared (kızılötesi) bölümünde, su ve kara arasında kontrastı ortaya koymaktadır. Kara-su sınırının belirlenebilmesinde görüntü inceleme tekniklerinden “Tasseled Cap” da kullanılmıştır.

Uydu görüntüleri, denetlenmemiş (unsupervised) sınıflandırma yöntemi kullanılarak sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflandırmalarda hem kıyı çizgisinin tespiti, hem de deniz içi topografyası ve şelf özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu nedenle kara yüzeylerinde arazi kullanımı ve arazi örtüsü değerlendirilmesi yapılmamıştır. İlk olarak yapılan 40 sınıf tayf özellikleri dikkate alınmış, daha sonra 3 sınıfa indirgenmiştir. Bu sınıflar; derin su (1), sığ su (2) ve kara (3)dır.

Eylül 2002 tarihli siyah beyaz stereo dijital hava fotoğrafından da geometrik doğrulaması yapıldıktan sonra 2002 yılına ait kıyı çizgisi çizilmiştir.

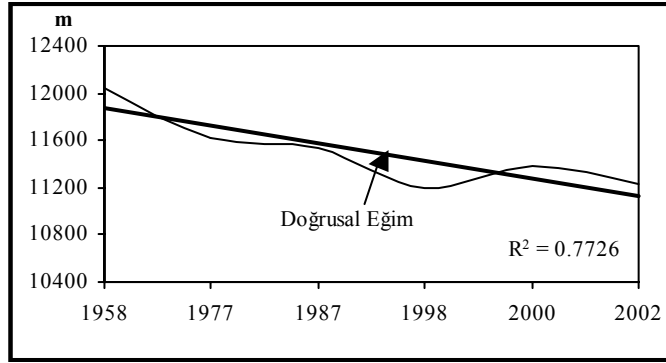
Farklı yıllara ait kara deniz sınırı belirlendikten sonra “interactive change detection” (Armenakis vd. 2002) yöntemi kullanılarak, değişik zamanlara ait veriler karşılaştırılmış ve değişim alanları belirlenmiştir. Bu yöntem ile mevsimler arasında değil yıllar arasında kıyı çizgisinde meydana gelen değişim belirlenmeye çalışılmıştır. Kıyı çizgisinde meydana gelen yıllık değişimi hesaplanabilmek için basit doğrusal regresyon analizi (*linear regression model*) kullanılmıştır.

Arazi çalışmaları ile kıyıda meydana gelen değişim ve sahil şeridinin aktüel kullanımı hakkında bilgiler toplanmıştır. Yapılan arazi çalışmaları geçmişte meydana gelen olumsuz değişimlere rağmen günümüzde de yapılanmanın devam ettiğini ve bu konuda önlemlerin alınmadığını göstermektedir.

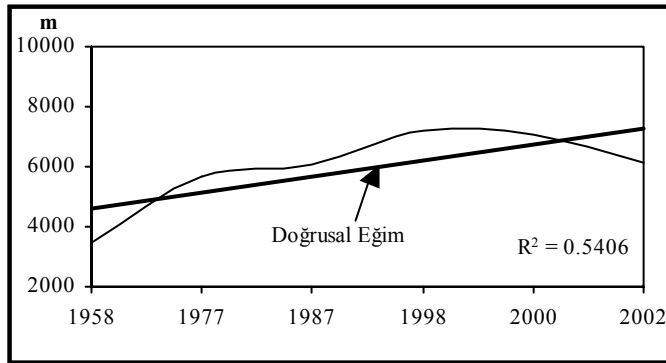
ArcGIS 9.0 yazılımı sonuçların değerlendirilmesinde ve canlandırmalarda kullanılmıştır.

5. Analiz Sonuçları

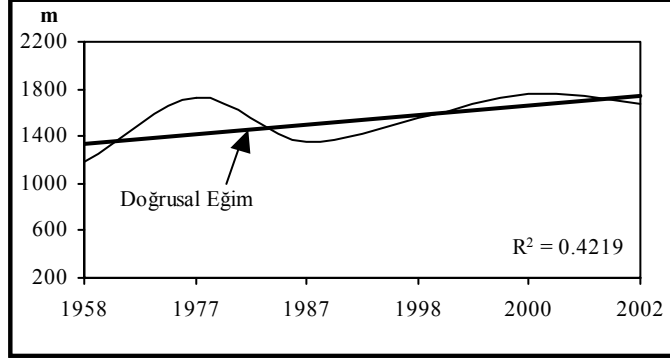
1958-1977, 1977-1987, 1987-1998, 1998-2000, 2000-2002 ve 1958-2002 dönemlerinde Madra Çayı Deltası, Karakoç Deltası ve İskele kıyı okundaki değişimleri gösterebilmek için basit doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre 44 yıllık dönemde Madra Çayı Deltası'nda yıllar arasında değişik salınımlar görülmekle birlikte değişimin yönü negatiftir (Şekil 2). Ancak İskele kıyı okunun ve Karakoç Deltası'nın kıyı uzunluğunun sözü geçen dönemde hep artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3 ve 4). Karakoç Deltası'nın kıyı uzunluğunun 1977 yılında bir sonraki döneme göre daha uzun olması, daha sonraki dönemde delta'nın gelişim göstermemesinden değil delta kıyısında hızlı gelişime bağlı düzensiz şekillenmenin olmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim hem İskele kıyı okunun hem de Karakoç Deltası'nın düzensiz görünümü, kıyı okunun ve bu delta'nın gelişim aşamasında olduğunu, bu nedenle de durağan karakter kazanmadığını göstermektedir.



