

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI
FİZİKİ COĞRAFYA BİLİM DALI**

**GÖKSU DELTASINDA KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMLERİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU
GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ**

Doktora Tezi

HATİCE KILAR

Ankara-2018

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI
FİZİKİ COĞRAFYA BİLİM DALI**

**GÖKSU DELTASINDA KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMLERİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU
GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ**

Doktora Tezi

Hatice KILAR

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. İhsan Çiçek**

Ankara-2018

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI
FİZİKİ COĞRAFYA BİLİM DALI**

Hatice KILAR

**GÖKSU DELTASINDA KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMLERİNİN
ÇOK ZAMANLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İhsan Çiçek

Tez Jürisi Üyeleri

Adı ve Soyadı

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK

Prof. Dr. Necla TÜRKOĞLU

Prof. Dr. Lale BALAS

Prof. Dr. Ülkü Eser ÜNALDI

Prof. Dr. Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU

İmzası



Tez Sınavı Tarihi: 13.08.2018

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK danışmanlığında hazırladığım “Göksu Deltasında Kıyı Çizgisi Değişimlerinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle Analizi (Ankara.2018) ” adlı doktora ☒ tezindeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde araştırma ve etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

Tarih:
Adı-Soyadı ve İmza

Hatice KILAR



İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ.....	V
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ	IX
ÖNSÖZ.....	X
I. BÖLÜM GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMA ALANININ KONUMU	5
1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE YÖNTEMİ.....	9
II. BÖLÜM GÖKSU DELTASI KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİ.....	20
2.1. Göksu Deltası Dönemsel ve Genel Kıyı Çizgisi Değişiminin DSAS Aracı ile Belirlenmesi.....	20
2.2. Çalışmanın Yöntemi	21
2.2.1. Uydu Görüntülerinin Temin Edilmesi	21
2.2.1.1. Landsat Uydu Görüntüleri	21
2.2.1.2. Quickbird-2 ve Worldview-2 Görüntüleri	24
2.2.2. Kıyı Çizgisi Haritalarının Üretilmesi.....	25
2.2.2.1. Landsat Uydu Görüntülerinden Üretilen Kıyı Çizgisi Haritaları.....	25
2.2.2.2. Quickbird-2 ve Worldview-2 Görüntülerinden Üretilen Kıyı Çizgisi Haritaları.....	26
2.2.3. Kıyı Çizgisi Değişim Analizi	29
2.2.3.1. Göksu Deltası Landsat Uydu Görüntülerinden Üretilen Dönemsel Kıyı Çizgisi Değişim Değerleri	31
2.2.3.1.1. EPR İstatistiği	31
2.2.3.1.1.1. 1984-1990 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	31
2.2.3.1.1.2. 1990-2000 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	33
2.2.3.1.1.3. 2000-2006 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	35
2.2.3.1.1.4. 2006-2010 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	37

2.2.3.1.1.5. 2010-2014 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	39
2.2.3.1.1.6. 2014-2017 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	41
2.2.3.2. Göksu Deltası Landsat Uydu Görüntülerinden Üretilen Genel Kıyı Çizgisi Değişim Değerleri	43
2.2.3.2.1. EPR İstatistiği	43
2.2.3.2.1.1. 1984-2017 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	43
2.2.3.2.2. NSM İstatistiği	45
2.2.3.2.2.1. 1984-2017 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	45
2.2.3.2.3. LRR İstatistiği.....	47
2.2.3.2.3.1. 1984-2017 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	47
2.2.3.3. Göksu Deltası Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Üretilen Genel Kıyı Çizgisi Değişim Değerleri.....	49
2.2.3.3.1. EPR İstatistiği	49
2.2.3.3.1.1. 2004-2015 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	49
2.2.3.3.2. NSM İstatistiği	51
2.2.3.3.2.1. 2004-2015 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi.....	51
2.2.4. Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin Morfolojik Sonuçları.....	53
2.2.5. Göksu Deltası Dönemsel ve Genel Kıyı Çizgisi Değişim Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	54
III. BÖLÜM GÖKSU DELTASI KIYI ÇİZGİSİNİN GELECEKTEKİ KONUMU .57	
3.1. Göksu Deltasının Gelecekteki Kıyı Çizgisinin Konumunun Belirlenmesinin Önemi.....	57
3.2. Çalışmanın Yöntemi	58
3.3. BULGULAR	60
3.3.1. 25 Yıl Sonra Göksu Deltasının Kıyı Çizgisinin Konumu.....	60
3.3.1.1. Göksu Deltası Aşınma Alanlarındaki Kıyı Çizgisinin 25 Yıl Sonraki Konumu.....	61

3.3.1.2. Göksu Deltası Birikme Alanlarındaki Kıyı Çizgisinin 25 Yıl Sonra Konumu.....	63
3.3.2. 50 Yıl Sonra Göksu Deltasının Kıyı Çizgisinin Konumu.....	65
3.3.2.1. Göksu Deltası Aşınma Alanlarındaki Kıyı Çizgisinin 50 Yıl Sonra Konumu.....	66
3.3.2.2. Göksu Deltası Birikme Alanlarındaki Kıyı Çizgisinin 50 Yıl Sonra Konumu.....	68
3.3.3. 25 Yıl Sonraki Kıyı Çizgisi Değişiminin Morfolojik Sonuçları	70
3.3.4. 50 Yıl Sonraki Kıyı Çizgisi Değişiminin Morfolojik Sonuçları	71
3.4. Göksu Deltası Kıyı Çizgisinin 25 ve 50 Yıl Sonraki Değişim Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	72
IV. BÖLÜM GÖKSU DELTASINDA FIRTINA KABARMASINA BAĞLI KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİ	74
4.1. Göksu Deltasında Şiddetli Fırtına Kabarmalarının Belirlenmesinin Önemi	74
4.2. Çalışmanın Yöntemi	76
4.3. BULGULAR	78
4.3.1. Çalışma Sahasının Rüzgâr İklimi.....	78
4.3.2. Çalışma Sahası Dalga İklimi.....	80
4.3.3. Rüzgâr ve Dalga İstatistikleri.....	82
4.3.4. Dalga Kabarmaları	83
4.3.4.1. GB Yönü Dalga Kabarması	83
4.3.4.2. BGB Yönü Dalga Kabarması.....	84
4.3.5. Fırtına Kabarma Seviyelerinin Hesaplanması	85
4.3.5.1. GB Yönü Fırtına Kabarma Seviyesi	85
4.3.5.2. BGB Yönü Fırtına Kabarma Seviyesi.....	86
4.4. Fırtına Kabarmalarının Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişimi Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi	87
V. BÖLÜM GÖKSU DELTASI DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMİ	89

5.1.	Göksu Deltasında Deniz Seviyesi Değişiminin Belirlenmesinin Önemi	89
5.2.	Çalışmanın Yöntemi	91
5.3.	BULGULAR	92
5.3.1.	Erdemli İstasyonu Deniz Seviyesi Değişim Eğilimi.....	92
5.3.1.1.	Aylık Deniz Seviyesi Değişim Eğilimi.....	92
5.3.2.	Erdemli İstasyonu Deniz Yüzeyi İklim Eğilimi.....	93
5.3.2.1.	Deniz Suyu Sıcaklık Eğilimi.....	93
5.3.2.2.	Deniz Yüzeyi Basınç Eğilimi.....	95
5.4.	Deniz Seviyesi Değişiminin Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişimi Üzerindeki Etkisi	96
VI.	BÖLÜM GÖKSU NEHRİ AKIM VE SEDİMENT TAŞINIM İLİŞKİSİ	98
6.1.	Göksu Nehrinin Akım ve Sediman Değerlerinin İncelenmesinin Önemi	98
6.2.	Göksu Nehir Havzasının Genel Özellikleri	99
6.3.	Çalışmanın Yöntemi	103
6.4.	BULGULAR	104
6.4.1.	Göksu Nehri Karahacılı Akım Gözlem İstasyonu Akım ve Sediman Değerleri Değişim Eğilimi	104
6.4.1.1.	1967-2012 Yıllarının Aylık Akım ve Sediment Değerleri Değişimi.....	104
6.4.1.2.	1967-2012 Yıllarının Yıllık Akım ve Sediment Değerleri Değişimi.....	105
6.5.	Göksu Nehri Akım ve Sediman Değerleri Değişiminin Değerlendirilmesi ve Kıyı Çizgisi Değişimi Üzerindeki Etkisinin Tespit Edilmesi.....	107
6.5.1.	Göksu Nehri Akım ve Sediment Değişimlerinin Değerlendirilmesi	107
6.5.2.	Göksu Nehri Akım ve Sediment Değişiminin Kıyı Çizgisi Değişimi Üzerine Etkisi.....	108
VII.	BÖLÜM TARTIŞMA VE SONUÇ.....	112
	KAYNAKÇA	117
	ÖZET	132
	ABSTRACT	134

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: 3621 sayılı Kıyı Kanununa göre kıyı çizgisi, kıyı, kıyı kenar çizgisi ve sahil şeridi ..	1
Şekil 2:Göksu deltasının konumu	6
Şekil 3:Göksu Deltası'nın geçmişteki yaklaşık konumları (ÖÇK, 2009).....	7
Şekil 4: Göksu deltası Landsat uydu görüntüleri.....	23
Şekil 5: Göksu deltası Quickbird-2 ve Worldview- 2 görüntüleri.....	25
Şekil 6: Göksu deltası kıyı çizgileri	26
Şekil 7: Quickbird-2 ve Worldview-2 uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgileri	27
Şekil 8: Göksu deltası yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri için yer kontrol noktaları	28
Şekil 9: Göksu Deltası kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracında hesaplanması	30
Şekil 10: 1984-1990 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi	32
Şekil 11: 1984-1990 yılı EPR istatistiği grafiği.....	32
Şekil 12: 1990-2000 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi	34
Şekil 13: 1990-2000 yılı EPR istatistiği grafiği.....	34
Şekil 14: 2000-2006 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi	36
Şekil 15: 2000-2006 yılı EPR İstatistiği grafiği.....	36
Şekil 16: 2006-2010 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi	38
Şekil 17: 2006-2010 yılı EPR İstatistiği grafiği.....	38
Şekil 18: 2010-2014 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi	40
Şekil 19: 2010-2014 yılı EPR istatistiği grafiği.....	40
Şekil 20: 2014-2017 yılı EPR İstatistiği kıyı çizgisi değişimi	42
Şekil 21: 2014-2017 yılı EPR İstatistiği grafiği.....	42
Şekil 22: 1984-2017 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi	44
Şekil 23: 1984-2017 yılı EPR istatistiği grafiği.....	44
Şekil 24: 1984-2017 yılı NSM istatistiği kıyı çizgisi değişimi.....	46
Şekil 25: 1984-2017 yılı NSM istatistiği grafiği	46
Şekil 26: Göksu deltası tüm yıllar (1984, 1990, 2000, 2006, 2010, 2014, 2017) LRR istatistiği kıyı çizgisi değişimi	48
Şekil 27: Göksu Deltası tüm yıllar (1984, 1990, 2000, 2006, 2010, 2014, 2017) LRR istatistiği grafiği.....	48
Şekil 28: 2004-2015 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi	50
Şekil 29: 2005-2015 yılı EPR İstatistiği grafiği.....	50

Şekil 30: 2004-2015 yılı NSM istatistiği kıyı çizgisi değişimi.....	52
Şekil 31: 2004-2015 yılı NSM istatistiği grafiği	52
Şekil 32: Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin delta morfolojisine etkisi.....	54
Şekil 33: Çalışma akış diyagramı	59
Şekil 34: Göksu deltası 25 yıl sonra aşınma ve birikme sonucu kıyı çizgisi değişimi	60
Şekil 35: Göksu deltası aşınma alanlarındaki kıyı çizgisi değişiminin 25 yıl sonraki konumu.....	62
Şekil 36: Göksu deltası birikme alanlarındaki kıyı çizgisi değişiminin 25 yıl sonraki konumu.....	64
Şekil 37: Göksu deltası aşınma ve birikme sonucunda 50 yıl sonra kıyı çizgisi değişimi	65
Şekil 38: Göksu deltası aşınma alanlarındaki kıyı çizgisi değişiminin 50 yıl sonraki konumu.....	67
Şekil 39: Göksu deltası birikme alanlarındaki kıyı çizgisi değişiminin 50 yıl sonraki konumu.....	69
Şekil 40: Göksu deltası 25 yıl sonra kıyı çizgisi değişiminin morfolojik etkisi	70
Şekil 41: Göksu deltası 50 yıl sonra kıyı çizgisi değişiminin morfolojik etkisi	71
Şekil 42: Çalışma akış diyagramı	78
Şekil 43: ECMWF'in 36'3''K – 34' 1''D koordinat noktasının konumu (HYDROTAM-3D) .	79
Şekil 44: ECMWF 36'3''K – 34' 1''D koordinat noktasının 2000-2014 yıllarına ait yönlere göre rüzgârgülü (HYDROTAM-3D).....	80
Şekil 45: Yönlere göre dalga kabarma mesafeleri (Feç) (HYDROTAM-3D).....	81
Şekil 46: ECMWF 36'3''K – 34' 1''D koordinat noktasının 2000-2014 yıllarına ait yönlere göre dalga yükseklikleri (HYDROTAM-3D)	82
Şekil 47 (a, b,c): GB yönü dalga kabarmaları	84
Şekil 48 (a,b,c): BGB yönü dalga kabarmaları	84
Şekil 49: Fırtına kabarma seviyelerinin belirlenmesi (Kaynak -URL-5)	85
Şekil 50: Erdemli istasyonu deniz seviyesi değişimi	92
Şekil 51: Erdemli istasyonu deniz seviyesi değişimi Mann-Kendall değerleri	93
Şekil 52: Erdemli istasyonu deniz suyu sıcaklığı	94
Şekil 53: Erdemli istasyonu deniz suyu sıcaklığı Mann-Kendall değerleri.....	94
Şekil 54: Erdemli istasyonu deniz yüzeyi basınç değişimi	95
Şekil 55: Erdemli istasyonu deniz yüzeyi basınç Mann-Kendall değerleri	96
Şekil 56: Göksu Nehri havzası.....	100
Şekil 57: Karahacılı-Göksu Nehri (1714) AGİ verilerine göre aylık debi değişimi.....	101

Şekil 58: Bucaklışlar-Göksu Nehri (1712) AGİ verilerine göre aylık debi değişimi	101
Şekil 59: Kıravga-Göksu Nehri (1731) AGİ verilerine göre aylık debi değişimi.....	102
Şekil 60: Yeşilköy-Ermenek Çayı (1726) AGİ verilerine göre aylık debi değişimi.....	103
Şekil 61: Göksu Nehri 1714 nolu Karahacılı akım gözlem istasyonu (YEGM)	104
Şekil 62: Karahacılı istasyonu aylık akım ve sediment değişimi	105
Şekil 63: Göksu Nehri yıllık akım ve sediment değişimi	106
Şekil 64: Göksu Nehri akım ve sediman değerleri (YEGM).....	107
Şekil 65: Göksu Nehir ağzı mevkiinin kıyı değişimi.....	109
Şekil 66: 1984-2017 yılları Göksu Nehri kıyı değişimi.....	110
Şekil 67: 1984-2017 yılları Göksu Nehir ağzı	111



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Çalışmada kullanılan Landsat görüntülerinin özellikleri	22
Tablo 2: Çalışmada kullanılan Quickbird-2 ve Worldview-2 görüntülerinin özellikleri	24
Tablo 3: Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri için kordinat ölçümleri yapılan yer kontrol noktaları.....	28
Tablo 4: ECMWF 36'3''K – 34' 1''D koordinat noktasının uzun dönem rüzgâr ve dalga istatistikleri.....	83
Tablo 5: Göksu deltası kıyıları GB yönü fırtına kabarma seviyeleri.....	86
Tablo 6: Göksu deltası kıyıları BGB yönü fırtına kabarma seviyeleri.....	86



KISALTMALAR LİSTESİ

DSAS	Sayısal Kıyı Çizgisi Analizi Sistemi/Digital Shoreline Analysis System
ÖÇK	Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı
NSM	Kesin Kıyı Çizgisi Hareketi/Net Shoreline Movement
EPR	Son Nokta Oranı/End Point Rate
LRR	Doğrusal Regresyon Oranı/Linear Regression Rate
ECI	Son Nokta Güven Oranı/Confidence of End Point Rate
LSE ve WSE	Tahmini Hata Oranı/Standard Error of the Estimate
LR2 ve WLR	R-kare/R-squared
SCR	Kıyı Çizgisi Değişim Oranı/ Shoreline Change Rate
ECMWF	Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi/ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
HYDROTAM-3D	Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım ve Su Kalitesi Modeli
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli/Intergovernmental Panel on Climate Change
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
YEGM	Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü

ÖNSÖZ

“Göksu Deltasında Kıyı Çizgisi Değişimlerinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Analizi” başlıklı çalışma Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Fiziki Coğrafya Bilim Dalı’nda doktora tezi kapsamında hazırlanmıştır.

Doktora eğitimim süresince desteğini benden esirgemeyen, arazi çalışmalarına katılarak çalışmalarına destek veren, akademik tecrübelerini alçak gönüllü ve hoşgörüsü ile paylaşan değerli danışmanım Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK’e

Zor süreçlerde desteğini her zaman hissettiğim, mütevazı kişiliği, güler yüzü, güzel kalbi ile gönlümüze taht kuran sevgili hocam Prof. Dr. Necla TÜRKOĞLU’na

Akademik tecrübesi ve sevgi dolu kalbi ile bilimsel çalışmalarımı gönülden destekleyen ve gelişimime katlı sağlayan hocam Lale BALAS’a

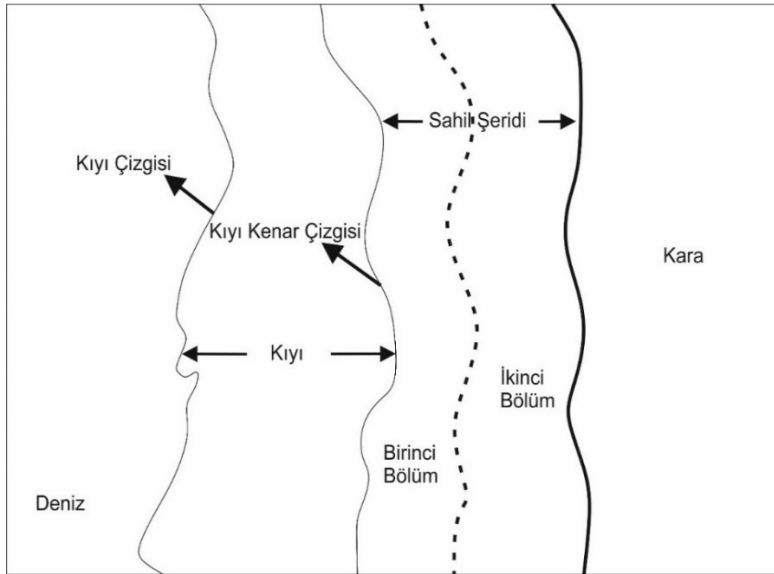
Doktora eğitimim boyunca samimiyeti ve içtenlikleri ile hayatıma renk katan, tanımaktan ve birlikte vakit geçirmekten mutluluk duyduğum değerli iş arkadaşlarım Olgu AYDIN’a, Nurcan AVŞİN’e, Ergin GÖKKAYA’ya, Esra TUNCEL’e, Ayla DENİZ’e, Kerime KARABACAK’a, Ceyda KURTAR’a Suat TUYSUZ’a, Fatih ATUĞ’a, Mehmet Tahsin ŞAHİN’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmayı ‘15B0759002’ kodlu proje ile destekleyen Ankara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne teşekkür ederim.

Hatice Kılar

I. BÖLÜM GİRİŞ

3621 sayılı Kıyı Kanunu'na göre **“kıyı çizgisi”** deniz, göl ve akarsularda suyun taşkın durumları dışında kara parçasına değdiği noktaların bileşmesinden oluşan ve meteorolojik olaylara göre değişen doğal çizgi olarak tanımlanmaktadır. **“Kıyı kenar çizgisi”** ise deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, kıyı çizgisinden sonraki kara yönünde su hareketlerinin oluşturulduğu kumluk, çakıllık, kayalık, taşlık, sazlık, bataklık ve benzeri alanların doğal sınırı olarak tanımlanırken; **“kıyı”** kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alan olarak belirlenmiştir. **“Sahil şeridi”** kıyı kenar çizgisinden itibaren kara yönünde yatay olarak en az 100 metre genişliğindeki alan olarak tanımlanmıştır. **“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 kullanılan alanları kapsamaktadır. **“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, açık otoparklar taşıt yolları ve arıtma tesislerinin yapılabileceği alanlardır (Şekil 1).



Şekil 1: 3621 sayılı Kıyı Kanununa göre kıyı çizgisi, kıyı, kıyı kenar çizgisi ve sahil şeridi

Kıyı alanları, fiziki ve beşeri faktörlerin etkisi altında değişen, gelişen çeşitli kullanım alanlarını bünyesinde barındıran ve uzun yıllardır insanların ilgisini çeken önemli alanlardan biridir (Aşan, 2004; Akyol ve Sesli, 2006; Özhan, 2008; Baki ve Ergün 2012; Uzun, 2015; Sesli, 2006). İlk çağlardan beri büyük medeniyetlerin kıyı alanlarında kurulmuş olması ve kıyı alanlarında yer alan doğal kaynakların toplumların sosyal ve ekonomik gelişimine büyük katkı sağlaması kıyı alanlarının ne denli önemli olduğunun önemli bir göstergesidir (Sesli, 2006; Uzun, 2015). Kıyı alanları, geçmişten günümüze kadar önemini koruyan ve her geçen yıl daha da değerli hale gelen ekolojik açıdan önemli alanlardan biridir. Kıyı alanlarının bu denli önemli olması kıyı bölgelerinde yaşayan nüfusun her geçen gün artmasına ve buna bağlı olarak kıyı kaynakları üzerinde baskı oluşmasına ve kısa süreli, yıkıcı değişimlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Çölkensen ve Sesli, 2007; Karabulut ve Karakoç, 2010).

Yeryüzünün toplam kıyı uzunluğu toplam 440,000 km'dir. Kıyı bandının 100 m genişliğindeki bir alan yeryüzünün toplam % 0.03'nü kapsamaktadır. Alansal olarak oldukça sınırlı olan kıyı bölgesi insanlık için büyük önem taşımaktadır. Birleşmiş Milletler tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kıyı bandının birkaç kilometrelik bölümünde dünya nüfusunun %66'sının yaşadığı ve aynı zamanda bu sınırlı alanda üretim, iletişim, yerleşme ve rekreasyon faaliyetlerinin yoğun olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Kıyı alanının oldukça sınırlı bölgesinde yaşayan yoğun nüfus ve nüfusun ihtiyaçlarının karşılanması için gerçekleştirilen faaliyetler kıyı bölgelerinde bazı değişimlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu değişimlerden en önemlisi kıyı çizgisi değişimleridir (Pethick, 1984).

Kıyı çizgileri genel olarak fiziki ve beşeri faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Fiziki faktörlere bağlı kıyı çizgisi değişimleri daha çok jeomorfolojik, jeolojik ve klimatolojik faktörün bileşkesi olan nehirler, dalga, fırtınalar, akıntılar, dalga, gel-git, sediman taşınımı ve tektonik faaliyetlerden oluşurken (Benumof vd., 2000; Moore ve Griggs, 2002; Collins ve Sitar, 2008; Katz ve Mushkin, 2013) beşeri faktörlere bağlı kıyı çizgisi değişimi insan faaliyetlerine

bağlı yerleşim, tarım, turizm, sanayi, ulaşım faaliyetlerini kapsamaktadır (Olgun, 2012; Avcı, 2017). Geçmiş yıllarda, kıyı çizgisi değişimlerinin meydana gelmesinde fiziki faktörler daha çok etkili iken; günümüzde kıyı bölgelerindeki nüfus artışı ve doğal süreçlerdeki ekstrem koşulların artması ile birlikte hem fiziki ve hem de beşeri faktörler birlikte etkili olmaya başlamıştır.

Kıyı çizgisi değişimlerinin en fazla gerçekleştiği alanların başında yükseltisi düşük adalar (Yunus Ali ve Narayana, 2015; Gibeaut vd., 2001; Nebel vd., 2012) ve delta alanları gelmektedir (Yunus Ali ve Narayana, 2015; Uzun, 2006; Olgun, 2012; Frihy, vd., 1998). Özellikle, delta alanlarında meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimleri delta morfolojisinin değişmesine neden olmakla birlikte delta kıyılarının ekolojik zenginliğinin tahribata uğramasına ve sürdürülebilirliğinin azalmasına neden olmaktadır.

Uluslararası Jeoloji Bilimi Kurulu (The International Union of Geological Science) kıyı çizgilerini yeryüzünün eşi benzeri olmayan özellikleri olarak tanımlamıştır. Ayrıca, kıyı çizgileri Uluslararası Jeoloji Bilimi Kurulu tarafından 27 “Coğrafi Belirleyici” den biri olarak kabul edilmiştir (Lockwood, 1997). Bu nedenle, kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesi kara ve su tarafındaki kaynakların tanımlanması ve takibi açısından oldukça önemlidir. Gibeaut vd., (2001) yılında gerçekleştirmiş olduğu çalışmada kıyı çizgisi değişimlerini; uzun süreli kıyı çizgisi değişimleri, kısa süreli kıyı çizgisi değişimleri ve epizodik değişimler olmak üzere 3 grupta sınıflandırmıştır. Kısa süreli kıyı çizgisi değişimleri 5-10 yıllık zaman diliminde gerçekleşirken; uzun süreli kıyı çizgisi değişimleri 10-1000 yıllık zaman diliminde değerlendirmiştir. Epizodik değişimleri ise fırtınalar gibi ekstrem doğa olayları sonucunda oluşan ani kıyı çizgisi değişimleri olarak tanımlamıştır. Kısa süreli ve epizodik kıyı çizgisi değişimleri kıyının sadece belirli bölgelerini etkilemekte iken; uzun süreli kıyı çizgisi değişimleri kıyının tamamını aynı düzeyde etkilemektedir.

Kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerin belirlenmesi ile ilgili kısa dönemli çalışmalardan yoğun olarak faydalanılmaktadır (Collins and Sitar, 2008; Young et al., 2009; Quinn et al., 2010; Brooks et al., 2012). Kıyı çizgisi değişimine neden olan uzun dönemli ve geniş ölçekli karasal ve denizel olaylarla ilgili çalışmalar ise oldukça sınırlıdır (Temitope, 2014). Oysa, farklı zaman ölçeğinde gerçekleştirilmiş çoklu kıyı çizgisi analizleri kıyısal problemlerle mücadelede, kıyı yönetimi planlaması, aşınma ve birikme çalışmalarında, bölgesel sediment bütçe hesaplamalarında, kıyı morfodinamiklerinin analizi ve modellenmesinde, afet zonunun belirlenmesinde oldukça önemlidir (Kuleli, 2010; Ouma ve Tateishi, 2006; Liu, 2004; Jana vd., 2014; Esteves vd., 2009; Rio vd., 2013).

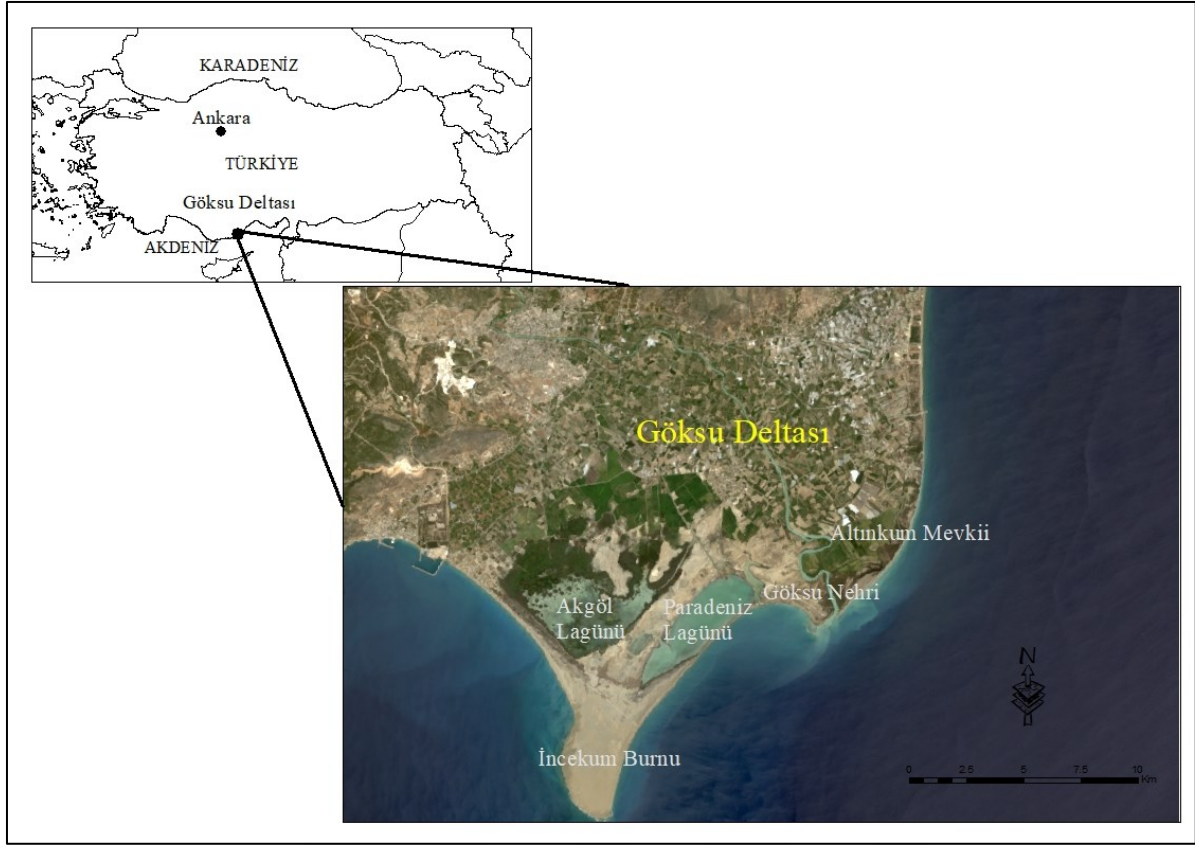
Kıyı çizgisi çalışmalarının gerçekleştirilmesinde geçmişten günümüze kadar farklı yöntem ve araçlardan faydalanılmıştır. Kıyı çizgisi haritası ilk defa 1807 yılında üretilmiştir. Bu dönemde gerçekleştirilen kıyı çizgisi çalışmaları daha çok geleneksel arazi çalışması yöntemine dayanmaktaydı (Ingham, 1992; Alesheikh vd., 2007). Arazi çalışmaları yöntemi ile belirlenen kıyı çizgisi haritaları daha fazla iş gücü ve zaman gerektirmesi ve geniş alanlara uygulanmasının zorluğu nedeniyle çalışmaların içeriğini ve niteliğini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır (Bagli ve Soille 2003). 1927 yılında hava fotoğraflarının bilimsel çalışmalarda kullanılmaya başlaması ile birlikte kıyı çizgisi çalışmaları yeni bir boyut kazanmıştır. Hava fotoğrafları her ne kadar arazi çalışmalarına göre daha elverişli olsa da; kıyı çalışmalarının niteliği açısından risk oluşturan durumları da bünyesinde barındırmaktadır. Örneğin, ilk hava fotoğraflarının siyah beyaz görüntülerden oluşması kara ve su sınırının kesin olarak belirlenmesini güçleştirmektedir. Bunun yanı sıra, yine ilk fotoğrafların dijital formatta olmaması veri işleme, düzeltme, analiz ve dönüştürme işlemlerinin maliyetini artırmakta, daha fazla zaman almakta ve çalışmalardaki hata oranını artırmasına neden olmaktadır (De Jong vd., 2004). Teknolojik gelişmelerin bilimsel çalışmalara olan katkısından faydalanılarak ilk defa 1972 yılında kıyı çizgisi çalışmalarında uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Uydu

görüntülerinin kıyı çizgisi değişimi çalışmalarında kullanılması kıyı çalışmalarının niteliğinde ve niceliğinde önemli artışlar sağlamıştır. Orta ve yüksek çözünürlükte üretilen uydu görüntülerinin dijital formatta olması ve farklı bant kombinasyonlarından oluşması kıyı çizgisi çalışmalarında çeşitli analizlerin gerçekleştirmesine olanak sağlamış ve kara ve su sınırının farklı yöntemlerle belirlenerek kıyı çizgisinin daha doğru tespit edilmesini sağlamıştır (Alesheikh vd., 2007; Winarso vd., 2001).

Göksu deltası, Akdeniz kıyıları içerisinde ekolojik zenginliğin en fazla olduğu alanlar arasında yer almaktadır. Delta kıyılarında iklim şartlarının elverişli, su kaynakları bol ve topraklarının verimli olması delta kıyılarının ekolojik zenginliğini önemli ölçüde artırmaktadır (Kılar ve Çiçek, 2018). Göksu deltası kıyılarının ekonomik, sosyal ve çevresel pek çok faaliyetin gerçekleştirilmesine olanak sağlaması ve son zamanlarda farklı amaçlar için yoğun olarak kullanılması delta kıyılarında kısa süreli değişimlerin gerçekleşmesine ve sürdürülebilirliğinin azalmasına neden olmaktadır. Göksu deltası kıyılarında meydana gelen bu değişimlerin başında kıyı çizgisi gelmektedir. Bu nedenle, Göksu deltası kıyılarında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin zamansal ölçekte detaylı olarak incelenmesi, kıyı çizgisine neden olan faktörlerin araştırılması ve kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun tespit edilmesi delta kıyılarının sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

1.1.ÇALIŞMA ALANININ KONUMU

Göksu deltası, Doğu Akdeniz kıyısında Mersin ili sınırları içerisinde batıda Taşucu, doğuda Susanoğlu yerleşmeleri arasında yer almaktadır (Şekil 2). Göksu nehrinin Orta Toroslar boyunca aşındırarak taşımış olduğu kil, silt, kum, çakıl boyutundaki sedimanlar ile oluşmuş olan Göksu deltası toplam 15.000 hektar büyüklüğündedir. Deltanın yükseltisi ise 0-5m arasında değişmektedir.

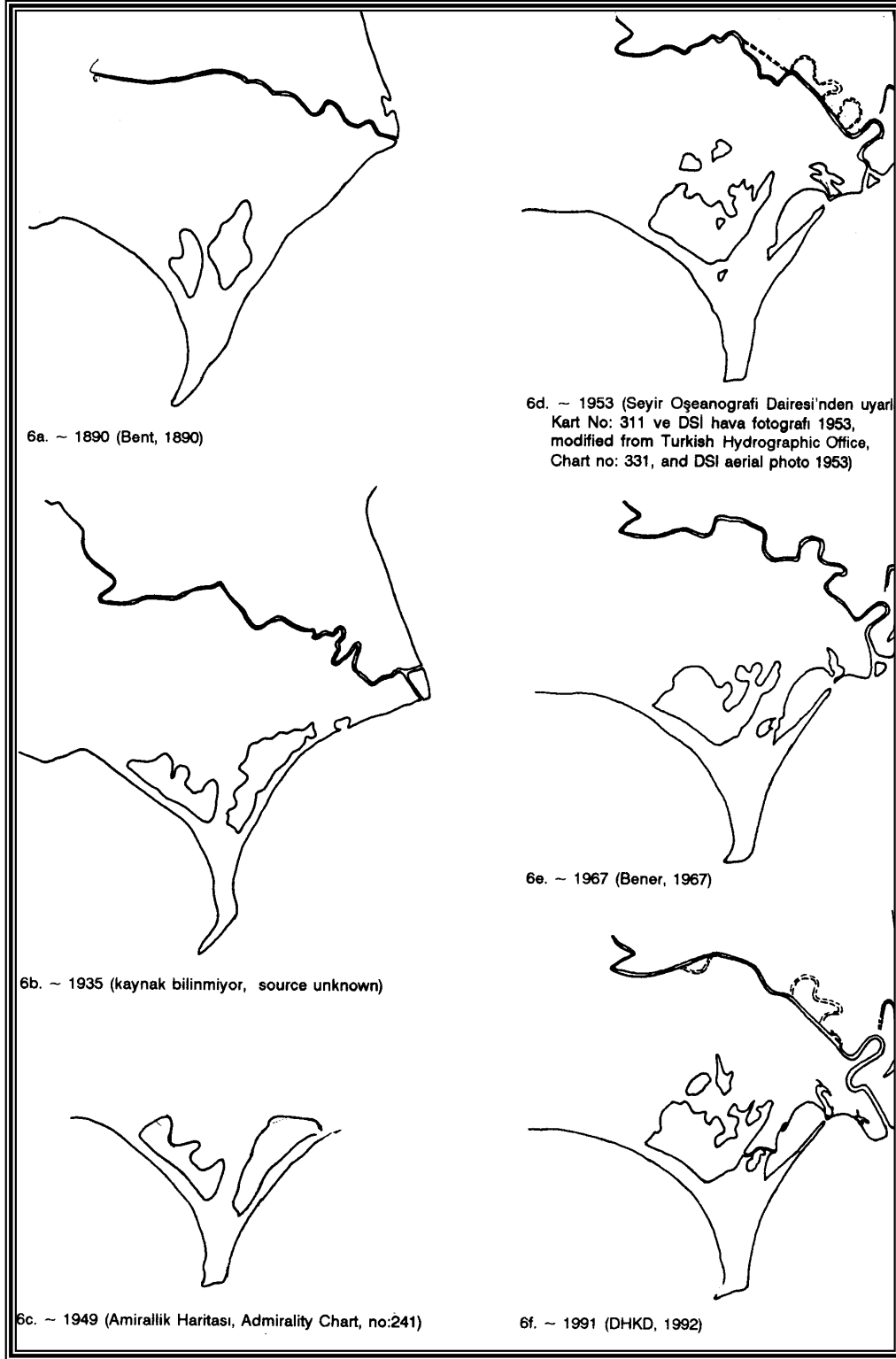


Şekil 2:Göksu deltasının konumu

Göksu deltası, yazların sıcak ve kurak, kışların ise ılık ve yağışlı geçtiği Akdeniz iklimi etkisi altındadır. Deltanın ortalama yıllık toplam yağışı 607 mm iken; yıllık ortalama sıcaklığı 19 C°'dır. Deltada iklim koşullarının elverişli, su kaynaklarının yeterli ve topraklarının verimli olması deltadaki ekolojik zenginliği artırmasının yanı sıra; farklı faaliyetlerin gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Erol'a (1993) göre, Göksu deltası'nın ilk bölümleri son 3000 yıl içinde meydana gelen tektonik faaliyetler sonucunda bugün ki görünümünü kazanmış ve daha sonra meydana gelen genç bölümler ile de şekillenme süreci devam etmiştir. Ayrıca, Göksu Deltası'nın 7 farklı evrede oluştuğu ifade edilmektedir (Erol, 1993; Çetin vd., 1999). Şekil 3'de Göksu deltasının 1890-1991 yılları arasındaki morfolojik değişimlerinin incelenmesi durumunda deltanın oldukça dinamik bir yapıya sahip olduğu ve jeomorfolojik gelişim açısından oldukça kısa sayılabilecek bir zaman dilimlerinde bile önemli değişimlere maruz kaldığı tespit edilmiştir (ÖÇK, 2009).

Belirtlen süreçler içerisinde Göksu deltasının morfolojik gelişiminde gözlemlenen en önemli durum deltada meydana gelen fiziki ve beşeri faktörlerdeki değişimlere bağlı olarak delta gelişiminin doğudan batıya doğru şekillendirmesi olmuştur.



Şekil 3:Göksu Deltası'nın geçmişteki yaklaşık konumları (ÖÇK, 2009)

Deltalar, akarsu ve deniz dinamiklerinin etkileşimi sonucunda oluşmaktadır. Delta oluşumunu etkileyen parametrelerin başında tektonik hareketler, akarsuyun taşıdığı sediman miktarı, akıntılar, rüzgar hareketleri, denizin derinliği ve östatik hareketler gelmektedir. Deltalar, belirli ve özgün ortamlarla karışık ortamların girift olduğu konstrüktif kıyı özelliği taşımaktadır (Erinç, 1982). Göksu deltası, Göksu nehri ve kollarının taşımış olduğu metaryalleri Akdeniz'e döküldüğü alanda birikmesi sonucunda oluşmuştur. Deltadaki birikme, son buzul dönemindeki (Würm) erime ile meydana gelen transgresyon (Flandrien) sonucu östatik deniz seviyesinin yükselmesi ve önceden tiltlenmiş aşınım yüzlerine değmesi sonucu meydana gelen kıyı boyunca oluşmuştur (Keçer, 2001).

Göksu deltası, taban kenarı ana karaya bağlı çokgen geometrisi şekline sahiptir. Delta gerisinde, Devoniyen, Kretase, Oligosen ve Miyosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlardan oluşan formasyonlar yüzeylenmektedir (Gökten, 1976; Gedik vd. 1979; MTA, 2002). Bu formasyonlar üzerinde ise geniş Pliyosen aşınım yüzeyleri bulunmaktadır. Kuvaterner döneminden önceki morfolojik üniteler üzerinde flüviyal yarılmalar ve yamaç gelişimi oluşmuştur (Keçer, 2001).