Şekil 2. Madra Çayı Deltası'nda kıyı uzunluğunun yıllar arasında değişimi.



Şekil 3. İskele kıyı okunda kıyı uzunluğunun yıllar arasında değişimi



Şekil 4. Karakoç Deltası'nda kıyı uzunluğunun yıllar arasında değişimi

Farklı dönemlerde kara iken deniz istilasına uğrayan ya da deniz iken alüvyal malzeme birikimine neden olan alanlar “change detection” yöntemi ile ortaya konmaya çalışılmış ve sonuçlar şekil 5 üzerinde gösterilmiştir. Buna göre araştırma alanının 1958 ve 1977 yılı kıyı çizgileri karşılaştırıldığında, Madra Çayı ağzında ve İskele kıyı okunda belirgin değişikliklerin olduğu görülmektedir (Şekil 2, 3). 1958 yılı kıyı çizgisine göre Madra Çayı'nın ağzını kapatan bir kum bariyeri izlenmektedir. Ancak 1977 yılında bu bariyerin ortadan kalktığı görülmektedir. Bu iki kıyı çizgisi arasında ikinci belirgin fark ise, İskele kıyı oku üzerinde görülmektedir. 1958 yılı kıyı çizgisinde güneydoğu-kuzeybatı yönünde ~1350 m kadar uzanan kıyı okunun, 1977 yılı kıyı çizgisinde aynı yönde ~2350 m uzunluğa sahip olduğu belirlenmiştir. Bu 20 yıllık süre dikkate alındığında kıyı okunun yıllık ilerleme hızı ~71 m olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda 1958 yılında genişliği 230 m iken 20 yıllık bir zaman diliminde daralarak uzadığı (1977) izlenmektedir. 1977 yılında kıyı okunun doğu kıyılarında, NW-SE yönlü mikro kıyı oklarının gelişmeye başladığı da belirlenmiştir. Ayrıca 1958 yılında kıyı okunun kuzeyinde küçük bir adanın varlığı dikkati çekmektedir. 1977 de ise adanın ortadan kalktığı görülmektedir. Bu adanın daha önceki bir kıyı okunun kalıntısı olup olmadığı, daha önceki dönemlere ait veri bulunamadığı için değerlendirilememiştir. Bu dönemde Karakoç Deresi'nin ağız kesimindeki değişiklikler ise denizin aleyhine olmuştur. 1958 yılında derenin deniz ile birleştiği noktada akarsu biriktirmesine ait izler belirgin değilken, 1977 yılında bu kesimde çok belirgin bir birikim söz konusudur. Bu iki dönem arasında ~325 m bir denize doğru ilerlemenin olduğu tespit edilmiştir. 1958 -1977 yılları arasında gerçekleşen bu değişimlerde 32 hektar alan kara iken deniz olmuş; 34 hektar ise deniz iken kara olmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. 1958-1977, 1977-1987, 1987-1998, 1998-2000, 2000-2002 ve 1958-2002 dönemlerinde kara iken deniz olan alanlar (ha) ve deniz iken kara olan alanlar (ha).

Değişim	1958-1977	1977-1987	1987-1998	1998-2000	2000-2002	1958-2002
Kara iken deniz olan alanlar (ha)	32	36	24	33	20	80
Deniz iken kara olan alanlar (ha)	34	25	21	14	7	35

1977 kıyı çizgisi ile 1987 kıyı çizgisi incelendiğinde, daha önceki dönemin aksine negatif yönlü bir değişimin olduğu saptanmıştır (Şekil 5). Bu dönemde Madra Çayı'nın ağız kesiminde ~135 m ye ulaşan bir gerileme izlenmektedir. Bahsedilen gerileme, özellikle akarsu ağzının kuzey ve güneyindeki sahil şeridinde de belirgin olarak görülmektedir. Madra Çayı Deltası'nda negatif yönlü bir gelişim söz konusu iken, 1977 yılında ~2350 m uzunluğa sahip olan kıyı okunun 1987 yılında ~2450 m ye ulaştığı belirlenmiştir. Yani aradan geçen 10 yılda kıyı oku ~100 m daha uzamıştır. Aynı dönemde kıyı okunun ucunda ciddi anlamda bir daralma meydana gelmiştir. Kuzey yönlü rüzgârlar nedeniyle kıyı okunun uzunluğunun artmadığı ve daha önceki dönemde olduğu gibi mikro kıyı oklarının geliştiği görülmektedir. Bahsedilen dönemde Karakoç Deltası'nda ise önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir. Ancak 1977 yılında delta kıyılarında izlenen girinti ve çıkıntıların 1987 yılında düzenlendiği izlenmektedir (Şekil 5). Bu dönemde 36 hektar alan kara iken deniz, 25 hektar alan ise deniz iken kara olmuştur (Tablo 1). İskele oku ve kuzeyinde denizden kara kazanılırken, bu sahanın güneyindeki kıyılarda kara alanları deniz durumuna geçmiştir.