Göksu deltası hidrografik unsurlar açısından oldukça zengin bir ekosisteme sahiptir. Deltanın en önemli su kaynağı, deltanın oluşumun kaynağı olan Göksu Nehridir. Göksu Nehri, 260 km uzunluğunda ve 10.400 km² havza genişliğinde Akdeniz'in en önemli akarsularından biridir. Yıllık ortalama akımı 110 m³/sn olan Göksu Nehri en yüksek debiye Nisan ayında, en düşük debiye ise eylül ayında ulaşmaktadır. Deltanın diğer önemli su kaynakları ise 1.200 ha büyüklüğündeki Akgöl Lagünü ve 400 ha büyüklüğündeki Paradeniz Lagünü'dür. Lagünlerin tuzluluk değerleri gel-git olayına bağlı olarak değişim göstermekle birlikte; Paradeniz lagünün tuzluluk değeri %19, Akgöl'ün tuzluluk değeri %1-2 civarındadır. Bunun yanı sıra, deltada Kuğu gölü ve Arapalanı gölü gibi küçük çaplı su kaynakları da bulunmaktadır.

Göksu deltası, Akdeniz kıyıları içerisinde ekolojik zenginliğin en fazla olduğu alanlardan biridir. Deltanın iklim, topografya ve su kaynakları açısından elverişli olması delta ekolojisini

önemli ölçüde zenginleştirmekte ve aynı zamanda ekonomik, sosyal, çevresel birçok aktivitenin gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Son yıllarda, Göksu deltası kıyılarının yoğun olarak kullanılması delta kıyılarında hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin yaşanmasına neden olmuştur. Deltada kıyılarında meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimleri delta morfolojisinin değişmesine neden olmakla birlikte; bazı olumsuz koşulların ortaya çıkmasına da neden olmaktadır.

1.2.ARAŞTIRMANIN AMACI VE YÖNTEMİ

Göksu deltası kıyılarında meydana gelen uzun dönemli ve kısa dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesi delta kıyılarının ekolojik dengesinin korunması ve delta kıyılarında doğal kaynaklardan daha uzun süre faydalanılması için oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra, Göksu deltası geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişim değerlerinden yola çıkarak deltanın kıyı çizgisinin pozisyonun belirlenmesi delta kıyıları ile ilgili uzun süreli planlama çalışmalarının yapılması ve delta kıyıları ile ilgili etkili kararların alınmasında son derece önemlidir. Bu nedenle, Göksu deltası kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun belirlenmesi çalışma sahasının sürdürülebilirliğine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Ayrıca, delta kıyılarının oldukça dinamik bir yapıya sahip olması ve fiziki ve beşeri faktörlere bağlı ekstrem koşullardan oldukça hızlı etkilenmesi çalışma sahasında kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerin incelenmesini gerektirmektedir. Bu nedenle, Göksu delta kıyı çizgisi değişimini etkileyen fırtına kabarmaları, deniz seviyesi değişimleri ve Göksu Nehrinin akım ve sediment değerleri değişimleri çalışma sahası kıyıları ile ilgili etkili kararların alınmasına katkı sağlamaktadır.

Araştırmanın Amacı:

Göksu deltası, son yıllarda Akdeniz kıyıları içerisinde kıyı çizgisi değişiminin en hızlı gerçekleştiği alanlara arasında yer almaktadır. Deltada meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimleri fiziki ve beşeri pek faktör tarafından kontrol edilmektedir. Bu çalışmada:

- Göksu Deltası'nın zamansal ve geometrik kıyı çizgisi değişiminin dönemsel ve genel olarak belirlenmesi
- Geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişim eğilimlerinden yola çıkarak kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun belirlenmesi
- Kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerin tespit edilmesi ve incelenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmanın Önemi:

Göksu deltası, Akdeniz kıyıları içerisinde sosyal, ekonomik ve çevresel faaliyetlerin yoğun olarak gerçekleştirildiği önemli alanlardan biridir. Delta kıyılarının bu denli yoğun kullanılması kıyı çizgisi değişimlerinin daha hızlı gerçekleşmesine neden olmakta ve aynı zamanda sürdürülebilirliğini düşürmektedir. Son yıllarda, Göksu deltasında meydana gelen kıyı çizgisi değişimleri ile ilgili farklı yaklaşımlarla çeşitli çalışmalar hazırlanmaktadır. Göksu deltası kıyı çizgisi değişimi ile ilgili gerçekleştirilen bu çalışmalarda deltada son yıllarda hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin meydana geldiği farklı araştırmacılar tarafından ortaya koyulmuştur (Gürbüz, 1994; Karakoç ve Karabulut, 2010; Kuleli vd. 2011). Göksu deltasında meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin detaylı olarak farklı yöntemlerle belirlenmesi, kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun tespit edilmesi ve kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması Göksu deltası kıyılarının sürdürülebilirliği açısından oldukça büyük önem taşımaktadır.

Araştırmanın Yöntemi:

Göksu deltası kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesi, kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun tespit edilmesi ve kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerin incelenmesini amaçlayan bu çalışmada veri setlerinin özellikleri ve çalışmanın içeriğine göre farklı yöntemlerden faydalanılmıştır. Örneğin, Göksu deltası kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi

değişimlerinin belirlenmesinde Digital Shoreline Analysis/Sayısal Kıyı Çizgisi Analizi (DSAS) aracının farklı istatistiksel yöntemlerinden faydalanılmıştır. DSAS aracı kısa ve uzun dönem kıyı çizgisi değişimlerinin farklı istatistiksel yöntemler ile değerlendirilmesi amacı ile geliştirilmiş ve ArcGIS programının eklentisi olarak çalışan bir yazılımdır (URL-1). Çalışmanın bir diğer önemli aşaması Göksu deltası kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun tespit edilmesidir. Göksu deltasının 25 ve 50 yıl sonraki pozisyonlarının tespit edilmesinde Göksu deltasının 1984-2017 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgisi haritalarından faydalanılmıştır. Çalışma sahasının 33 yıllık zaman diliminde meydana gelen kıyı çizgisi değişimleri DSAS aracının NSM istatistiğinden faydalanılarak hesaplanmış ve geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişim değerlerinden yola çıkarak çalışma sahasının gelecekteki pozisyonu belirlenmiştir. Çalışmanın en son aşamasında ise kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerden fırtına kabarmaları, deniz seviyesi değişimleri ve Göksu Nehrinin akım ve sediment değerleri değişimleri incelenmiştir. Fırtına kabarmalarının Göksu deltası kıyıları üzerindeki etkisinin belirlenmesi için HYDROTAM-3D programından faydalanılmıştır. HYDROTAM-3D kıyı alanlarındaki rüzgar ve dalga iklimi, akıntı, kirlilik taşınımı, sediman taşınımı gibi kıyısal taşınım olaylarının benzeştirilmesi amacıyla geliştirilmiş yazılımdır (Balas, vd., 2012). Bu nedenle, Göksu deltası kıyılarında etkili olan fırtına kabarmalarının modellenmesinde oldukça etki bir yöntemdir. Göksu deltası kıyı çizgisi değişimine neden olan diğer faktörlerden deniz seviyesi değişimleri ve Göksu Nehri akım ve sediment değerleri değişimlerinin belirlenmesinde Mann-Kendall istatistiği ile aylık ve yıllık değişim grafiklerinden faydalanılmıştır.

Günümüzde, kıyı bölgelerinde meydana gelen kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin tespit edilmesi, kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun tespit edilmesi ve kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerin incelenmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmalardan bazıları şunlardır;

P. Yunus Ali ve A. C. Narayana, **2015** “*Short-Term Morphological and Shoreline Changes at Trinkat Island, Andaman and Nicobar, India, After the 2004 Tsunami*” başlıklı çalışmada Hindistan’ın 2004 yılındaki tsunami felaketinden sonraki Trinkat Adasının kıyı çizgisi değişimini DSAS aracı ile değerlendirmişlerdir. 2004, 2005, 2006, 2008 ve 2013 yıllarına ait uydu görüntülerinden faydalanılarak gerçekleştirilen çalışmada Trinkat Adasının kıyı çizgisi değişimi DSAS aracının LRR, EPR ve NSM istatistiklerinden faydalanılarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, çalışma sahası kıyılarında erozyonun birikmeden daha baskın olduğu ve 2004-2013 yılları arasında kıyı çizgisi erozyonun ortalama LRR istatistiğine göre -9 m/y olduğu tespit edilmiştir.

Alberti vd., **2013** “*Shoreline change mapping along the coast of Galicia, Spain*” başlıklı çalışmada İspanya’nın Galicia kıyılarında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin DSAS aracının LRR, WLR, EPR ve NSM istatistikleri ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda, Galicia kıyılarının kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi için toplam 2500 profil hattı üretilmiş ve üretilen profil hatları bölge 1, bölge 2, bölge 3, bölge 4 ve bölge 5 olmak üzere 5 guruba ayrılmıştır. Çalışmanın sonucunda, bölge 1, bölge 2 ve bölge 3’te orta derece aşınma faaliyetlerinin gözlemlendiği, bölge 5’te yüksek dereceli aşınma faaliyetlerinin bulunduğu; bölge 4’te ise birikme faaliyetlerinin gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Tang vd., **2017** “*Coastal erosion vulnerability of Kien Giang - the Western Mekong River Delta Coast in Vietnam*” başlıklı çalışmada Vietnam’daki Mekong Nehri deltası, Kien Giang kıyılarının kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracı ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda, 40 yıllık zaman diliminde çalışma sahası kıyılarının erozyon oranı ortalama 4,8 m/yıl, biriktirme oranı ise 5,7 m/y olduğu tespit edilmiştir.

Oyedotun ve Temitote, **2014** “*Shoreline geometry: DSAS as a tool for Historical Trend Analysis*” başlıklı çalışmada DSAS aracı tüm detayları ile açıklanmış ve aynı zamanda DSAS aracından faydalanılarak “Shoreline morphodynamics at Crantock Beach, southwest England”

başlıklı örnek çalışmaya yer verilmiştir. Çalışmada, Güneybatı İngiltere’de Crantock kıyılarındaki kıyı çizgisi morfodinamiklerinin belirlenmesi için 1888 ve 2012 yıllarına ait haritalardan faydalanılmış ve çalışma sahasının 124 yıllık kıyı çizgisi değişimi DSAS aracının EPR, SCE ve NSM istatistiklerinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, Crantock kıyılarında büyük ölçüde erozyon faaliyetlerinin gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Kuleli vd., **2011** “*Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey*” adlı çalışmada Türkiye’de Ramsar sözleşmesi kapsamında yer alan (Kızılırmak, Yeşilirmak, Göksu, Yumurtalık ve Gediz) sulak alanların kıyı çizgisi değişimi belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, Yumurtalık’ta kıyı çizgisi gerilemesinin 765 m, erozyonun ise -20,68 m/yıl olduğu; Göksu’da kıyı çizgisi gerilemesinin 650 m, erozyonun ise -25,99 m/yıl; Kızılırmak’ta kıyı çizgisi gerilemesinin 660 m, erozyonun ise -16,10 m/y; Yeşilirmak’ta kıyı çizgisi gerilemesinin 640 m, erozyonun ise -4,91 m/yıl olduğu tespit edilmiştir.

Kuleli, **2010** “*Quantitative analysis of shoreline changes at the Mediterranean Coast in Turkey*” başlıklı çalışmada Türkiye’nin Akdeniz kıyılarında yer alan Çukurova deltası kıyılarının kıyı çizgisi değişiminin hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, çalışma sahasının 1972, 1987, 2002 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri temin edilmiş ve kıyı çizgisi haritaları üretilmiştir. Çalışmanın sonucunda, Çukurova deltasında en fazla kıyı çizgisi gerilemesinin 2,900 m olduğu; erozyon oranının ise -24,50 m/yıl olduğu tespit edilmiştir.

Güneroğlu, **2015** “*Coastal changes and land use alteration on Northeastern part of Turkey*” başlıklı çalışmada Türkiye’nin Kuzeydoğu kıyılarında gerçekleşen arazi kullanımı ve kıyı değişimlerini değerlendirmiştir. Çalışma sahasında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesi için 1984-2011 yıllarına Landsat görüntülerinden faydalanılmış ve çalışma sahasının 27 yıllık zaman diliminde meydana gelen kıyı çizgisi değişimini DSAS aracı ile hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, Trabzon’un merkezinde net kıyı çizgisi değişiminin

88,2 m ulaştığı tespit edilmiş ve kıyı zona genelinde antropojenik etkilere bağlı olarak birikme faaliyetlerinin gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

Dünya genelinde ve Türkiye genelinde kıyı çizgisi değişiminin belirgin olarak gözlemlendiği alanların kıyı çizgisi değişimi farklı araştırmacılar tarafından farklı yaklaşımlarla değerlendirilmiştir. Göksu Deltası, Türkiye'nin Güneybatı kıyılarında ve Akdeniz'in stratejik ve ekolojik acıdan oldukça önemli alanlarından biri olarak hızlı kıyı çizgisi değişimlerine maruz kaldığı bazı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Bu alışalardan bazıları şunlardır:

Keçer ve Duman **2007** “Yapay Etkilerin Göksu Deltası Gelişimine Etkisi” başlıklı çalışmada deltanın güncel ağız, İncekum Burnu ve doğu kıyılarındaki değişim incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, 1951-1995 yılları arasında deltanın güncel ağız bölgesinde 700 m'den fazla ilerleme meydana geldiği tespit edilirken; deltanın doğu kıyılarında en fazla 380 m kıyı gerilemesi meydana geldiği tespit edilmiştir.

Karakoç ve Karabulut **2010** “Göksu Deltası Kıyı Çizgisinde Meydana Gelen Değişimlerin CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile İncelenmesi” başlıklı çalışmada Göksu deltasında en fazla kıyı çizgisi değişiminin meydana geldiği alanlar tespit edilmiş ve kıyı çizgisi değişim değerleri hesaplanmiştir. Çalışmanın sonucunda, Göksu deltası kıyılarında kıyı çizgisi değişiminin en fazla gerçekleştiği alanların İncekum Burnu mevki, Paradeniz lagünü kıyı kordonu, Nehir ağzı mevki ve Altinkum mevki olduğu tespit edilmiştir. 1972-2009 yıllarını kapsayan 38 yıllık zaman diliminde Paradeniz lagünü kıyı kordonunda 100-120 m civarında kıyı çizgisi gerilemesi meydana gelirken; Altinkum mevkiinde 270 m kıyı gerilemesi meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra, Nehir ağzı mevkiinin oldukça hareketli bir yapıya sahip olduğu ve 1972-2009 yılları arasında nihai kumul ilerlemesi meydana geldiği tespit edilmiştir.

Gürbüz, 1994 “Göksu Deltasının Doğu Kıyısında Kıyı Çizgisi Gerilemesi ve Sonuçları” başlıklı çalışmasında Göksu deltasının doğu kıyılarında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin nedenlerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, Göksu deltasının doğu kıyılarında kıyı çizgisi gerilemesinin meydana geldiği tespit edilmiş ve kıyı çizgisi gerilemesine neden olan faktörler fiziki ve beşeri faktörler olarak iki grupta sınıflandırılmıştır. Göksu deltası doğu kıyılarında kıyı çizgisi gerilemesine neden olan fiziki faktörler doğu-kuzeydoğu ve güneybatı yönünde rüzgârların bölgede hâkim olması ve dalganın etkisini artırması olarak açıklanırken; kıyı çizgisi gerilemesine neden olan beşeri faktörler Göksu Nehir yatağının değiştirilmesi, kıyı bitki örtüsünün tahrip edilmesi, kıyıda kum alınması ve Göksu Nehri üzerine inşa edilen ve edilmesi planlanan barajlar olarak tanımlanmıştır.

Kıyı çizgisinin geçmiş yıllara ait zamansal ve geometrik kıyı çizgi değişiminin belirlenmesinin önemini yanı sıra; kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun belirlenmesi kıyı alanlarının planlanması ve etkili kararların alınması açısından büyük önem taşımaktadır. Kıyı çizgisinin geçmiş yıllara ait uzun ve kısa dönemli değişimleri ile ilgili yerel ve uluslararası literatürde oldukça fazla çalışma yer almasına karşın; kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun belirlenmesi ile ilgili oldukça sınırlı çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada Göksu deltasının kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun belirlenmesine ve çalışma sahası ile ilgili etkili kararların alınmasına önem verilmiştir. Göksu deltası kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun belirlenmesinde faydalanan başlıca kaynaklar şunlardır:

Fulat, 2005 “Investigating Time Series Shoreline Changes By Remote Sensing and Geographic Information Systems” başlıklı çalışmada çalışma sahasının geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişim değerleri hesaplanmış ve geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişim değerlerinden yola çıkarak kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonu belirlenmiştir. Çalışma sahasının gelecekteki kıyı çizgisinin pozisyonunun belirlenmesinde End Point Rate (EPR), Average of Rates (AOR), Linear Regression (LR) ve Jackknifing (JK) istatistiklerinden faydalanılmıştır. Çalışmanın sonucunda,

farklı jeomorfolojik özelliklere sahip kıyı çizgilerinin farklı analizlere tabi tutulması gerektiği ve en uygun doğrusal analiz yöntemlerinin farklı jeomorfolojik özelliklerdeki kıyılara uygulanması gerektiğine değinilmiştir.

Fenster vd **1993** “*A New Method for Predicting Shoreline Positions from Historical Data*” başlıklı çalışmada uzun dönemli eğilimlerde kısa dönemli değişimleri tahmin etmek için doğrusal tahmin modeli geliştirilmiş. Bu çalışma için geliştirilen doğrusal tahmin modeli Teksas körfezi ve Kuzey Karolayna barier adaları kıyılarının bir bölümüne uygulanmıştır. Linear modelin örnek olarak seçilen kıyılara uygulanması sonucunda % 14’nün doğrusal davranış gösterdiği, % 21’nin uzun dönemli eğilimlerde tek değişim (quadratik) ve % 65’nin uzun dönemli trenlerde ikili değişim (kübik) gösterdiği tespit edilmiştir.

Crowell vd **1997** “*On Forecasting Future U.S. Shoreline Positions: A Test of Algorithms*” adlı çalışmada Amerika’nın gelecekteki kıyı çizgisinin konumun belirlenmesi için yeni bir yöntemin oluşturulması ve çalışma sahasına uygulanarak test edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, kıyı çizgisi değişimlerinin deniz seviyesi değişimleri ile güçlü bir bağlantısının olduğuna değinilmiştir. Bu nedenle, deniz seviyesi verileri çeşitli kıyı çizgisi algoritmalarının değerlendirilmesinde temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, doğrusal regresyon istatistiğinin kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun belirlenmesinde oldukça sağlıklı sonuçlar verdiği ve tahmin modellerinde başarı ile uygulanabileceğine değinilmiştir.

Douglas vd **1998** “*Considerations for Shoreline Position Prediction*” başlıklı çalışmada Delawera Atlantik kıyılarının gelecekteki kıyı çizgisinin pozisyonun tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun başarı ile belirlenebilmesi için çalışma sahasında etkili olan doğal faktörlerin iyi bilinmesi (örneğin, fırtınalar, deniz seviyesi değişimleri) ve aynı zamanda kıyı çizgisinin geçmiş yıllara ait değişim değerlerinin hesaplanması gerektiğine değinilmiştir. Çalışmanın sonucunda, çalışma sahasında etkili olan

çeşitli süreçler de dikkate alınarak Delawera Atlantik kıyılarının 2027 yılındaki pozisyonu belirlenmiştir.

Douglas ve Crowell **2000** *“Long-term Shoreline Position Prediction and Error Propagation”* isimli çalışmada, doğrusal regresyon yöntemi ile kış aylarında meydana gelen fırtınalarının dikkate alınmadan belirlenen kıyı çizgilerinin gelecekteki pozisyonlarının hata oranı içerdiği ve sağlıklı sonuçlar vermediğine değinilmiştir. Çalışmada öne sürülen bu düşünceden yola çıkarak, Delawera kıyılarının gelecekteki pozisyonları fırtınalar dikkate alınarak ve alınmadan hesaplanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Kıyı çizgisinin geçmiş yıllara ait zamansal ve geometrik değişiminin belirlenmesi, kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun tespit edilmesinin ardından çalışmanın bir diğer önemli aşaması kıyı çizgisini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve etki düzeylerinin tespit edilmesi sağlanmıştır. Göksu deltası kıyı çizgisi değişimini etkileyen faktörlerden fırtına kabarmaları, deniz seviyesi değişimi ve Göksu Nehri akım ve sediment değerleri değişimi temel parametreler olarak belirlenmiş ve çalışma sahasının kıyı çizisi değişimine etkisi araştırılmıştır. Kıyı çizgisi değişimini etkileyen parametrelerden fırtına kabarmaları, deniz seviyesi değişimi ve Akarsu akım ve sediment değerleri değişimi ile ilgili oldukça fazla literatür bulunmaktadır. Bu çalışmada faydalanılan literatürlerden bazıları şunlardır:

Krestenitis vd **2011** *“Coastal inundation in the north-eastern mediterranean coastal zone due to storm surge events”* başlıklı çalışmada kuzeydoğu Akdeniz kıyılarının 2000-2004 yılları arasındaki fırtına kabarmasına bağlı deniz seviyesi yükselmelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, çalışma sahasının rüzgâr, dalga, atmosferik basınç ve deniz seviyesi değişim verileri temin edilmiş ve analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, kuzeydoğu Akdeniz kıyılarının fırtına kabarmasına oldukça duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, fırtına kabarmaları açısından risk düzeyi en yüksek alanlar Adriatik denizinin kuzeyi ve Türkiye’nin güneyi olarak belirlenmiştir.