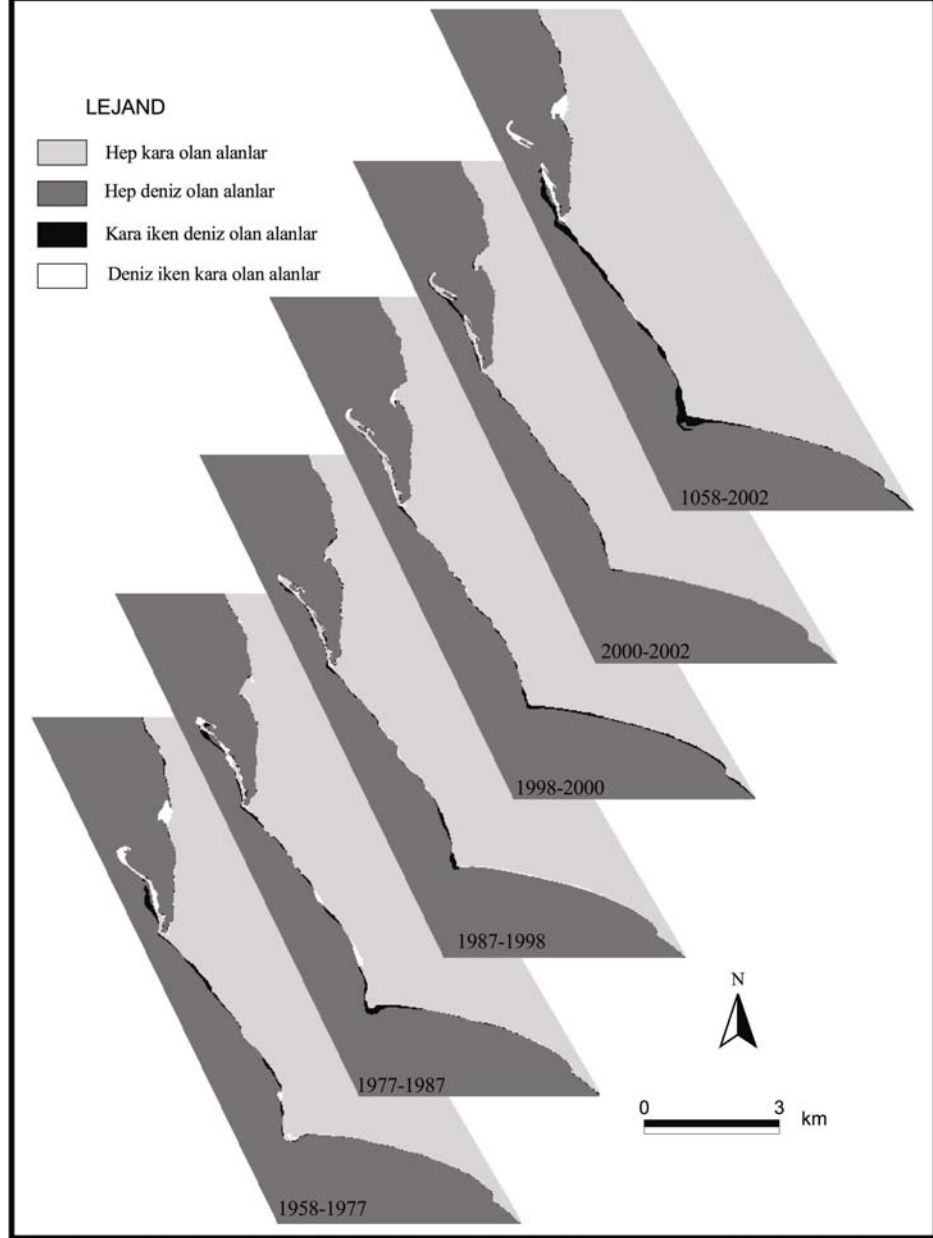
İnceleme alanında 1987 kıyı çizgisi ile 1998 yılı kıyı çizgisi incelendiğinde, Madra Çayı Deltası'nın normal şartlarda aradan geçen yaklaşık 11 yıllık dönemde denize doğru ilerlemesi beklenirken tam tersine bir gelişim meydana gelmiştir (Şekil 5). 1987 yılında akarsuyun ağız kesiminde belirgin bir çıkıntı izlenirken, 1998 yılında bu çıkıntının ortadan kaybolduğu görülmektedir. Bu kesimde deltanın ~65 m gerilediği belirlenmiştir. Bu gerileme özellikle akarsu ağzının yakınındaki sahil şeridinde belirgin şekilde izlenmektedir. Bu dönemde de İskele kıyı oku ~100 m daha uzayarak ~ 2550 m ye ulaşmıştır. Aynı dönemde Karakoç Deltası'nda az olmakla birlikte denize doğru bir ilerleme meydana gelmiştir. Fakat deltanın batıya doğru değil, delta üzerinde gelişmeye başlayan kıyı oku nedeniyle güneye doğru yöneldiği izlenmektedir. Bu gelişimde de muhtemelen kuzey sektörlü rüzgârlar etkin rol oynamaktadır. 1987-1998 döneminde 24 hektar alan kara iken deniz, 21 hektar alan ise deniz iken kara olmuştur (Tablo 1).

1998 ile 2000 yılları arasında Madra Çayı ağzındaki gerilemenin daha da arttığı görülmektedir (Şekil 5). Bu dönemde deltanın uç kesiminde ~125 m gerileme meydana gelmiştir. Ayrıca kıyı şeridindeki kumsallarda da daralma yaşandığı izlenmektedir. Aynı

dönemde İskele kıyı okundaki kuzeybatı yönlü gelişmenin ise devam ettiği belirlenmiştir. Aradan geçen iki yılda kıyı oku ~120 m daha uzamıştır. Karakoç Deltası'nda ise söz konusu dönemde ~100 m lik ilerleme meydana gelmiştir. Yine bu dönemde delta kıyılarındaki N-S yönlü kıyı oku gelişimin sürdüğü anlaşılmaktadır. 1998-2000 döneminde 33 hektar alan kara iken deniz, 14 hektar alan ise deniz iken kara olmuştur (Tablo 1). Bu da göstermektedir ki bu dönemde denizin karaya doğru ilerlemesi daha baskın hale gelmiştir.

2000 ile 2002 yıllarına ait verilere göre, araştırma alanında kıyı çizgisinin değişiminin sürdüğü görülmektedir (Şekil 5). Bu süre içinde Madra Çayı ağzında ~40 m lik bir gerileme daha yaşanmıştır. İskele kıyı okunda ise aynı dönemde ~40 m lik bir uzama gerçekleşmiştir. Bu dönemde kıyı çizgisinde yaşanan en büyük değişim, kıyı okunun parçalanarak ikiye ayrılmasıdır. Daha önceki dönemlerde bahsedilen kıyı okundaki daralma, kıyı okundan 900x150 m boyutlarında bir parçanın ada haline dönüşmesine neden olmuştur. Bu ada ile kıyı oku arasında ~400 m lik kumul alanı deniz haline dönüşmüştür. Bu değişimin 1958 yılında da gözlenmesi, kıyı okunun bazen parçalandığının, bazen ise birleşerek uzadığının bir kanıtıdır. Bu dönemde Karakoç Deltası'nın dış kuvvetler tarafından şekillendirilmesinin devam ettiğini, bu süreçte delta kıyılarındaki N-S yönlü kıyı oku gelişimin sürdüğü görülmektedir. 2000-2002 yılları arasında 20 ha alan kara iken deniz, 7 ha alan ise deniz iken kara alanı haline gelmiştir.

Çalışmanın ilk veri kaynağı olan 1958 yılı kıyı çizgisi ile 2002 yılı kıyı çizgisi arasındaki değişim dikkate alındığında, kıyıdaki değişimin hızı ve boyutu daha da çarpıcı sonuçlar vermektedir (Şekil 5). Öyle ki bu değişimin birinci noktası olan Madra Çayı Deltası'nda 44 yıllık dönemde ~365 m (yıllık ortalama: ~9 m) gerilemenin yaşandığı anlaşılmaktadır. Değişimin ikinci noktası olan İskele kıyı oku ise 1958 yılında ~1350 m uzunluğa sahipken 2000 yılı verilerine göre ~2670 m (yıllık ortalama ilerleme: ~36 m) uzunluğa sahiptir. 1958 yılında parçalı halde görülen kıyı oku, 2000 yılına kadar uzamasını sürdürmüş, ancak 2002 yılında tekrar parçalı hale gelmiştir. 2004 yılında yapılan arazi çalışması esnasında ise kıyı okunun ucundaki adanın tamamen kaybolduğu belirlenmiştir. Kıyı değişiminin belirgin olarak izlendiği son nokta olan Karakoç Deltası'nda söz konusu dönemde ~450 m ilerleme (yıllık ortalama ilerleme: ~12 m) belirlenmiştir. Araştırmanın maksimum dönem aralığını oluşturan bu 44 yıllık dönemde, 80 hektar alan kara iken deniz, 35 hektar alan deniz iken kara olmuştur (Tablo 1).



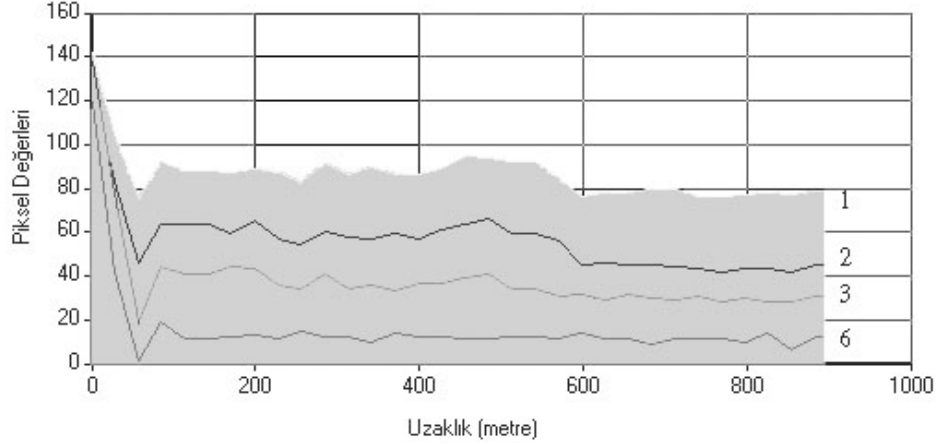
Şekil 5. Farklı dönemlerde kıyı çizgisinde meydana gelen değişimler