Dietrich vd **2011** “*Modeling hurricane waves and storm surge using integrally-coupled, scalable computations*” başlıklı çalışmada SWAN+ADCIRC modellerini birlikte kullanılarak Katrina ve Rita kasırgalarına uygulanması ve model sonuçlarının test edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda, SWAN+ADCIRC modellerinin birlikte kullanılmasının çözünürlüğü artırdığı ve çalışmada oldukça başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, SWAN+ADCIRC modellerinin birlikte kullanılması dalga, deniz seviyesi ve akıntı gibi karmaşık problemlerdeki etkileşimlerinde doğruluk oranı yüksek etkili sonuçlar vermiştir.

McInnes, vd **2003** “*Impact of Sea-level Rise and Storm Surges on a Coastal Community*” başlıklı çalışmada kuzey doğu Avusturya kıyılarının fırtına kabarma risk düzeylerinin belirlenmesi için bir teknik geliştirmiştir. Çalışmada kullanılan bu teknik, siklon oluşumları sonucu ortaya çıkan fırtına kabarması taşkın modellerini ve rastgele oluşan büyük ölçekli fırtına dalgası similasyonlarını içermektedir. Çalışmanın sonucunda, günümüz iklim koşullarına göre 50, 100, 500 ve 1000 yıllık tekrarlanma sıklığındaki deniz seviyesi yüksekliği göreceli olarak 2,0 m, 2,3 m, 3,0 m and 3,4 m olarak belirlenmiştir. Küresel iklim değişikliğinin etkilerinin artması sonucunda (2050 yıllarında) siklonların yoğunluklarında artmalar ve ortalama deniz sevisinde göreceli olarak 2,4 m, 2,8 m, 3,8 m and 4,2 m artış meydana geleceği tespit edilmiştir.

Öztyurt vd **2007** “*Göksu Deltasının Deniz Seviyesi Yükselmesine Olan Kırılganlığı*” başlıklı çalışmasında deniz seviyesi yükselmelerinin neden olacağı olumsuz etkilerin belirlenerek kıyı alanları için kırılganlık modelinin geliştirilmesi ve bunun Göksu deltasına uygulanmasını amaçlamıştır. Çalışmanın sonucunda, deniz seviyesi yükselmelerinin delta kıyılarında oluşturduğu en büyük risklerin, kıyı erozyonu ve su basmaları sonucu ortaya çıkan toprak kayıpları olduğu ve aynı zaman da deltadaki insan faaliyetlerinin deniz seviyesi yükselmesi sonucunda deltanın kırılganlığını önemli ölçüde artıracığı tespit edilmiştir.

Eulie vd **2018** “*Shoreline erosion and decadal sediment accumulation in the Tar-Pamlico estuary, North Carolina, USA: A source-to-sink analysis*” başlıklı çalışmada Amerika Birleşik Devletlerinin Kuzey Carolina eyaleti kıyılarının kıyı çizgisi gerilemesi ile sediment birikim değerleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, sisteme giren ince taneli sedimentlerin % 93’nün birikme faaliyetleri sonucunda çalışma sahasın sınırları içinde depolandığı; % 7’sinin ise Pamlico Sound’dan denize boşaldığı tespit edilmiştir. Tar-Pamlico’nun kıyı çizgisi gerileme oranının ise ortalama kıyı çizgisi değişim oranı (SCR) istatistiğine göre $-0,5 \pm 0,9$ m/y olduğu tespit edilmiştir.

Lie vd **2018** “*Shoreline change of Chongming Dongtan and response to river sediment load: A remote sensing assessment*” başlıklı çalışmada Chongming Dongtan kıyılarının kıyı çizgisi değişim değerleri ile akarsu sediment değerlerinin karşılaştırılması ve aralarındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışma sahasının 1987-2010 yıllarına ait uydu görüntüleri temin edilmiş ve kıyı çizgisi değişim değerleri hesaplanarak akarsu sediment değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, Dongtan kıyılarının kıyı çizgisi değişim oranı ve birikme değerleri ile Datong İstasyonunun sediment değerleri arasında oldukça güçlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($r^2 = 0,69$ ve $0,75$). Bu nedenle, nehrin sediment miktarının düşmesi durumunda Dongtan kıyılarındaki birikme oranının da dereceli olarak düşeceği tespit edilmiştir.

II. BÖLÜM GÖKSU DELTASI KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİ

2.1. Göksu Deltası Dönemsel ve Genel Kıyı Çizgisi Değişiminin DSAS Aracı ile Belirlenmesi

Delta alanları, kıyı ekosisteminin en karmaşık ve dinamik alanlarını oluşturmaktadır (Keçer ve Duman, 2007; Karakoç ve Karabulut, 2010). Delta alanlarının iklim koşulları, topografya ve su kaynakları açısından oldukça elverişli olması bu alanların ekoloji açısından zengin bir ekosisteme sahip olmasını sağlamış ve aynı zamanda ekonomik, sosyal ve çevresel pek çok faaliyetin gerçekleştirilmesine olanak sağlamıştır. Deltaların fiziki şartlar açısından oldukça elverişli mekânlar olması delta kıyılarındaki yoğun kullanımı artırmış ve kısa sürede kalıcı değişimlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Harmancı, 2005).

Göksu deltası kıyıları Akdeniz kıyıları içerisinde ekolojik zenginliğin en yoğun gözlemlendiği alanlardan biridir (Efe ve Greenwood, 2007). Delta kıyıları, ulaşım, rekreasyon, tarım, balıkçılık ve yerleşme amacı ile yoğun olarak kullanılmaktadır. Göksu deltası kıyılarının son yıllarda yoğun olarak kullanılması ve delta kıyılarında etkili olan süreçlerin ekstrem koşullarda gerçekleşmesi kısa süreli kıyı çizgisi değişimlerinin meydana gelmesine neden olmuştur. Delta kıyılarında meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimleri deltanın morfolojik yapısının değişmesine neden olmakla birlikte delta ekosisteminde olumsuz koşulların ortaya çıkmasına da neden olmuştur.

Çalışmanın bu aşamasında, Göksu deltası kıyılarında meydana gelen uzun ve kısa dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin DSAS aracının farklı istatistiksel yöntemlerinden faydalanılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. DSAS aracı, kıyı çizgisinin pozisyonunda meydana gelen değişimlerin farklı istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesini sağlayan ve ArcGIS programının eklentisi olarak çalışan bir yazılımdır (Thieler vd., 2009). Bu nedenle, DSAS aracı Göksu deltasında meydana gelen zamansal ve geometrik kıyı çizgisi değişimlerinin incelenmesi

ve çalışma sahasının uzun ve kısa dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin detaylı olarak hesaplanmasında oldukça önemlidir.

2.2.Çalışmanın Yöntemi

Göksu deltası uzun ve kısa dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışma farklı aşamalarda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada öncelikle Göksu deltası kıyılarına ait orta ve yüksek çözünürlükte uydu görüntüleri temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan orta çözünürlüklü uydu görüntüleri Landsat görüntülerinden oluşurken; yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri Quickbird-2 ve Worldview-2 görüntülerinden oluşmuştur. Landsat uydu görüntüleri Göksu deltası kıyılarının kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesi amacı ile faydalanılmıştır. Quickbird-2 ve worldview-2 görüntüleri ise Göksu deltası uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesi ve orta çözünürlükte üretilen kıyı çizgisi haritalarının değişim sonuçlarına referans haritası oluşturmak amacı ile faydalanılmıştır. Göksu deltası kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesinde çalışma sahasına ait veri setleri zamansal ve mekânsal çözünürlüklerine göre sınıflandırılmış ve özelliklerine göre farklı yöntemlerle değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, Göksu deltası kıyılarında meydana gelen zamansal ve geometrik kıyı çizgisi değişimi uzun ve kısa dönemli olarak DSAS aracının farklı istatistiksel yöntemleri ile hesaplanmış ve değişim eğilimleri belirlenmiştir.

2.2.1. Uydu Görüntülerinin Temin Edilmesi

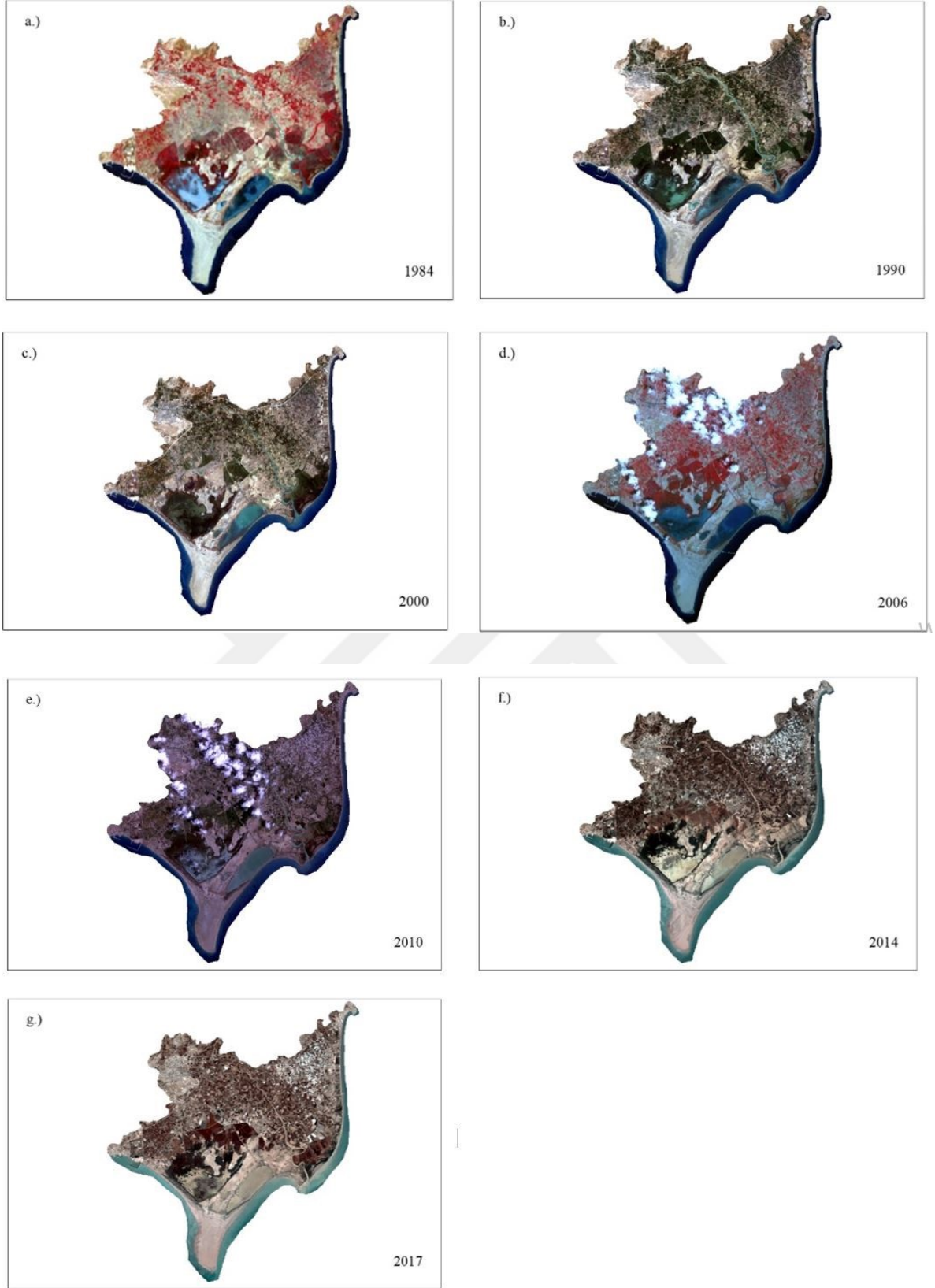
2.2.1.1.Landsat Uydu Görüntüleri

Göksu deltasında meydana gelen uzun ve kısa dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada çalışma sahasının farklı dönemlerine ait Landsat uydu görüntülerinden (TM, ETM, MSS ve OLI 8) faydalanılmıştır. Çalışma sahasına ait Landsat uydu görüntülerinin temin edilmesinde farklı tarihlere ait uydu görüntülerinin aynı dönemleri yansıtmaya ve görüntü kalitesinin iyi olmasına dikkat edilmiştir. Landsat uydu görüntüleri kolay erişilebilir, görüntülerin dijital, farklı kıyı çizgisi analizlerinin gerçekleştirilmesine

elverişli ve daha geniş alanlara uygulanabilir olması nedeniyle kıyı çizgisi değişimi çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan Landsat görüntüleri 02 Temmuz 1984, 04 Ağustos 1990, 10 Temmuz 2000, 03 Ağustos 2006, 10 Temmuz 2010, 05 Temmuz 2014, 11 Ağustos 2017 tarihlerine aittir (Şekil 4; Tablo 1).

Tablo 1: Çalışmada kullanılan Landsat görüntülerinin özellikleri

Numara	Uydu Görüntüleri	Yol/Sıra	Tarih	Çözünürlük (m)
1	Landsat MSS	176/35	02/07/1984	60x60
2	Landsat TM	176/35	04/08/1990	30x30
3	Landsat TM	176/35	30/07/2000	30x30
4	Landsat ETM	176/35	03/08/2006	30x30
5	Landsat TM	176/35	10/07/2010	30x30
6	Landsat OLI TIRS	176/35	05/07/2014	30x30
7	Landsat OLI TIRS	176/35	11/08/2017	30x30



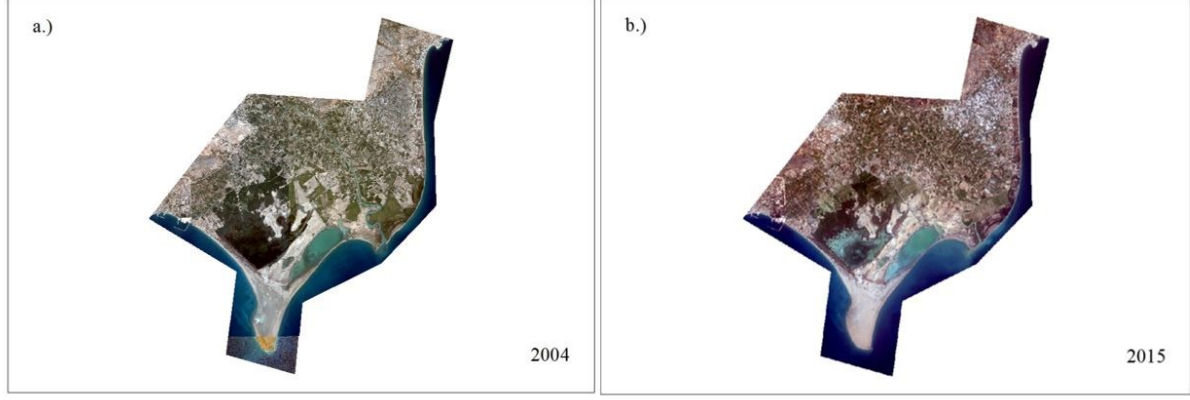
Şekil 4: Göksu deltası Landsat uydu görüntüleri

2.2.1.2.Quickbird-2 ve Worldview-2 Görüntüleri

Çalışmanın bu aşamasında Göksu deltasının farklı tarihlere ait kıyı çizgilerinin yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden üretilmesi ve kıyı çizgisi değişim değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, 04 Eylül 2004 tarihine ait Quickbird-2 ve 28 Haziran 2015 tarihlerine ait worldview-2 uydu görüntülerinden faydalanılmıştır (Şekil 5; Tablo 2). Çalışmada kullanılan yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri İstanbul NİK haritacılıktan Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenen **“Göksu Deltasında Kıyı Çizgisi Değişimlerinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Analizi”** başlıklı ve **15B0759002** kodlu proje kapsamında temin edilmiştir. Quickbird-2 görüntüsünün mekânsal çözünürlüğü 0,6 m iken; worldview-2 görüntüsünün mekânsal çözünürlüğü 0,5 m dir. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlüklerinin oldukça iyi olması kara ve su sınırının daha net ayrıt edilmesi çalışma sahasının kesin kıyı çizgilerinin belirlenmesini kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle, Göksu deltasına ait Quickbird-2 ve worldview-2 görüntülerinden elde edilen kıyı çizgisi haritaları kıyı çizgisinin değişim eğilimi hakkında daha detaylı bilgiler sunmasının yanı sıra; çalışmada kullanılan diğer veri setleri içinde önemli bir referans haritası oluşturmaktadır.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan Quickbird-2 ve Worldview-2 görüntülerinin özellikleri

Numara	Uydu Görüntüleri	Yol/Sıra	Tarih	Çözünürlük (cm)
1	Quickbird-2	176/35	24/07/2004	60
2	Worldview-2	176/35	28/06/2017	50



Şekil 5: Göksu deltası Quickbird-2 ve Worldview- 2 görüntüleri

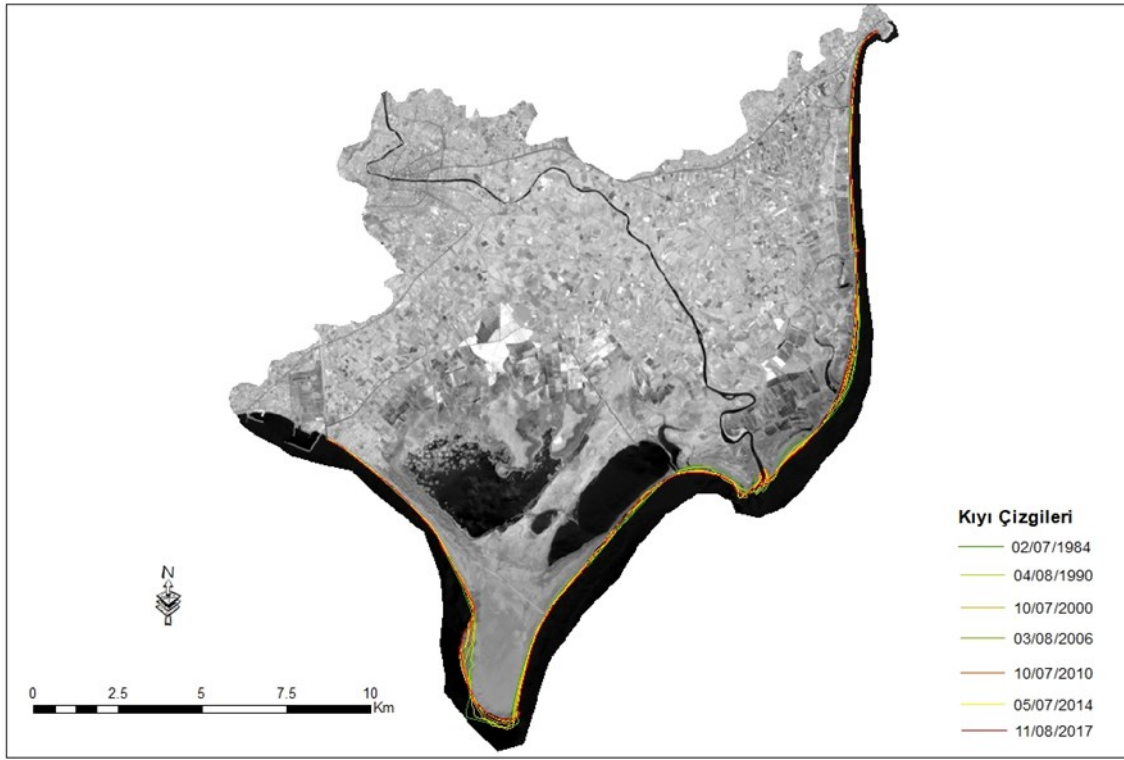
2.2.2. Kıyı Çizgisi Haritalarının Üretilmesi

2.2.2.1.Landsat Uydu Görüntülerinden Üretilen Kıyı Çizgisi Haritaları

Göksu deltası kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesinde farklı tarihlere ait Landsat uydu görüntülerinden faydalanılmıştır (Şekil 6). Landsat uydu görüntülerinden faydalanılarak kıyı çizgilerinin belirlenmesinde farklı yöntemlerden faydalanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları; Band orantılama (band ratio), köşe belirleme (edge detection), sayısallaştırma (digitization), sınıflandırma (classification), otomatik kıyı çizgisi çıkarma (automatic detection) yöntemleridir (Alesheikh vd., 2007; El-Asmar ve Hereher, 2011; Liu, 2004; El Banna ve Hereher, 2009; Kumar vd., 2010; Bagli ve Soille, 2003; Kılar ve Çiçek, 2018). Bu çalışmada, Göksu deltasının kıyı çizgisi haritalarının üretilmesinde “band orantılama” tekniğinden faydalanılmıştır. Band orantılama tekniği bandların özelliklerinden faydalanılarak kara ve su sınırının belirlenmesidir. Landsat görüntülerinde band 5, band 4 ve band 2 görüntüleri kara ve su sınırının belirlenmesinde diğer bandlara göre daha başarılı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, band orantılama tekniğinin band 5/band 2 veya band 4/ band 2 orantılanmasından faydalanılmakta ve birden büyük alanlar su; birden küçük alanlar için ise kara olarak sınıflandırılarak çalışma sahasının kıyı çizgisi haritaları üretilmektedir.