Yaşar (1998) tarafından yapılan çalışmada, delta kıyılarında gerçekleşen değişimler genel anlamda küresel deniz seviyesi değişimlerine bağlanmaktadır. Aynı zamanda kıyıda meydana gelen değişikliklerde insan faaliyetlerinin etkisinin de büyük olduğu vurgulanmaktadır. Ancak bu ölçekteki bir değişim sürecinden Madra Çayı Deltası ile

birlikte Karakoç Deltası'nın da aynı derecede etkilenmesi beklenmelidir. Bir yandaki delta küçülürken diğer taraftakinin büyümesine devam etmesi, böyle bir etkinin gerçekçi olamayacağını göstermektedir. Aynı zamanda bu kıyılarda çalışmaları bulunan Kayan (1999) günümüzden 6000 yıl önce deniz seviyesinin bugünkü durumuna yükseldiğini ancak 5000-3500 yılları arasında yaklaşık 2 metre bir alçalma meydana geldiğini belirtmektedir. Deniz seviyesinin alçalması delta gelişimini hızlandırmış olmalıdır. Su seviyesi tekrar yükseldiğinde ise deniz suyunun içerilere kadar sokulamaması, bu dönemdeki birikmenin fazla olmasına dayandırılmaktadır (Kayan, 1999). Bu durumda kıyıda birikmenin ve delta oluşum süreçlerinin etkili olması beklenmelidir. Daha önce de belirtildiği gibi aynı kıyılarda birbirinden kuş uçuşu ~7500 m uzaklıktaki iki deltanın farklı gelişim göstermesi, kıyı değişiminin nedeninin deniz seviyesinde meydana gelen uzun dönemli bir değişimin sonucu olmadığını göstermektedir.

Araştırma alanında kıyı çizgisinde meydana gelen değişme kısa dönemlidir. Kısa dönemli değişmelerde hem bölgede hakim olan doğal süreçlerin değişmesi, hem de insan faaliyetleri tarafından değiştirilmesi etkin faktörlerdir. İnsanoğlunun XX. yüzyılın başlarından itibaren fiziki ortama yoğun müdahalesi nedeniyle doğal olay ve süreçlerde meydana gelen değişiklikler, kıyı çizgisinde de değişimlere yol açmış olmalıdır. Doğaya yapılan bu müdahaleler, birbirlerinin oluşumunu destekleyen olay halkalarının gelişimine neden olmuştur. Kıyı çizgisinde izlenen değişikliklerde insanoğlu iki şekilde etkili olmuştur. Öncelikle Madra Çayı havzasında son yüzyılda yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte artış gösteren bitki örtüsü tahribatı, deltaya önemli miktarda malzeme taşınmasına neden olmuştur. İskele kıyı okunun gelişmeye başlaması da bu olayla eş zamanlı olmalıdır. Günümüze yaklaşıldığında ise Madra Çayı Deltası'nı besleyen sediment miktarında azalmaya neden olan müdahaleler gerçekleşmiştir. Sulama ve taşkın önleme amaçlı Madra Barajı'nın yapımına 1991 yılında başlanmış ve 1997 yılında bitirilmiştir. Bu dönemle birlikte Madra Çayı için baraj göleti bir yerel kaide seviyesi oluşturmuş ve daha önce deltaya ulaşan sedimentlerin çoğunluğu baraj göletinde depolanmaya başlamıştır. Barajın etkisiyle Madra Çayı'nın akımı düzenlenmiş ve bunun sonucunda taşkınlarla gelen önemli ölçüde malzeme deltaya ulaşamaz hale gelmiştir. Ayrıca DSİ tarafından akarsu havzasında da erozyon kontrolüne yönelik çalışmalar da yapılmıştır (DSİ 1998). Madra Çayı Deltası'na gelen malzemenin azalmasının yanında, delta üzerinde de özellikle batı kesimindeki kıyılarda son 20-30 yılda yaygın bir şekilde yazlık konutların yapılması ve konutların yapımında, delta kıyılarındaki ve akarsu yatağındaki kum, çakıl gibi malzemelerin kullanılması da delta üzerindeki doğal dengeyi bozmuş olmalıdır. Yapılan spektral tayf analizleri de kıyının açıklarında birden fazla çukurluğun

olduğunu göstermektedir (Şekil 6). Bu düzensiz çukurlukların nedeni inşaatlarda kullanmak amacıyla malzeme çekiminden kaynaklanmış olmalıdır.

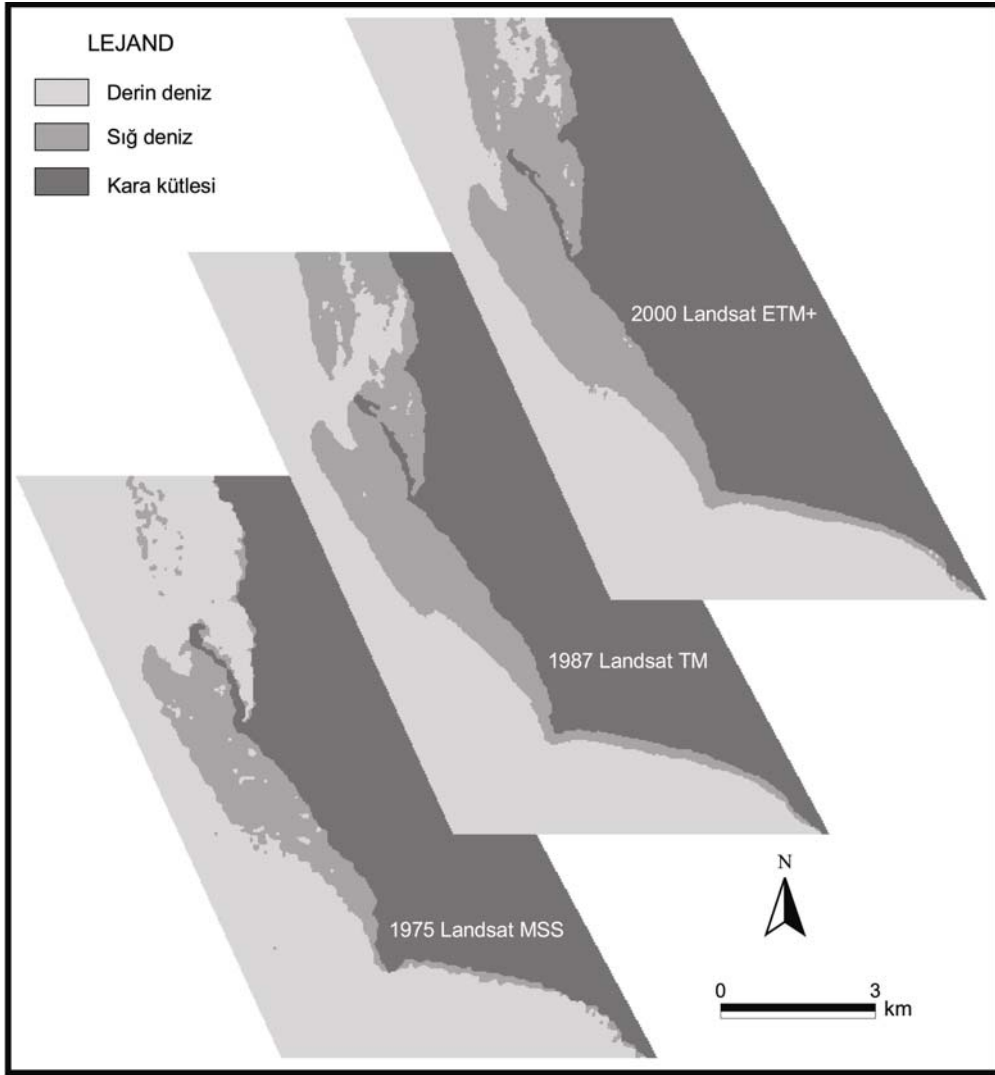


Şekil 6. Band 1, 2, 3 ve 6 kullanılarak kıyından yaklaşık 850 m açığa kadar olan alanın tayf özellikleri (Landsat ETM+ 2000).

Ayrıca bazı araştırmacılar, delta kıyılarından 100 m açıkta, derin bir çukurluğun varlığının da kıyıdaکی erozyonu artırıcı etkilerde bulunduğunu ileri sürmektedirler (İrtem ve Kapdaşlı, 2001). Bu çukurluk, aslında deniz içindeki bir platformun sonucudur. Şekil 7 incelendiğinde, bu platformun 1977-2000 döneminde yapılan uydu görüntüsü analizlerinde gözlemlendiğini ve hatta hemen hemen şeklinde bir değişimin olmadığı görülmektedir. Ancak doğal şartlarda deltadaki birikimin ve materyal taşınmasının bu platformun sonuna kadar devam etmesi beklenmektedir. Erol (1975)'a göre deniz altındaki bu topografya, iki farklı kıyı oku olarak nitelendirilmektedir. Bu kesimde derinliğin 4-5 m kadar olduğu ve ani bir şekilde 10 m ye düştüğü aynı araştırmacı tarafından tespit edilmiştir.

Araştırma alanında hakim rüzgâr yönünün NE olduğu bilinmektedir. Ancak şiddetli rüzgârların WSW ve WNW dan estiği de görülmektedir. Bu nedenle olmalıdır ki rüzgârlar Madra Çayı Deltası'ndan aldıkları materyali, İskele kıyı oku ve çevresinde biriktirmektedir. Bu nedenle kıyı oku araştırma süresi boyunca büyümüş, fakat aynı gelişim Madra Çayı Deltası'nda gözlenememiştir. Benzer şekilde Karakoç Deltası da büyümesine devam etmiştir. Çünkü bu akarsuyun yatağı üzerinde henüz bir baraj yapılmamıştır. Aynı zamanda akarsu yatağından malzeme çekimi de Madra Çayı'na oranla daha azdır. Karakoç Deresi havzasında doğal bitki örtüsü tahribatı, havzada erozyonun artmasına neden olmuş olmalıdır. Karakoç Deltası'nın denize doğru ilerlemesinde İskele kıyı okunun da etkisi büyüktür. Çünkü bu kıyı oku sayesinde

akarsuyun döküldüğü alan, güney sektörlü akıntı ve dalgalardan korunmaktadır. Uydu görüntüsü analizleri, Karakoç Deltası'nın meydana geldiği alanda 1977-2000 yılları arasında genel olarak deniz tabanında bir sığlaşmanın olduğunu göstermektedir (Şekil 7). Bu olay da deltanın alanını hızla genişletmesine yardımcı olmuştur.



Şekil 7. Landsat MSS 1975, Landsat TM 1987 ve Landsat ETM+ 2000 uydu görüntülerinden deniz altı topografyası.