Formül:

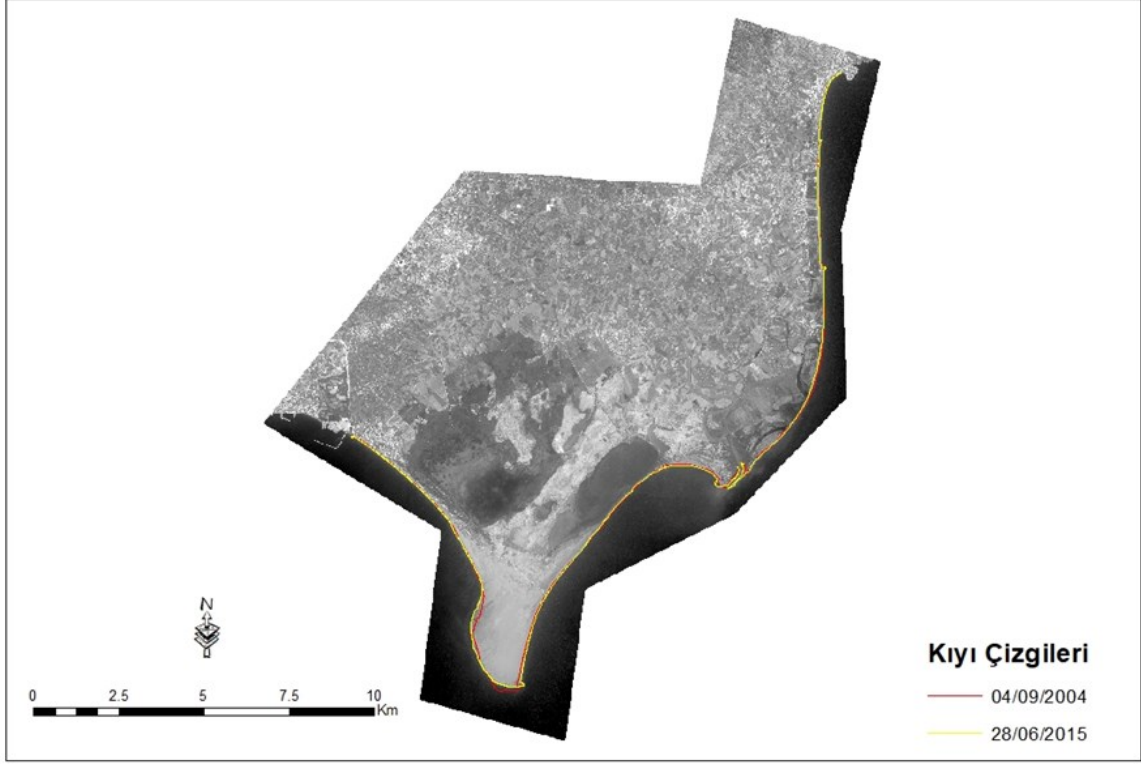
“Eğer $B5/B2 < 1$ ise, piksel değeri 255, değil ise 0”



Şekil 6: Göksu deltası kıyı çizgileri

2.2.2.2.Quickbird-2 ve Worldview-2 Görüntülerinden Üretilen Kıyı Çizgisi Haritaları

Quickbird-2 ve Worldview-2 görüntülerinden üretilen Göksu deltası kıyı çizgisi haritalarında “sayısallaştırma” yönteminden faydalanılmıştır (Şekil 7). Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden kıyı çizgisi haritalarının üretilmesinde ENVI, ERDAS, ArcGIS gibi farklı programlardan ve bu programların bünyesinde yer alan otomatik kıyı çizgisi çıkarma (automatic detection), yarı otomatik kıyı çizgisi çıkarma (semi-automatic detection) veya saysallaştırma (digitizing) gibi yöntemlerden faydalanılmaktadır (Ceylan, 2012; El- Asmar ve Hereher, 2011). Bu çalışmada, Göksu deltası kıyı çizgisi haritalarının üretilmesinde sayısallaştırma yönteminden faydalanılmıştır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlüklerinin oldukça iyi olması kara ve su sınırının net olarak tanımlanmasını kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle, Göksu deltasının yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgisi haritaları sayıllaştırma yöntemi ile üretilmiştir.



Şekil 7: Quickbird-2 ve Worldview-2 uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgileri

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgisi haritalarının konumlarının doğru bir şekilde belirlenebilmesi için öncelikle koordinat sistemlerinin CORE bağlantılı hassas GPS ile ölçülmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Göksu deltası yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri için 16 adet yer kontrol noktası belirlenmiş ve GEOMATİC firmasından kiralanan hassas GPS ile koordinat ölçümleri yapılmıştır (Şekil 8). Koordinat değerleri ölçülen yer kontrol noktalarının ölçüm değerleri Tablo 3’de belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda, koordinat değerleri belirlenen alanların ölçüm değerleri bilgisayar ortamında yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri üzerine işlenmiş ve uydu görüntülerinin gerçek koordinat değerlerine atanması yapılarak kıyı çizgisi haritalarının üretilmesine hazır hale getirilmiştir.



Şekil 8: Göksu deltası yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri için yer kontrol noktaları

Tablo 3: Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri için kordinat ölçümleri yapılan yer kontrol noktaları

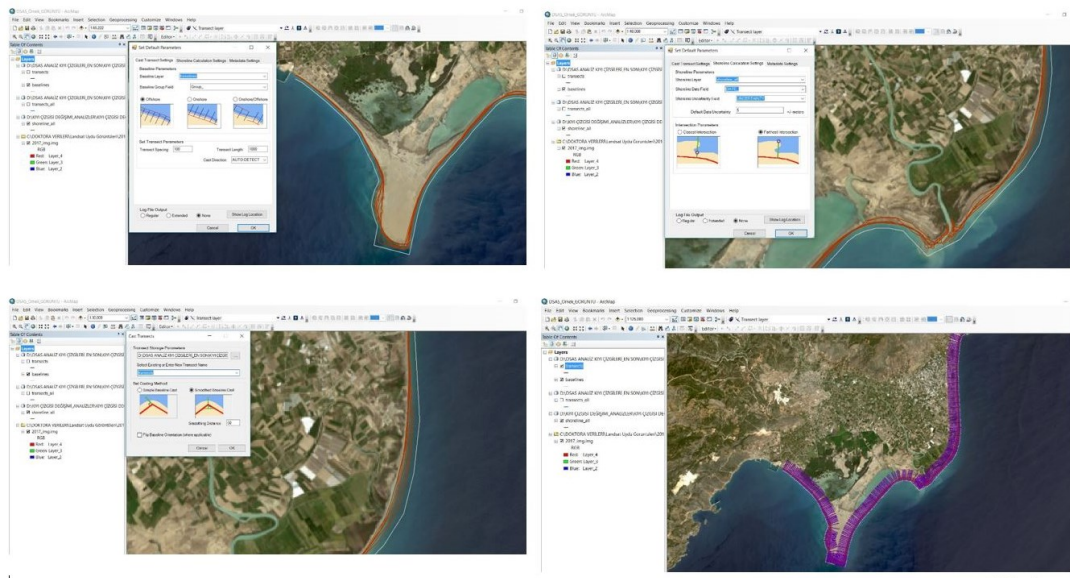
Yer Kontrol Noktaları	Enlem (K)	Boylam (D)
1	36°24'36.25584"	34°04'24.19919"
2	36°23'00.48980"	34°04'16.58804"
3	36°21'50.27606"	34°03'50.25753"
4	36°20'26.18230"	34°04'26.86693"
5	36°18'17.45159"	34°01'00.26182"
6	36°20'04.56034"	34°03'01.39852"
7	36°22'02.49032"	34°02'10.05135"
8	36°20'50.44410"	34°00'47.00687"
9	36°21'32.95936"	33°59'12.65817"
10	36°22'44.89225"	34°00'28.70850"
11	36°20'12.94102"	34°00'18.40541"
12	36°19'07.38428"	33°56'24.71140"
13	36°19'57.14962"	33°58'16.81092"
14	36°21'14.44752"	33°56'20.34314"
15	36°22'56.77962"	33°56'53.22876"
16	36°23'36.41916"	34°03'01.46234"

2.2.3. Kıyı Çizgisi Değişim Analizi

Göksu deltası zamansal ve geometrik kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada DSAS aracının farklı istatistiksel yöntemlerinden faydalanılmıştır. DSAS aracı, geçmiş yıllara ait kıyı çizgilerinin değişim oranını hesaplamak amacı ile geliştirilmiş ve ArcGIS programının eklentisi olarak çalışan bir yazılımdır (URL-2; Thieler vd., 2009). DSAS aracı bünyesinde yer alan farklı istatistiksel yöntemler kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin detaylı olarak hesaplanmasını sağlamaktadır. DSAS aracı bünyesinde yer alan istatistiklerden bazıları şunlardır: Kesin Kıyı Çizgisi Hareketi/Net Shoreline Movement (NSM), Son Nokta Oranı/End Point Rate (EPR), Doğrusal Regresyon Oranı/Linear Regression Rate (LRR), Ağırlıklı Doğrusal Regresyon/Weighted Linear Regression (WLR), Son Nokta Güven Oranı/Confidence of End Point Rate (ECI), Tahmini Hata Oranı/Standard Error of the Estimate (LSE and WSE), R-kare/R-squared (LR2 and WR2) (URL-1). Göksu deltasının kısa ve uzun dönem kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesinde NSM, EPR ve LRR istatistiklerin faydalanılmıştır. Çalışmada, NSM, EPR ve LRR istatistiklerinden faydalanılmasının nedeni yerel ve uluslararası literatürde bu yöntemlerin yaygın olarak kullanılması ve kıyı çizgisi değişimi ile ilgili genel bilgileri daha detaylı yansıtmaları etkili olmuştur (Thang vd., 2017; Alberti vd., 2013; Kuleli vd., 2011; Guneroglu, 2015).

NSM istatistiği en eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki mesafenin hesaplanması amacı ile kullanılmaktadır. Bu nedenle, NSM istatistiği oranı değil mesafeyi belirtmektedir. EPR istatistiği ise en eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki mesafenin zamana bölünerek hesaplanmasıdır. EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimindeki aşınma ve birikme oranlarını belirlenmektedir. LRR istatistiği ise profil hattı boyunca kesişen tüm kıyı çizgilerin zamana göre değişimini hesaplamaktadır. NSM ve EPR istatistikleri ile hesaplama yapılabilmesi için en az iki farklı tarihe ait kıyı çizgisine ihtiyaç duyulurken; LRR istatistiğinde ikiden fazla kıyı çizgisine ihtiyaç duyulmaktadır.

Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracında değerlendirilebilmesi için öncelikle veri setleri DSAS aracının veri tabanına uygun olarak hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan veri setlerinin analize uygun hale getirilmesinin ardından kıyı çizgilerine yaklaşık 100 m uzaklıkta referans çizgisi (baseline) katmanı üretilmiştir. Referans çizgilerinin üretilmesinde öncelikle deniz veya kara tafından mı üretilmesi gerektiğine karar verilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesinde deniz tarafından üretilen referans çizgisi kullanılmıştır. Çalışmanın bir diğer önemli aşaması ise referans hattı ve kıyı çizgileri boyunca üretilen profil hatlarının ne kadar mesafede ve ne kadar uzunlukta olacağına karar verilerek çalışma sahasının kıyı çizgisi değişiminin hesaplanmasıdır. Göksu deltasının kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi için 100 m aralıklarla 1000 m uzunluğun profil hatları üretilmiştir. Çalışmada, Taşucu ve Susanoğlu kıyıları arasındaki bölge için toplam 385 profil hattı üretilmiştir. Bunun yanı sıra, Landsat uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgileri için ± 5 m hata oranı belirlenirken; Quickbird-2 ve worldview-2 görüntülerinden üretilen kıyı çizgisi haritaları için ± 1 m hata oranı belirlenmiştir (Şekil 6). Çalışmanın sonucunda, DSAS aracına uygun olarak hazırlanan veri setleri belirlenen kriterler doğrultusunda kıyı çizgisi değişim analizlerine tabi tutulmuş ve çalışma sahasının kıyı çizgisi değişim eğilimleri belirlenmiştir.



Şekil 9: Göksu Deltası kıyı çizgisi değişiminin DSAS aracında hesaplanması

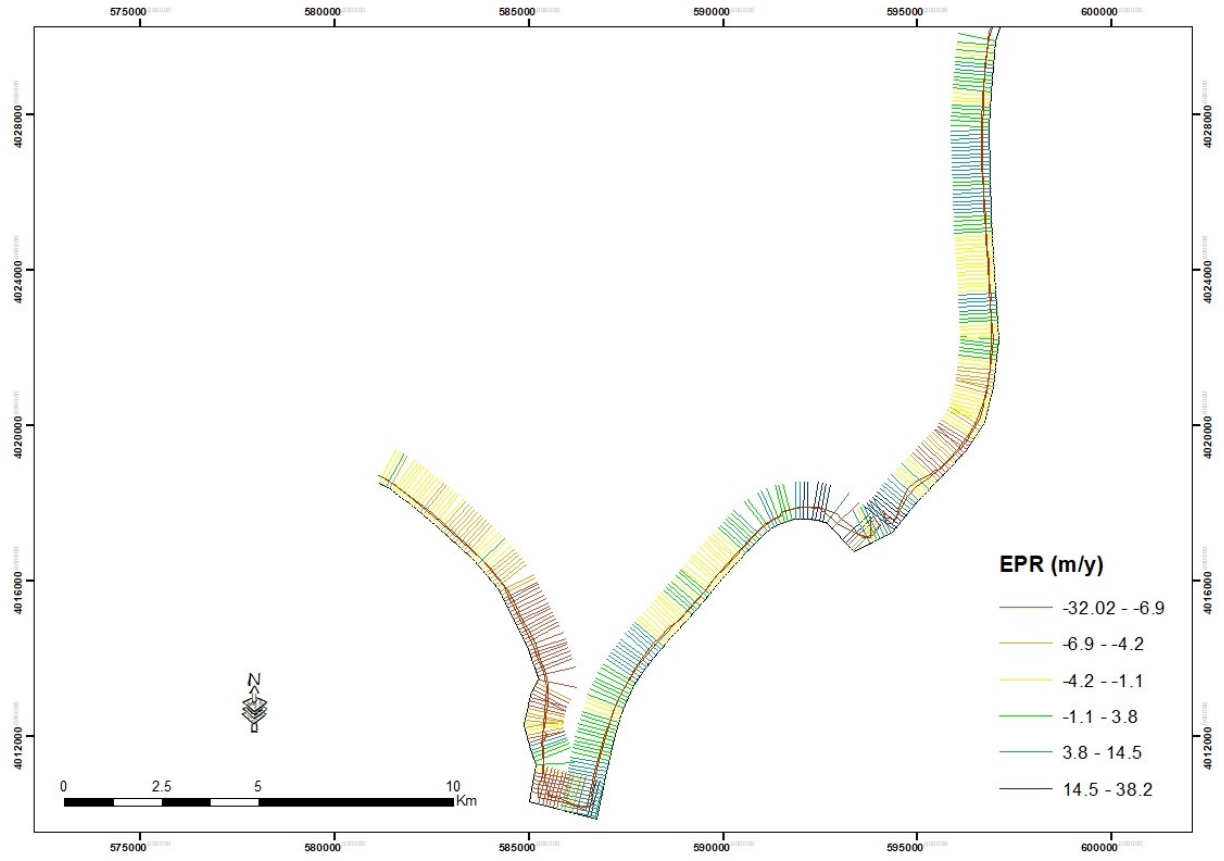
2.2.3.1. Göksu Deltası Landsat Uydu Görüntülerinden Üretilen Dönemsel Kıyı Çizgisi Değişim Değerleri

Göksu deltası kıyılarının kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesinde Landsat görüntülerinden üretilen farklı tarihlere ait kıyı çizgisi haritalarından faydalanılmıştır. Landsat uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgisi haritaları 1984, 1990, 2000, 2006, 2010, 2014 ve 2017 yıllarına aittir. Göksu deltasının kısa dönemli kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi için Landsat görüntülerinin kıyı çizgisi haritaları 1984-1990; 1990-2000; 2000-2006; 2006-2010; 2010-2014 ve 2014-2017 altı döneme ayrılmış ve her bir dönemin kıyı çizgisi değişim eğilimi DSAS aracının EPR istatistiği ile incelenmiştir.

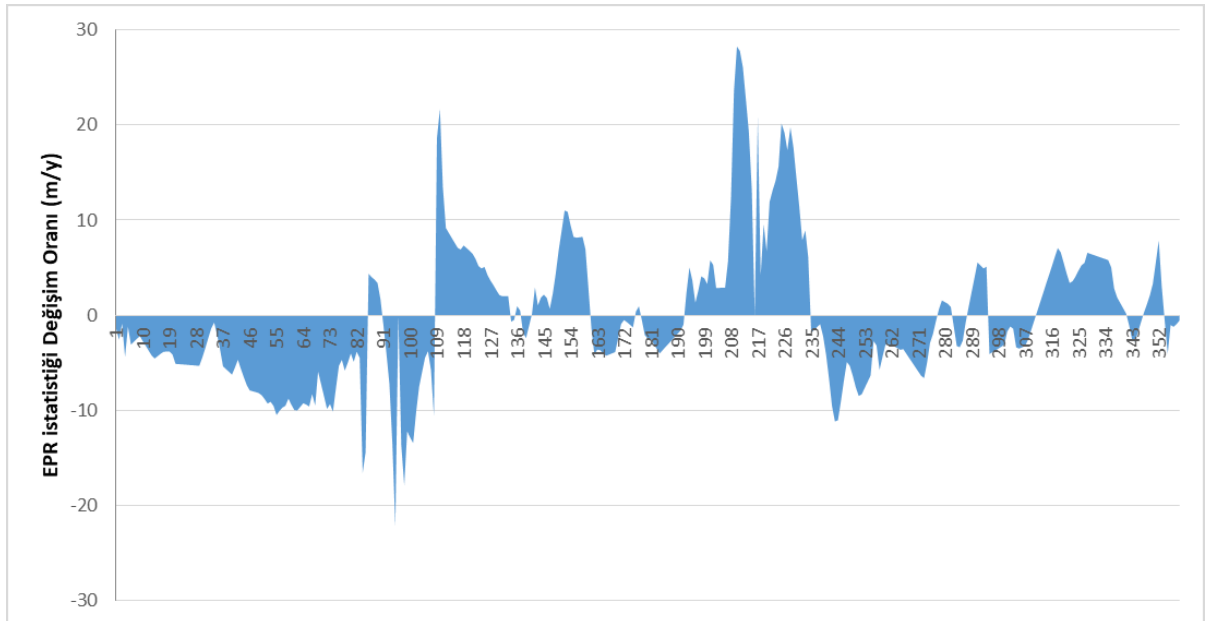
2.2.3.1.1. EPR İstatistiği

2.2.3.1.1.1. 1984-1990 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

Göksu deltasının 1984-1990 yılı kıyı çizgisi değişiminin EPR istatistiğine göre değerlendirilmesi sonucunda kıyı çizgisi aşınma oranının en yüksek -32 ve -6 m/y değerleri arasında olduğu ve bu alanların çoğunlukla İncekum Burnu'nun güneybatı ve batı kıyılarında yer aldığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, Göksu deltasında biriktirme oranı en fazla 14 ile 38 m/y değerleri arasında Akarsu ağzı ve çevresi ile İncekum Burnunun doğu kıyılarında gerçekleşmiştir (Şekil 10). Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR grafiğine göre değerlendirilmesi durumunda en yüksek aşınmanın 93-121 profil hatları arasındaki İncekum Burnun güneybatı kıyılarında ortalama -27 m/y değerinde gerçekleştiği, en yüksek birikme eğiliminin ise 211-230 ve 240-264 profil hattı boyunca akarsu ağzı ve çevresinde sırasıyla ortalama 26 m/y ve 16 m/y değerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 11).



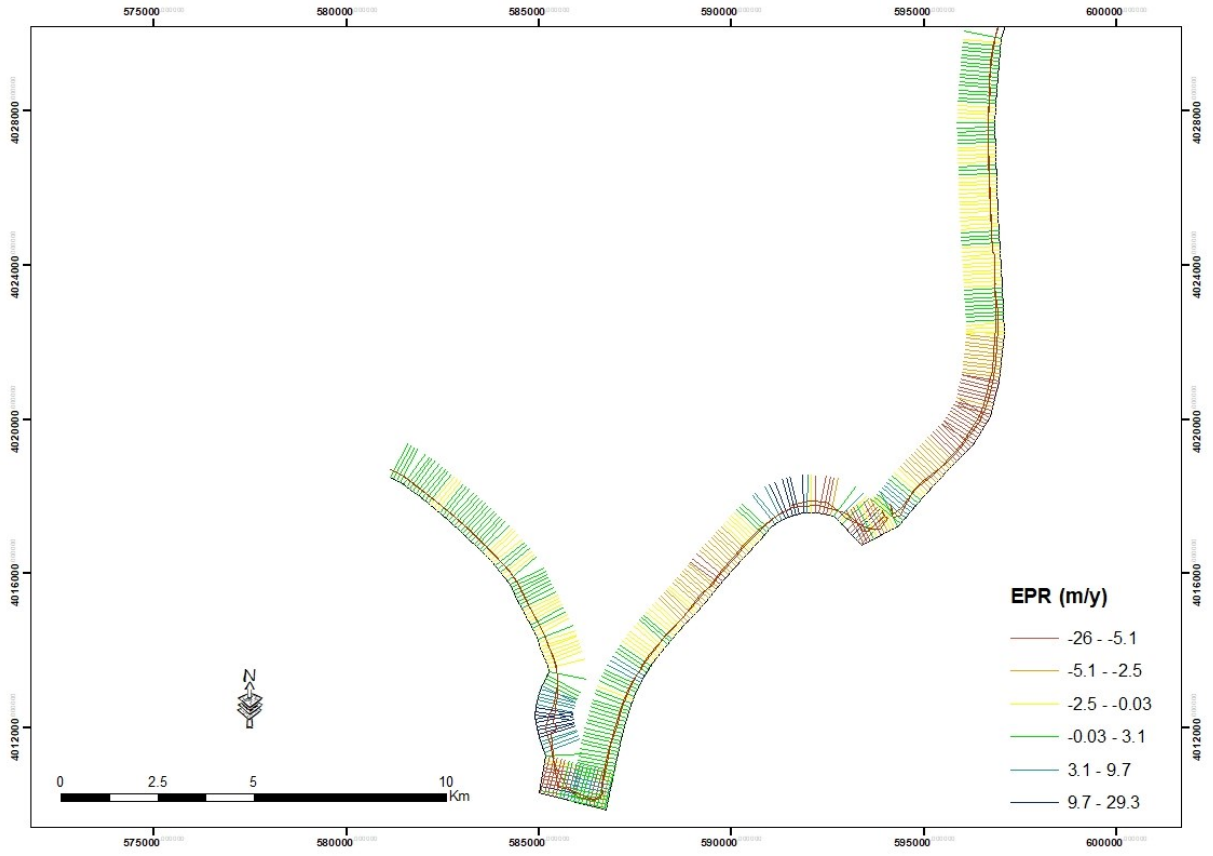
Şekil 10: 1984-1990 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi



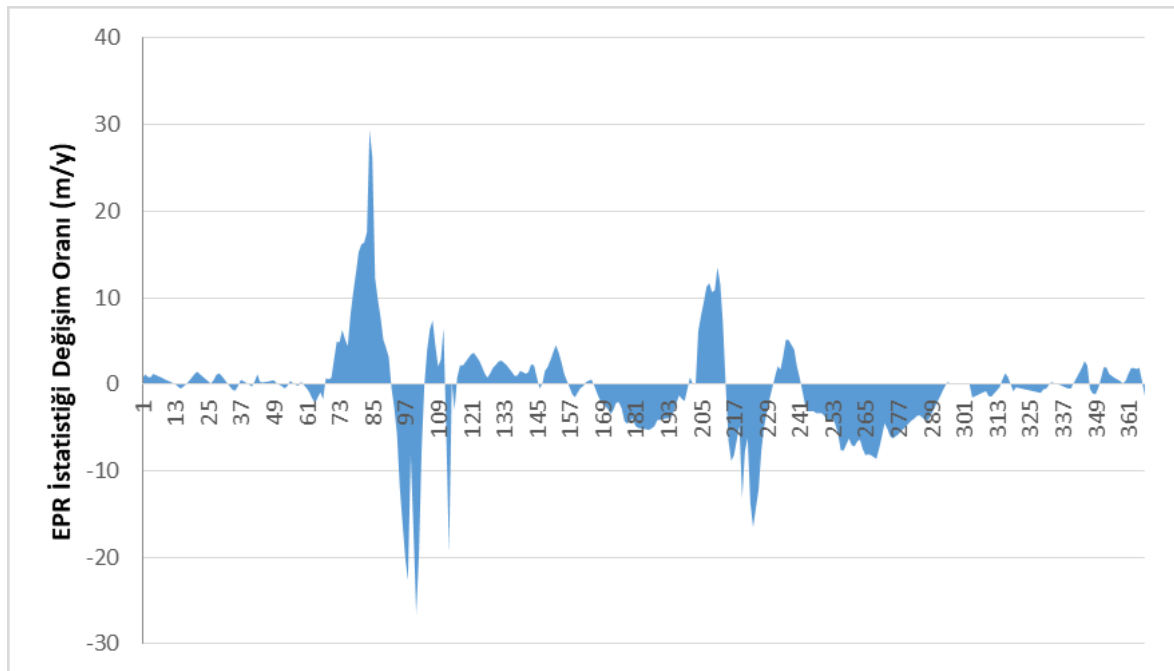
Şekil 11: 1984-1990 yılı EPR istatistiği grafiği

2.2.3.1.1.2.1990-2000 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

Göksu deltası 1990-2000 yılları arasındaki kıyı çizgisi değişiminin EPR istatistiğine göre değerlendirilmesi sonucunda aşınma oranının en fazla -26 ve - 5 m/y değerleri arasında İncekum burnun güneybatı kıyıları ile Altinkum mevkiinde gerçekleştiği; birikme oranının ise 9 ve 29 m/y değerleri arasında akarsu ağzı ve çevresi ile İncekum Burnu'nun batı kıyılarında gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 12). Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR grafiğine göre değerlendirilmesi sonucunda en yüksek aşınmanın 94-105 profil hatları arasındaki İncekum Burnu'nun güneybatı kıyılarında ortalama -15 m/y değerinde gerçekleştiği, en yüksek birikme eğiliminin ise 78-90 profil hatları boyunca İncekum burnunun batı kıyılarında ortalama 14 m/y değerlerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 13).



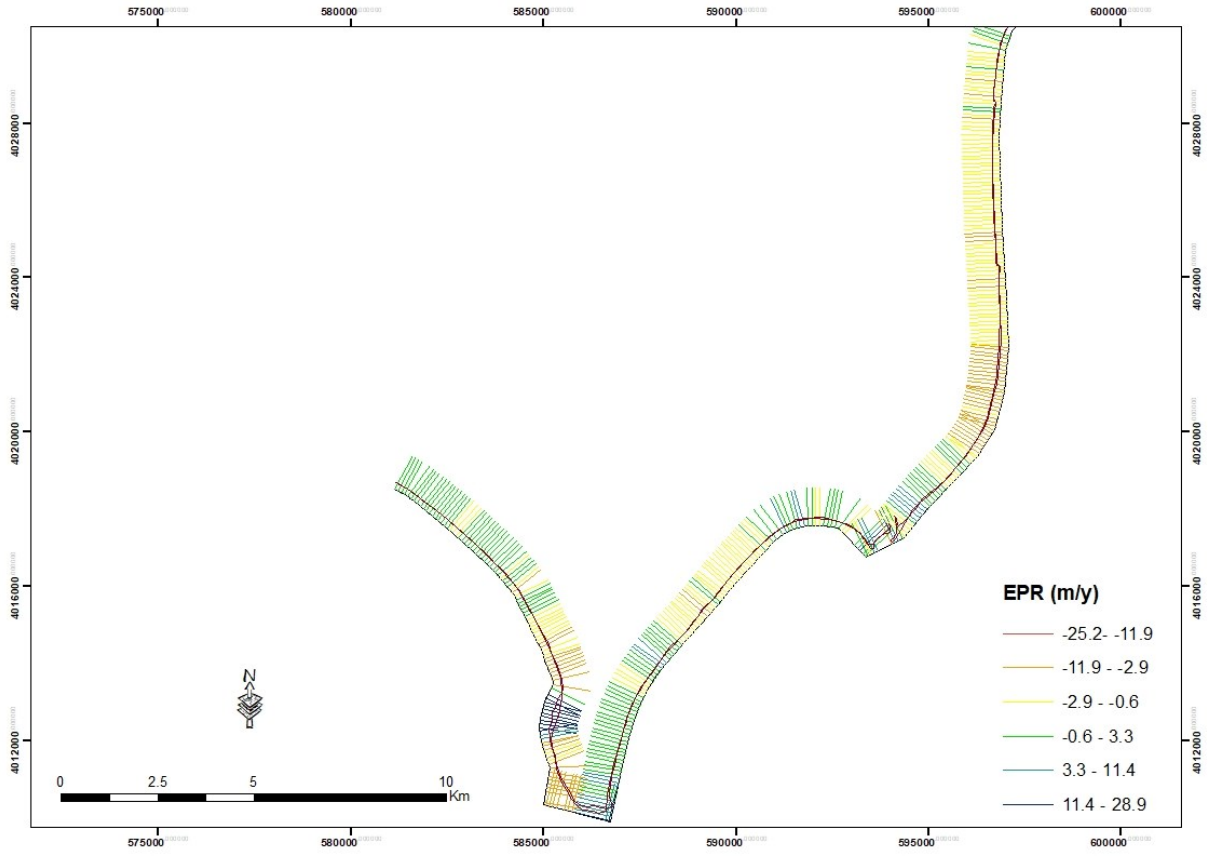
Şekil 12: 1990-2000 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi



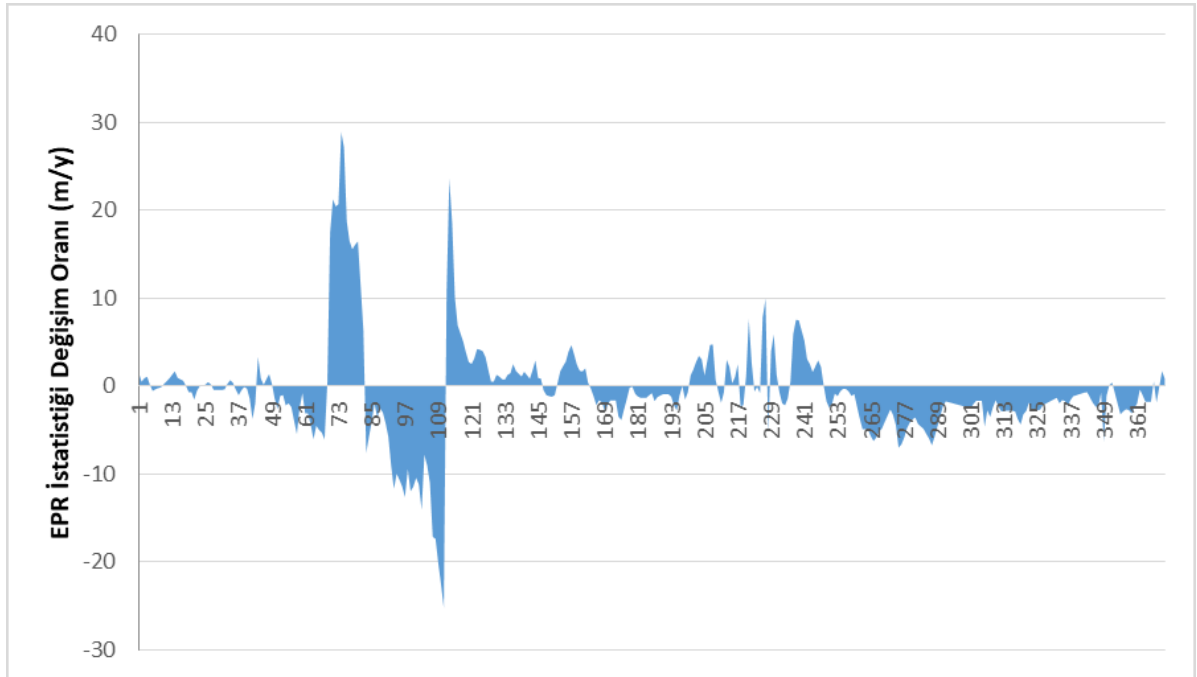
Şekil 13: 1990-2000 yılı EPR istatistiği grafiği

2.2.3.1.1.3.2000-2006 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

Göksu deltasının 2000-2006 yıllarına ait kıyı çizgisi değişiminin EPR istatistiğine göre değerlendirilmesi durumunda aşınma oranının en fazla -25 ve -11 m/y değerleri arasında İncekum Burnu güneybatı kıyıları ile Altinkum mevkiinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Çalışma sahasında, birikme oranı en fazla 11 ile 28 m/y değerleri arasında sırasıyla İncekum Burnu'nun batı kıyıları ile Akarsu ağzı ve çevresinde gözlemlenmiştir (Şekil 14). Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR grafiğine göre değerlendirilmesi durumunda en fazla aşınmanın 93-113 profil hatları arasında İncekum Burnu güneybatı kıyılarında ortalama -13 m/y değerinde gerçekleştiği, en yüksek birikme eğiliminin ise 71-82 ve 117-123 profil hattı boyunca İncekum Burnu'nun batı kıyıları ile akarsu ağzı ve çevresinde ortalama 19 m/y ve 11 m/y değerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 15).



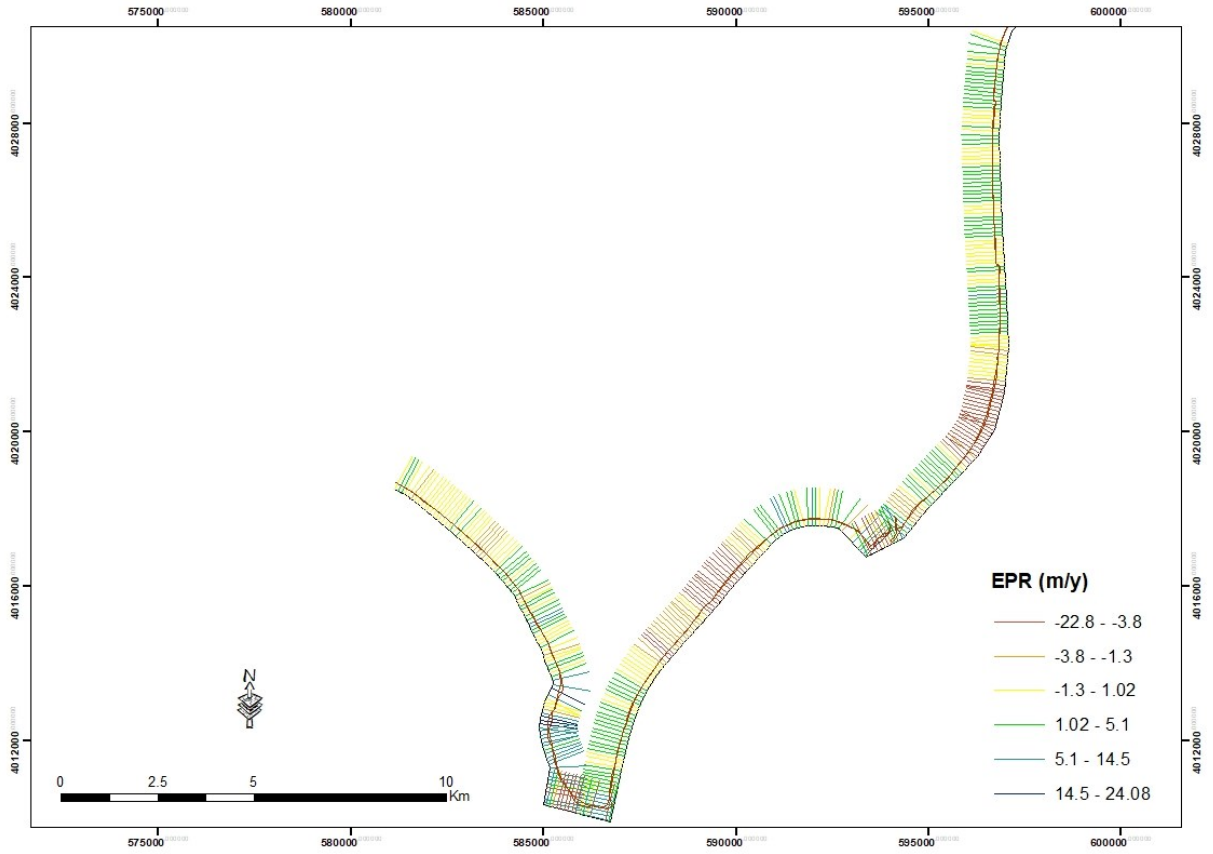
Şekil 14: 2000-2006 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi



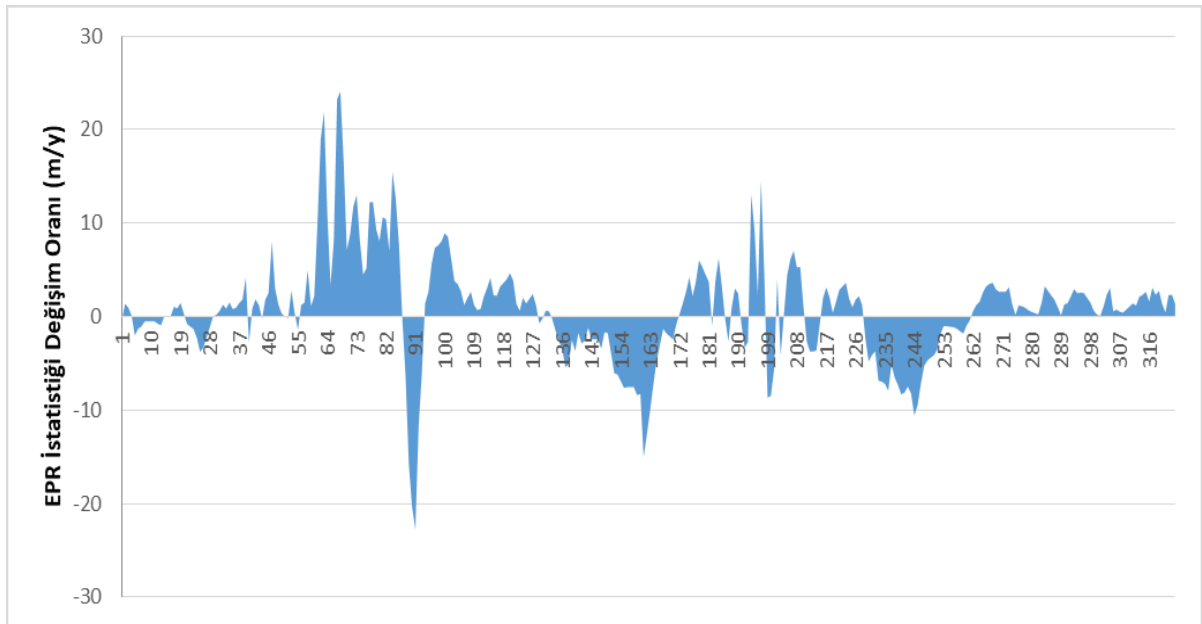
Şekil 15: 2000-2006 yılı EPR İstatistiği grafiği

2.2.3.1.1.4.2006-2010 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

Göksu deltası 2006-2010 yılı kıyı çizgisi değişiminin EPR istatistiğine göre değerlendirilmesi durumunda aşınma oranının en fazla -22 ve - 3 m/y değerleri arasında İncekum Burnu güneybatı kıyıları, Paradeniz lagünü kıyı kordonu ve Altinkum mevkiinde gerçekleştiği; birikmenin ise en fazla 14 ile 24 m/y değerleri arasında İncekum Burnu'nun batı kıyılarında gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 16). Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR grafiğine göre değerlendirilmesi durumunda en yüksek aşınmanın 88-93 profil hatları arasındaki İncekum Burnu'nun güneybatı kıyılarında ortalama -14 m/y değerinde gerçekleştiği, en yüksek birikmenin ise 61-86 profil hatları boyunca İncekum Burnu'nun batı kıyılarında ortalama 11 m/y değerlerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 17).