6. Sonuç ve Tartışma

Altınova sahil şeridi, yerli turistler tarafından yazlık konut için tercih edilen bir

alandır. Oysa bu kesim imara açılmadan önce bataklıklarla kaplı ve geniş kumsallarıyla dikkat çekmekteydi. Doğal süreçlerin etkisi ile gelişim gösteren bu alanda özellikle konutlardaki artış ve beraberinde Madra barajının yapımıyla aşındırma ve biriktirme şeklindeki doğal denge bozulmuştur. Bu doğal dengenin bozulması, geniş kumsalların yakınına yapılan konutların daha sonra dış kuvvetlerin aşındırma etkisi altında kalmasına neden olmuştur. Bu durum ev sahiplerini bazı tedbirler almaya zorlamıştır. Bu kapsamda, kıyı erozyonunu engellemek amacıyla genellikle büyük kaya blokları kullanılarak, bazen de beton dökülerek kıyıya dik setler oluşturulmuştur.

Araştırma alanında yaşanan kıyı çizgisi değişikliklerinin gelecek zaman diliminde de sürmesi olasılığı yüksektir. Çünkü bu kıyılarda kıyı çizgisi değişimini önlemeye yönelik bir çalışmaya rastlanamamıştır. Kıyı kesiminde yapılan setlerin yazlık konut sahiplerinin kendileri tarafından yaptırıldığı arazi çalışmaları esnasında sözlü görüşmelerde dile getirilmiştir. Ancak bu kıyılarda doğal ekosistemi bozan yapılaşma halen devam etmektedir. Oysa deltalar bataklıklarla birlikte doğal ortamın korunmasına yönelik çalışmaların yapılacağı alanların başında gelmektedir. Bunun için bu kıyılarda yapılaşma önlenerek ve kalan doğal ortamlar korunarak sürdürülebilirliği sağlanmalıdır. İnsanoğlunun temel ihtiyaçları dikkate alınarak bataklıklar, kumsallar ve tarım alanları gelecek nesillerin temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacıyla korunmalıdır.

Analizler, çalışma dönemi kapsamında Madra Çayı Deltası'nda erozyonun, fakat Karakoç Deltası'nda birikmenin etkili olduğunu göstermektedir. İskele kıyı okunda ise bazen birikim bazen aşınım etkili olmaktadır. Değişimin nedenleri olarak, Madra Çayı havzası üzerinde insanoğlunun çevreye olan etkilerinin artması ve bunun bir sonucu olarak aşınma ve birikimdeki doğal dengenin bozulması etkili olmuştur. Normalde aşınmadan artakalan materyal, Madra Çayı Deltası'nda birikirken, son yıllarda azalan materyal de akıntılar ve rüzgârlarla taşınmaktadır. Hatta rüzgârlar ve akıntılarının aşındırma etkilerinin devam etmesi, delta çevresinde gerilemeye neden olmaktadır. Özellikle delta ağzından aşındırılarak taşınan materyalin İskele kıyı oku çevresinde birikmesi nedeniyle kıyı oku bu dönemde büyümesini sürdürmüştür. Ancak 2000 yılına kadar kuzeybatı yönünde sürekli uzayan kıyı oku, 2002 yılında parçalanmıştır. Daha sonra ise kıyı okundan ayrılarak ada haline geçen kara parçası tamamen kaybolmuştur. Bu dönemde kıyı okunun giderek daralması ve küçülmesi, Madra Çayı Deltası sahilinde kıyıya dik setlerin kıyı gerilemesini nispeten yavaşlatmasının, son yıllarda kıyı okunu besleyen materyalin azalmasının ve kuzeyli rüzgârların hakimiyetini arttırmasının sonucu olmalıdır.

Sonuç olarak kısa mesafelerde gözlenen bu farklı değişim, deniz seviyesinde

meydana gelen bir değişimin değil doğal dengenin bozulmasının bir sonucudur. Şartlar devam ederse Madra Çayı Deltası ile yakın çevresi dalga, akıntı ve rüzgârların neden olduğu erozyon riski altında kalmaya devam edecektir. Fakat Karakoç Deltası ve yakın çevresi ise rüzgârlardan, dalgalardan ve akıntılardan daha az etkilenen korunaklı bir alanda bulunması ve aynı zamanda havzasında su kontrolüne yönelik çalışmalar olmadığı için daha çok birikmenin etkili olduğu bir alandır. Bu şartlar devam ederse Altınova sahilinin bu kesiminde birikme devam edecektir. Analizler güneyli ve kuzeyli rüzgârlar arasında yaşanan hakimiyet savaşı nedeniyle zaman zaman uzayan ve kısalan kıyı okunda bu tür parçalanmaların devam edeceğini göstermektedir. Bu araştırmada kıyı okundaki değişimin kara ile İskele kıyı oku arasındaki İskele koyu kapanıncaya veya doluncaya kadar devam edeceği hipotez edilmektedir. Çünkü uydu görüntülerinden yapılan tayf analizleri bu kesimde sığlaşmanın gün geçtikçe arttığını göstermektedir. Diğer yandan kıyı oku da kara yönünde yer değiştirmektedir. Bu kesimdeki sığlaşmanın da birikmenin devam etmesinde etkili olacağı düşünülmektedir.

7. Gelecek Çalışmalar

Bölgede deniz içindeki platform hakkında ayrıntılı deniz altı topografyasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Akıntı ve dalgaların yönü ve hızı konusunda mevsimlik ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca farklı mevsimleri temsil eden uydu görüntüleri bulunmadığı için mevsimlik kıyı değişimi çalışılmamıştır. Araştırmacıların bundan sonraki amacı mevsimler arasındaki kıyı değişimini ortaya koymaktır.

8. Teşekkürler

Bu çalışmanın şekillenmesinde önemli katkısı bulunan Erdas Imagine 8.7 ve ArcGIS 9.0 yazılımlarının kullanım hakkını sağlayan İşlem Şirketler Grubuna yardımcılarından ötürü teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akyürek, B. ve Soysal, Y. (1978) *Kırkağaç-Soma (Manisa) - Savaştepe, Korucu, Ayvalık (Balıkesir) – Bergama (izmir) Civarının Jeolojisi*, MTA Rap. No. 6432 (yayımlanmamış), Ankara.

Armenakis, C., Cyr, I. ve Papanikolaou, E. (2002) "Change Detection Methods for the Revision of Topographic Databases". *Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications*, Ottawa.

Atalay, İ. (1994) *Türkiye Vegetasyon Coğrafyası*, EÜ Basım Evi, ISBN 975 85527 8 7, İzmir.

Avcı, M. (1993) “Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Anadolu Diyagonaline Coğrafi Bir Yaklaşım” Türk Coğrafya Dergisi, Sayı: 28, s. 225-248, İstanbul.

Cürebal, İ (2003) *Madra Çayı Havzasının Uygulamalı Jeomorfoloji Etüdü*, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul.

Davis, P.H., (1965) *Flora of Turkey*, Vol:1, Edinburg.

D.S.İ. (1998) *Balıkesir-Ayvalık-Madra Barajı Yukarı Havza Islahı Planlama Raporu*, DSİ. XXV. Bölge Müdürlüğü, Erozyon ve Rusubat Kontrol Şube Müdürlüğü, Balıkesir

Efe, F. (1995) *Kıyı Mevzuatının Gelişimi ve Planlama*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü, Yayın No:77, Ankara.

Erol, O. (1975) “Ayvalık Güneyi-Altınova Çevresinde Madra Çayı Deltasının Holosen Birikintileri ve Deltanın Gelişim Safhaları”, *Coğr. Araş. Derg.*, No:7, s.1-44, Ankara.

Eronat, A.H. (1999) “Altınova Madra Creek Region Coastal Erosion Study”, *MEDCOAST 99-EMECs 99 Joint Conference, Land-Ocean Interactions: Managing Coastal Ecosystems*, 9-13 November 1999, Antalya, Turkey.

Demirayak F. (2002) *Biyolojik Çeşitlilik-Doğa Koruma ve Sürdürülebilir Kalkınma*, TÜBİTAK VIZYON 2023 Projesi Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli, Ankara.

Gibeaut, J.C., Hepner, T., Waldinger, R., Andrews, J., Gutierrez, R., Tremblay, T. A., Smyth, R., ve 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. NA97OZ0179, GLO Contract Number 00-002R, The University of Texas at Austin Austin, Texas.

İrtem, E. ve Kabdaşlı, S. (2001) “Kıyı Alanları Yönetimi ile Akarsu Havzalarının Yönetimi Arasındaki Entegrasyon”, *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 01 Konferansı Bildiriler Kitabı*, s. 21-30, İstanbul.

Kayan, İ. (1999) “Holocene Stratigraphy and Geomorphological Evolution Of The Aegean Coastal Plains of Anatolia”, *Quaternary Science Reviews*, Sayı: 18, s. 451-548.

Kostiuk, M. (2002) *Using Remote Sensing Data to Detect Sea Level Change*, Pecora 15/Land Satellite Information IV/ISPRS Commission I/FIEOS 2002 Conference Proceedings

Lambrianides, K. ve Spencer, N. (2001) *The Madra River Delta Archaeological Project*, Oxford Archaeological Reports, London.

Madra Çayı Mevkii kıyı Erozyon Etüdü, (1997) DEÜ Denizbilimleri ve Teknoloji Enstitüsü, İzmir

Sönmez, S. (1996) *Havran Çayı Bakırçay Arasındaki Sahanın Bitki Coğrafyası*, İÜ Sosyal Bil. Enst. Doktora tezi (Basılmamış), İstanbul.

Yaşar, D. (1998) “Dünya Deniz Seviyesi Değişimleri ve Türkiye'deki Örnekleri”, *Türkiye'*

F.Ü.Sosyal Bilimler Dergisi 2005 15 (2)

nin Kıyı ve Deniz Alanları II. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 98 Konferans Bildiriler Kitabı, s.749-757, Ankara.

Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altınkaynak, Ş. ve Elmas, A. (2000) "When did the Western Anatolian Grabens Begin to Develop?", Geological Society Special Publications, 173, s. 353-384, London.

Vinodkumar, K., Bhattacharya, A. ve Subramanian, C. (1998) Coastal Morphological Influences for Tropical Cyclone Track Deviation Along Andhra Coast: GIS and remote sensing based approach *Current Science* 75 (9), s. 955-958.

Zhu, X. (2001) "Remote Sensing Monitoring of Coastline Change in Pearly River Estuary", *Assian Conference of Remote Sensing*, Singapore.