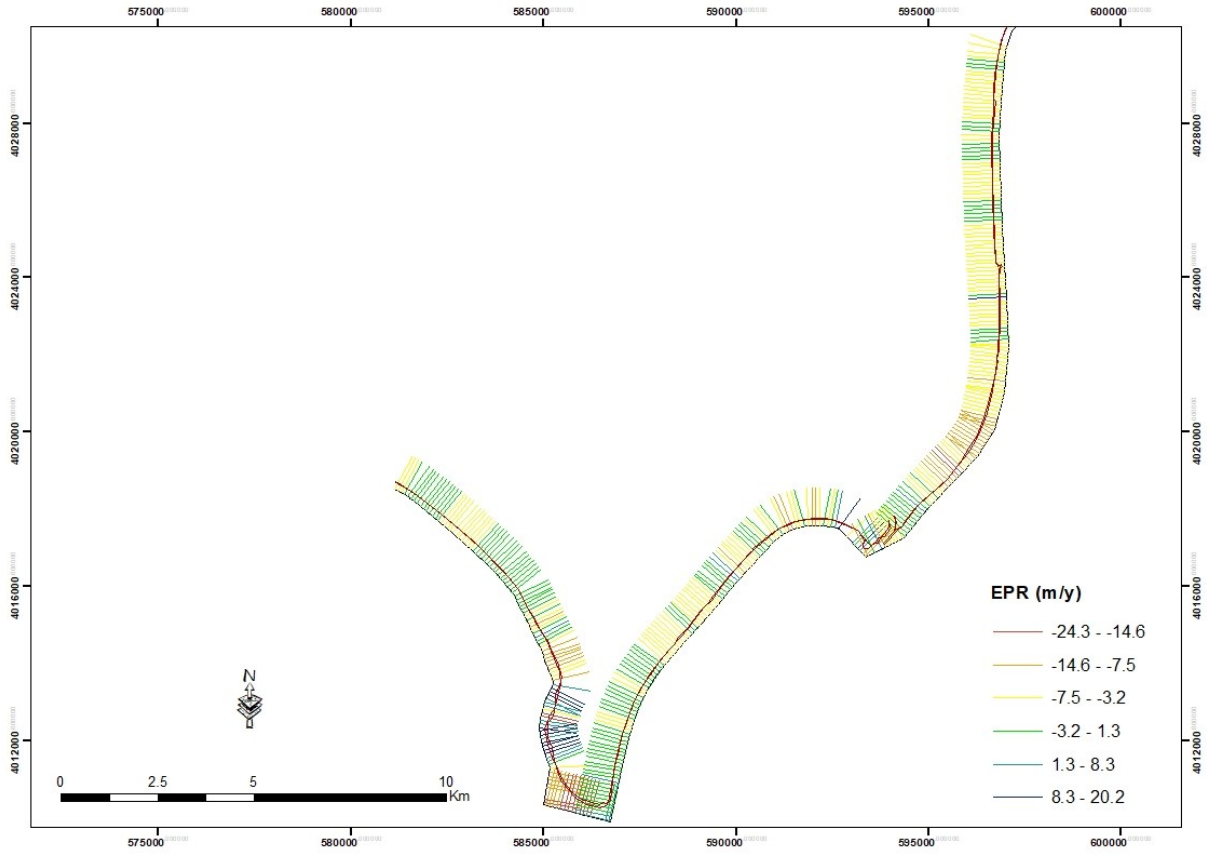
Şekil 16: 2006-2010 yılı EPR ıstatıstığı kıyı izęisi değişimi



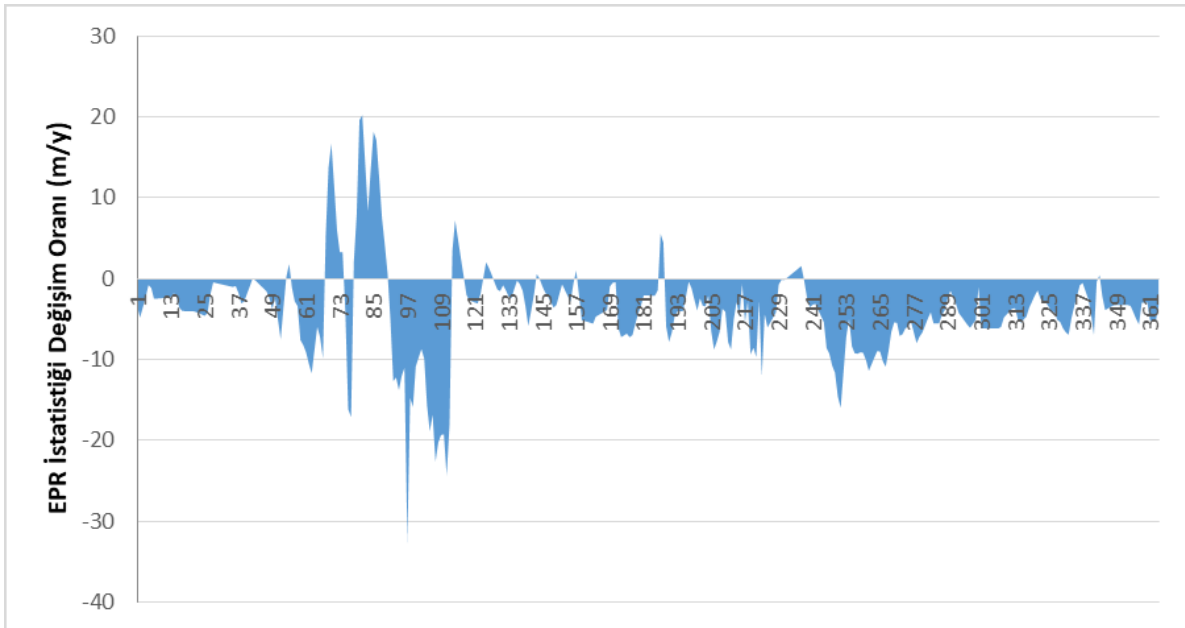
Şekil 17: 2006-2010 yılı EPR ıstatıstığı grafiği

2.2.3.1.1.5.2010-2014 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

Göksu deltası 2010-2014 yılı kıyı çizgisi değişiminin EPR istatistiğine göre değerlendirilmesi sonucunda aşınmanın en fazla -24 ile -14 m/y değerleri arasında Altinkum mevki ile İncekum Burnu'nun güneybatı kıyılarında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Aynı dönemlerde Göksu deltası kıyı çizgisi değişimde birikme oranı en fazla 8 ile 20 m/y değerleri arasında İncekum Burnu batı kıyılarında meydana gelmiştir (Şekil 18). Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR grafiğine göre değerlendirilmesi durumunda en yüksek aşınmanın 91-112 profil hatları arasındaki İncekum Burnu'nun güneybatı kıyılarında ortalama -15 m/y değerinde gerçekleştiği, en yüksek birikmenin ise 79-88 ve 68-72 profil hatları boyunca İncekum Burnu'nun batı kıyılarında ortalama 14 m/y ve 10 m/y değerlerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 19).



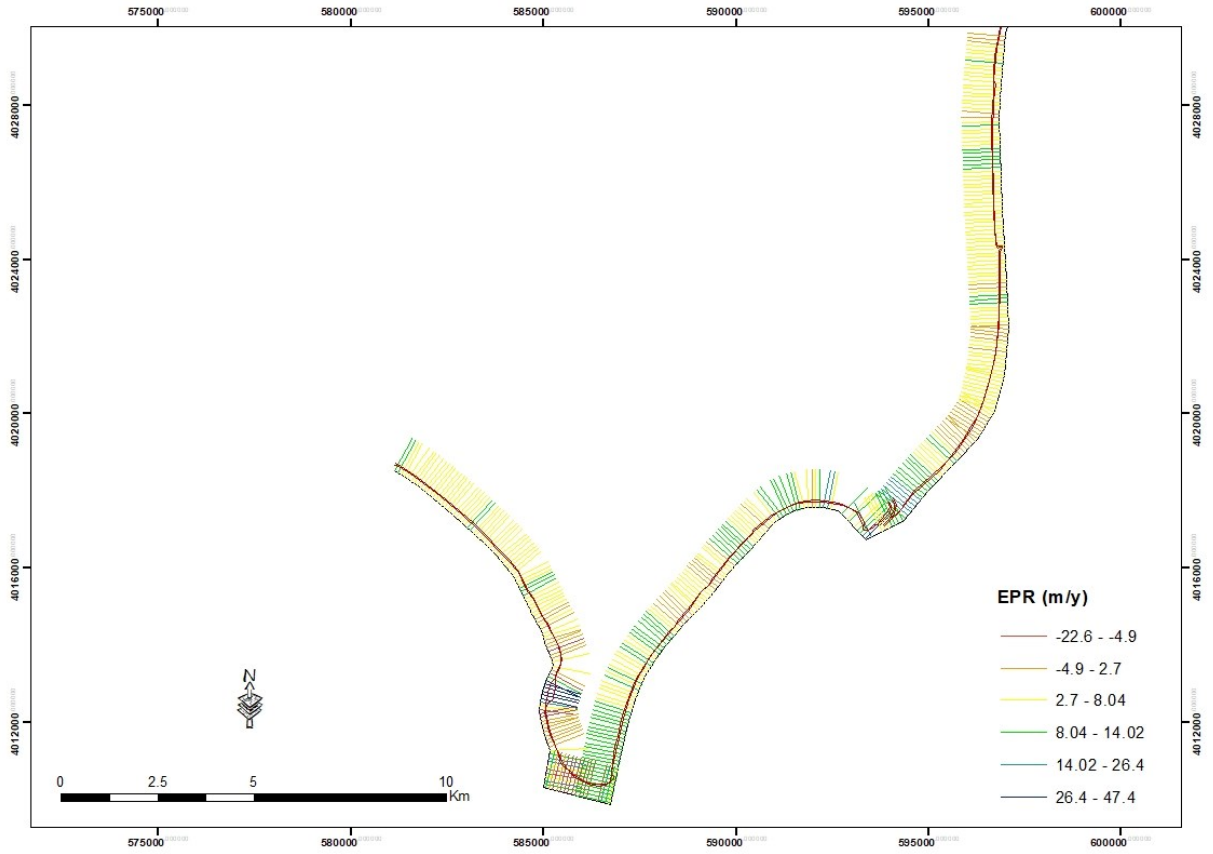
Şekil 18: 2010-2014 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi



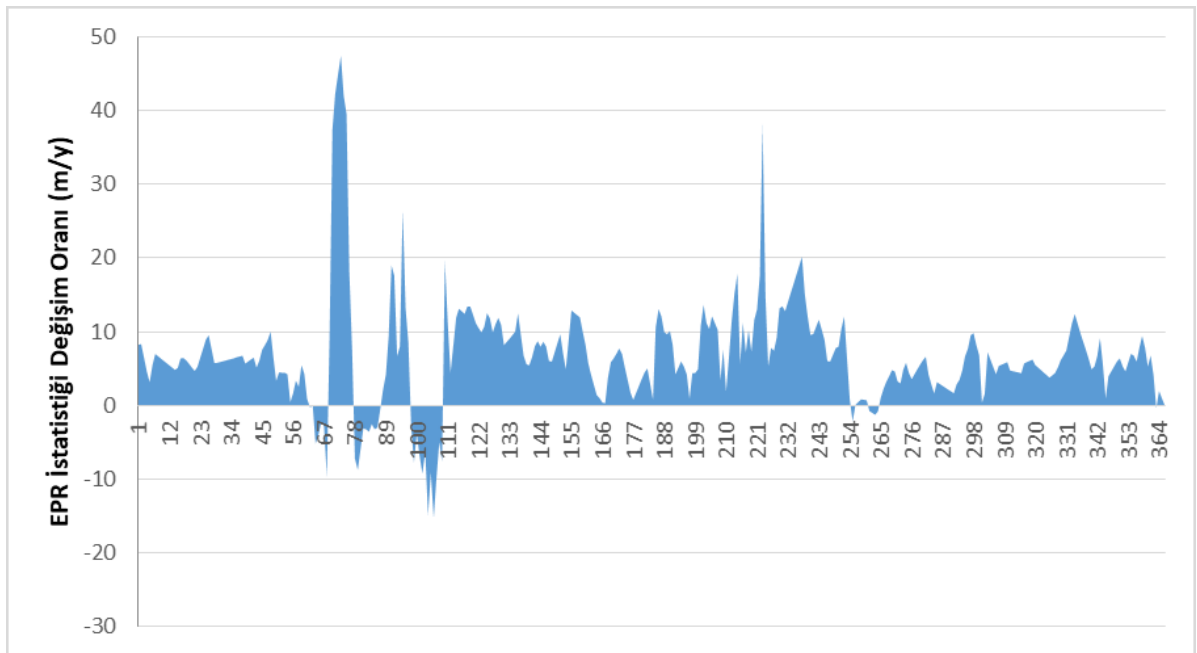
Şekil 19: 2010-2014 yılı EPR istatistiği grafiği

2.2.3.1.1.6.2014-2017 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

2014-2017 yılı Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR istatistiğine göre değerlendirilmesi durumunda aşınmanın en fazla -22 ile – 4 m/y değerleri arasında İncekum Burnu’nun güneybatı kıyıları ile Altinkum mevkiinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminde birikmenin en fazla 26 ile 47 m/y değerleri arasında Akarsu ağzı ve çevresi ile İncekum Burnu’nun batı kıyılarında sınırlı bir alanda gerçekleşmiştir (Şekil 20). Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR grafiğine göre değerlendirilmesi durumunda ise en yüksek aşınmanın 103-114 profil hatları arasında İncekum burnun güneybatı kıyılarında ortalama -9 m/y değerinde gerçekleştiği, en yüksek birikmenin ise 71-79 profil hatları arasında İncekum burnunun batı kıyılarında ortalama 32 m/y değerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 21).



Şekil 20: 2014-2017 yılı EPR İstatistiği kıyı çizgisi değişimi



Şekil 21: 2014-2017 yılı EPR İstatistiği grafiği

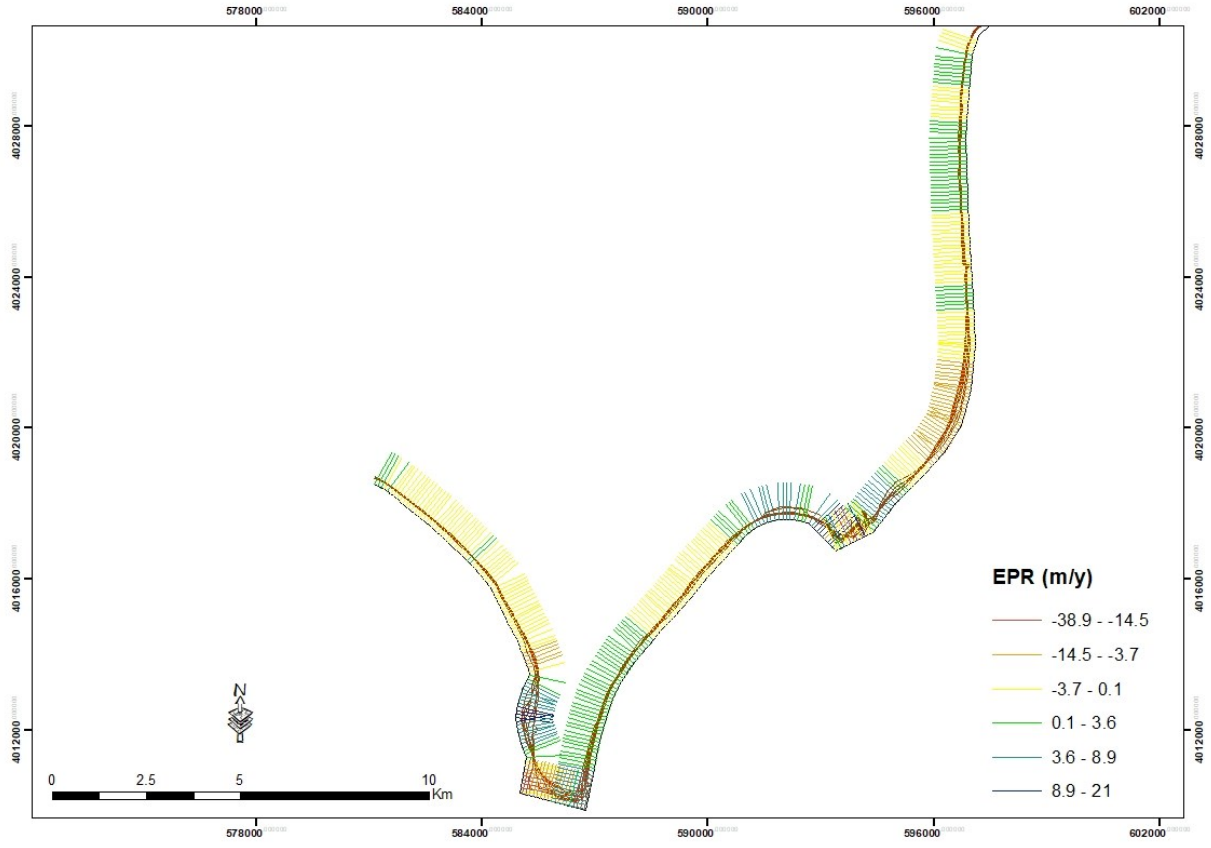
2.2.3.2. Göksu Deltası Landsat Uydu Görüntülerinden Üretilen Genel Kıyı Çizgisi Değişim Değerleri

Göksu deltası uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesi için 1984-2017 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Çalışma sahası kıyılarının 33 yıllık zaman diliminde meydana gelen kıyı çizgisi değişimleri DSAS aracının EPR, NSM ve LRR istatistiklerinden faydalanılarak hesaplanmıştır. EPR istatistiği, Göksu deltasının 1984 ve 2017 yılları arasındaki kıyı çizgisi değişim mesafesinin zamana bölünmesi ve çalışma sahasındaki aşınma ve birikme oranlarının hesaplanmasını sağlamaktadır. NSM istatistiği ise Göksu deltasının 1984-2017 yılları arasındaki kıyı çizgisi değişim mesafelerinin hesaplanması ve kıyı çizgilerindeki ilerleme ve gerileme değerlerinin belirlenmesini sağlamıştır. LRR istatistiğinde ise 1984-1990-2000-2006-2010-2014-2017 yılları arasındaki dönemsel kıyı çizgisi değişimleri hesaplanmış ve çalışma sahasının uzun dönemli kıyı çizgisi değişimi belirlenmiştir.

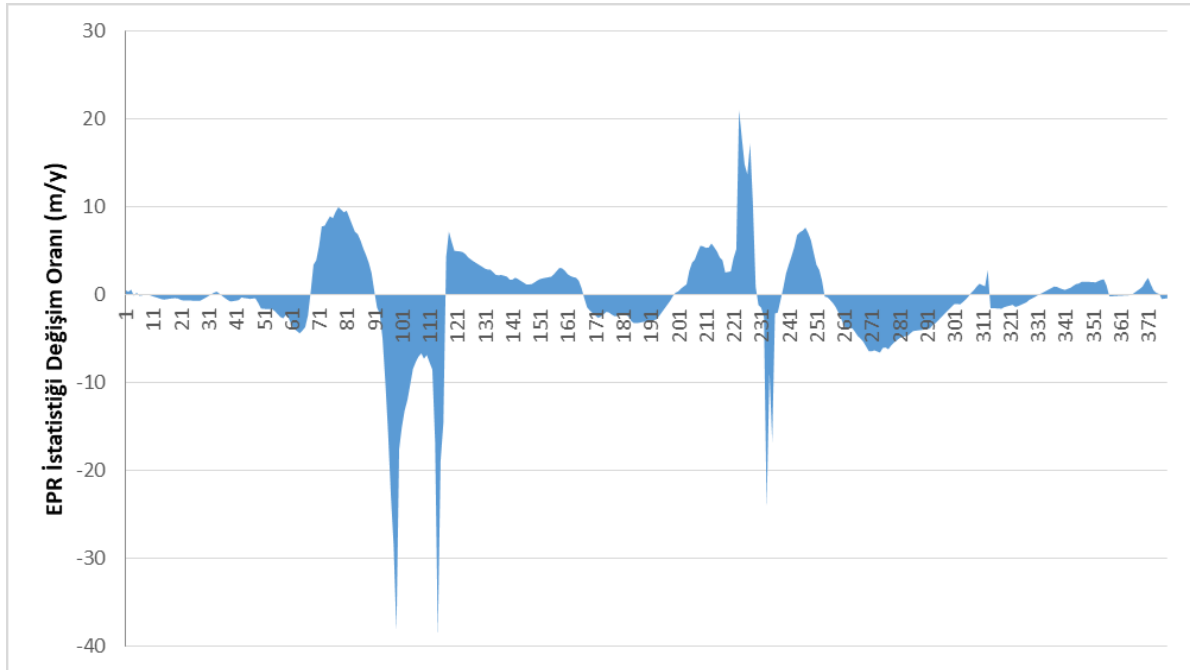
2.2.3.2.1. EPR İstatistiği

2.2.3.2.1.1. 1984-2017 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

Göksu deltası 1984-2017 yılları arasında meydana gelen kıyı çizgisi değişiminin EPR istatistiğine göre değerlendirilmesi sonucunda aşınmanın en fazla -38 ile -14 m/y değerleri arasında İncekum Burnu güneybatı kıyıları ile Altinkum mevki kıyılarında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Çalışma sahasında, 33 yıllık zaman diliminde birikme oranı en fazla 8 ile 21 m/y değerleri arasında akarsu ağzı ve çevresi ile İncekum Burnu'nun batı kıyılarında gerçekleşmiştir (Şekil 22). Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR grafiğine göre değerlendirilmesi durumunda en yüksek aşınmanın 95 ve 118 profil hatları arasında İncekum Burnu'nun güneybatı kıyılarında ortalama -13 m/y değerinde gerçekleşmiş, en yüksek birikmenin ise 211 ve 228 profil hatları boyunca akarsu ağzı ve çevresinde ortalama 7 m/y değerinde gerçekleşmiştir (Şekil 23).



Şekil 22: 1984-2017 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi

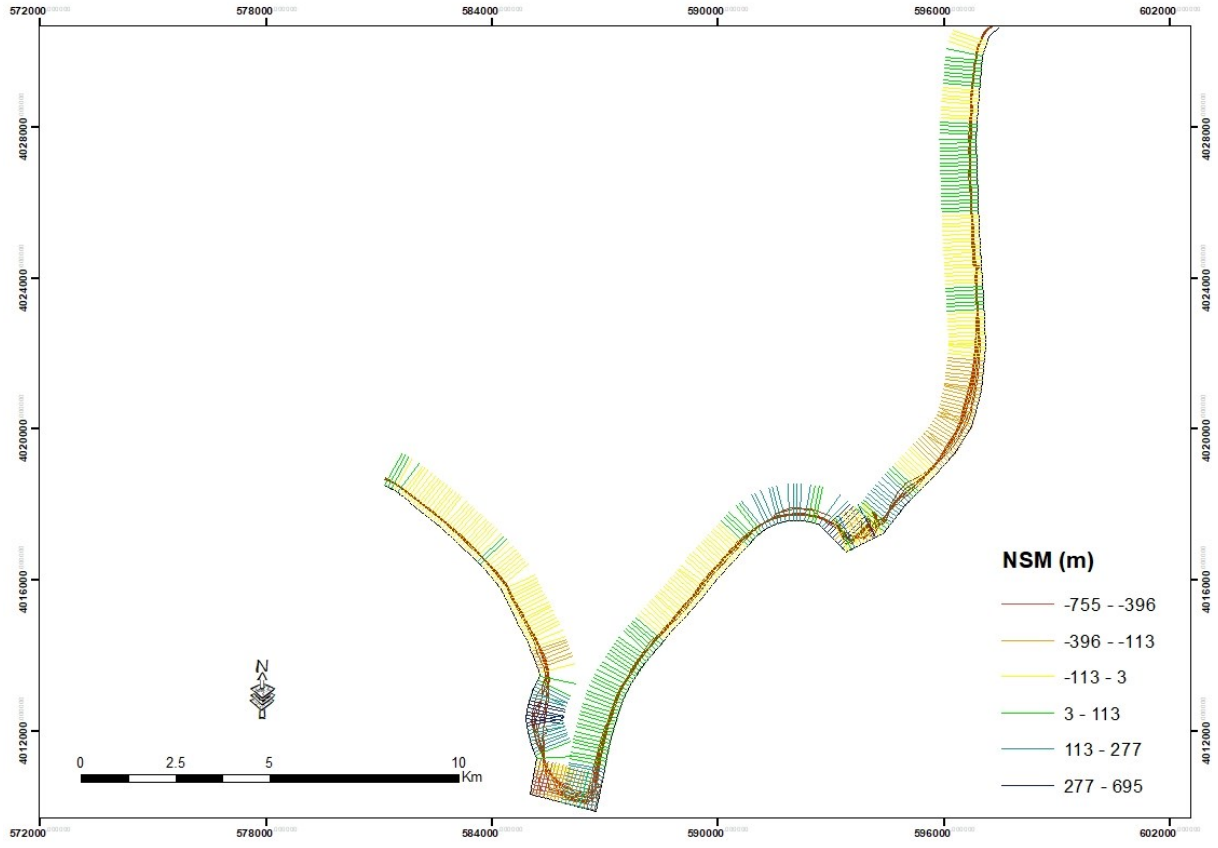


Şekil 23: 1984-2017 yılı EPR istatistiği grafiği

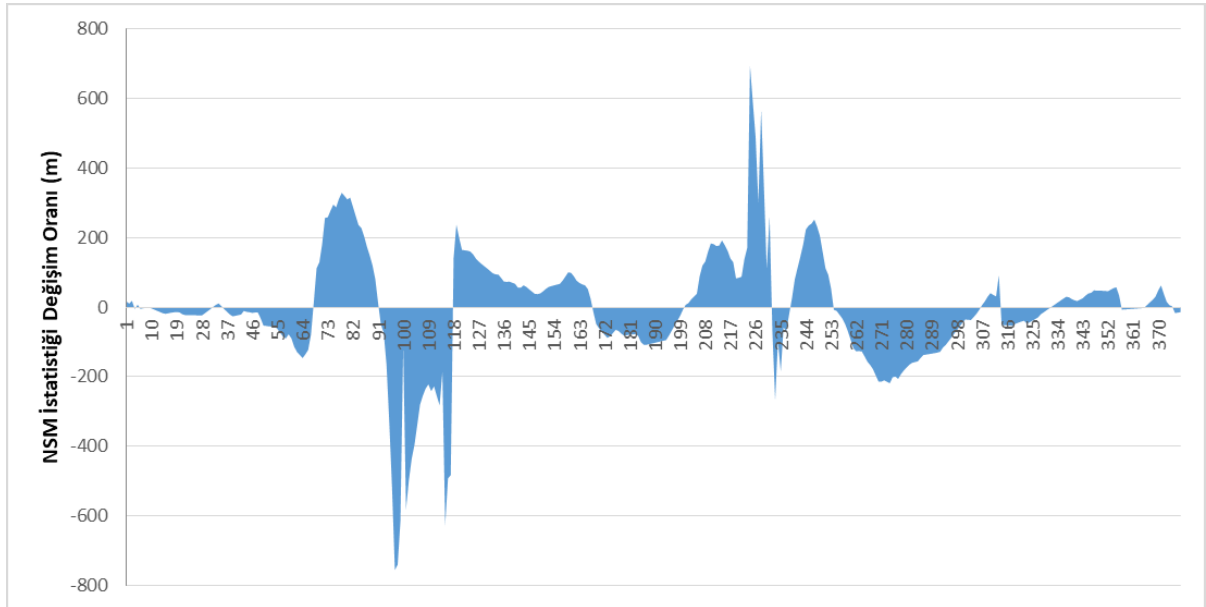
2.2.3.2.2. NSM İstatistiği

2.2.3.2.2.1.1984-2017 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

1984-2017 yılları arasındaki Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin NSM istatistiğine göre değerlendirilmesi durumunda kıyı çizgisi gerilemesinin en fazla -755 ve -396 m değerleri arasında Altınkum mevki ve İncekum Burnu'nun güneybatı kıyılarında gerçekteştiği; kıyı çizgisi ilerlemesinin ise en fazla 277 ve 695 m değerleri arasında İncekum Burnu'nun batı kıyıları ile akarsu ağzı ve çevresinde meydana gelmiştir (şekil 24). Göksu deltası kıyı çizgisi değişimi NSM grafiğine göre değerlendirilmesi durumunda en yüksek kıyı çizgisi ilerlemesinin 69-89 profil hatları boyunca İncekum Burnu'nun batı kıyılarında meydana geldiği ve ortalama 240 m olduğu; en yüksek kıyı çizgisi gerilemesinin ise 94 ve 118 profil hatları boyunca İncekum Burnu güneybatı kıyılarında meydana geldiği ve ortalama -386 m olduğu tespit edilmiştir (şekil 25).



Şekil 24: 1984-2017 yılı NSM istatistiği kıyı çizgisi değişimi

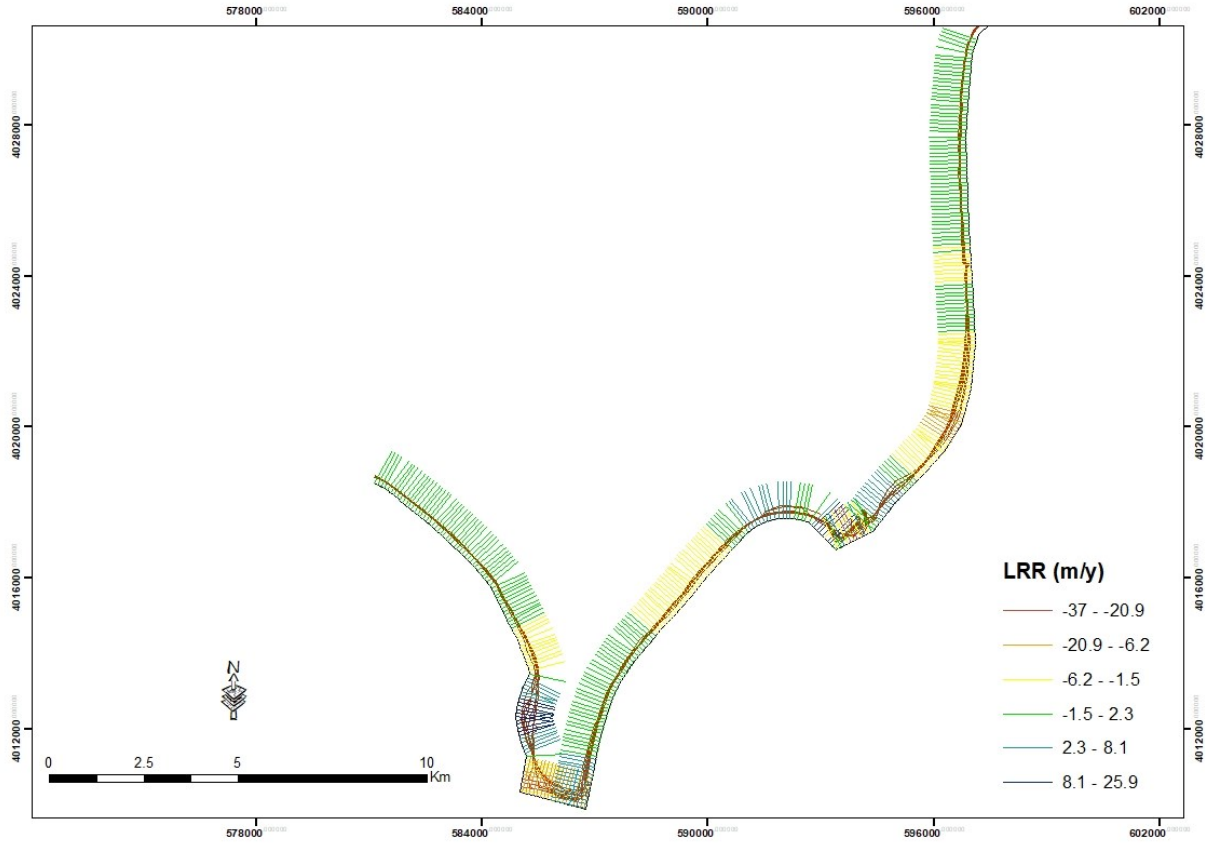


Şekil 25: 1984-2017 yılı NSM istatistiği grafiği

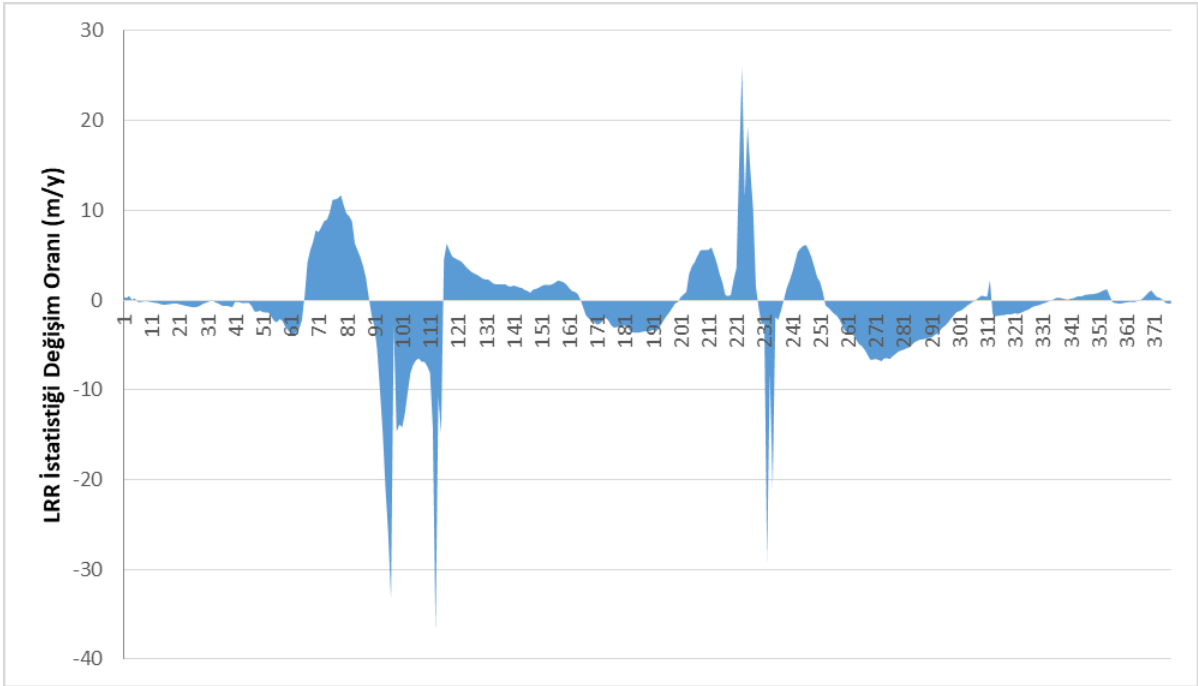
2.2.3.2.3. LRR İstatistiği

2.2.3.2.3.1.1984-2017 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin LRR istatistiğine göre değerlendirilmesi durumunda aşınmanın en fazla -37 ile -20 m/y değerleri arasında Altinkum mevkii ve İncekum Burnu'nun güneybatı kıyılarında gerçekteşirken; birikmenin en fazla 8 ile 25 m/y değerleri arasında İncekum Burnu'nun batı kıyıları ile akarsu ağızı çevresinde gerçekteşmiştir (şekil 26). Göksu deltası kıyı çizgisi değişimi LRR grafiğinin değerlendirilmesi durumunda en yüksek birikmenin 69-88 profil hatları arasında İncekum Burnu'nun batı kıyılarında ortalama 8 m/y, ikinci yüksek birikmenin 207-228 profil hatları arasındaki akarsu ağızı ve çevresinde ortalama 6 m/y olarak gerçekteştiği, en yüksek aşınmanın ise 94-118 profil hatları arasındaki İncekum burnun güneybatı kıyılarında ortalama -12 m/y değerinde gerçekteştiği tespit edilmiştir (şekil 27).



Şekil 26: Göksu deltası tüm yıllar (1984, 1990, 2000, 2006, 2010, 2014, 2017) LRR istatistiği kıyı çizgisi değişimi



Şekil 27: Göksu Deltası tüm yıllar (1984, 1990, 2000, 2006, 2010, 2014, 2017) LRR istatistiği grafiği

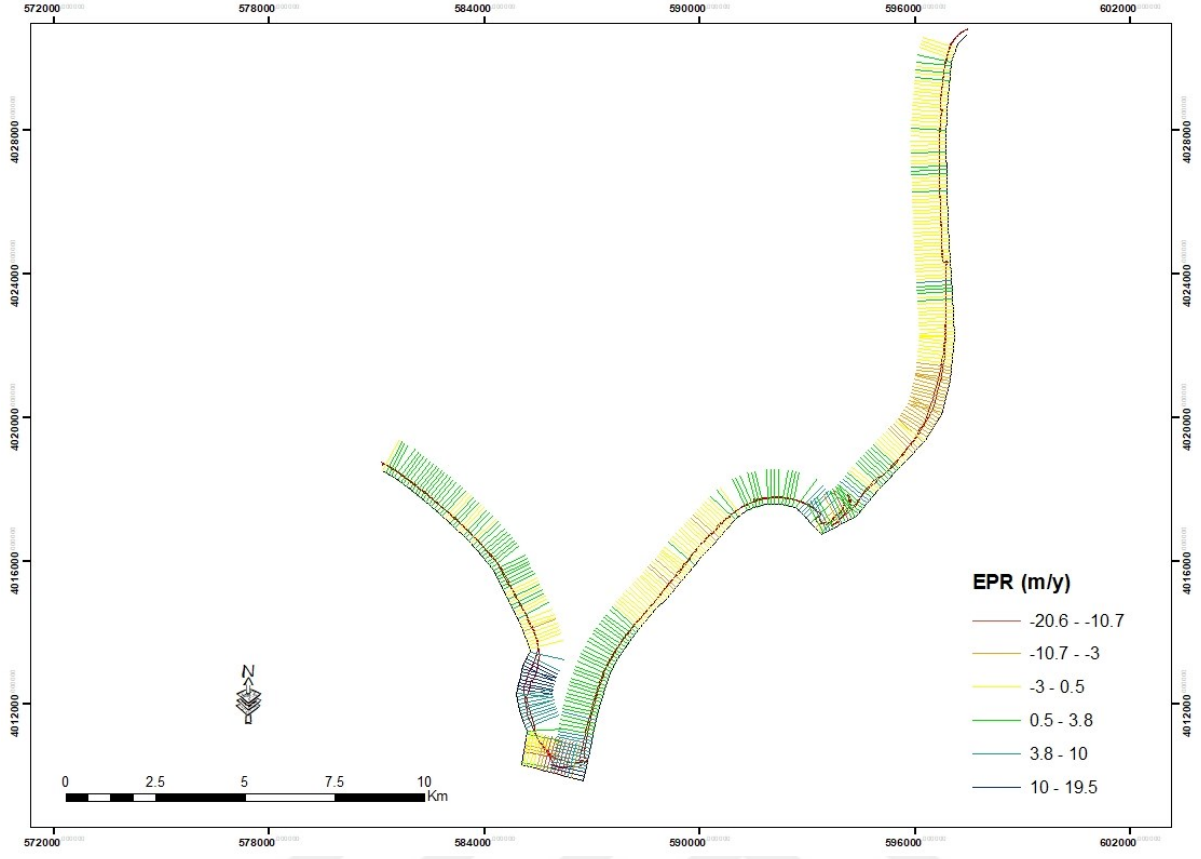
2.2.3.3.Göksu Deltası Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Üretilen Genel Kıyı Çizgisi Değişim Değerleri

Göksu deltası uzun dönemli kıyı çizgisi değişiminin detaylı olarak belirlenmesi ve Landsat uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgisi haritalarına referans oluşturması bakımından yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgisi haritaları DSAS aracının EPR ve NSM istatistiklerinden faydalanılarak değerlendirilmiş ve çalışma sahasının kıyı çizgisi değişim değerleri hesaplanmıştır. EPR istatistiği, Göksu deltasının 2004-2017 yılları kıyı çizgisi mesfesinde meydana gelen kıyı çizgisi mesafe değişiminin 15 yıllık zaman dilimine bölünmesi ve çalışma sahası kıyılarındaki aşınma ve birikme oranın hesaplanmasını sağlamıştır. NSM istatistiği ise Göksu deltası kıyı çizgisinin 15 yıllık zaman dilimindeki ilerleme ve gerileme mesafelerinin hesaplanmasını sağlamıştır.

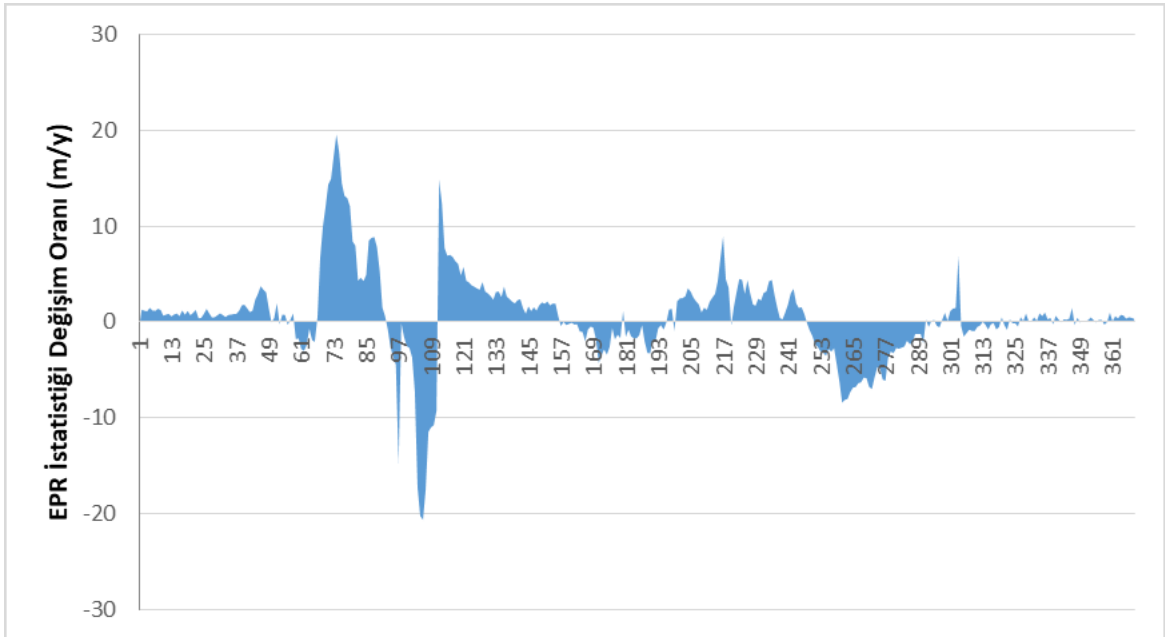
2.2.3.3.1. EPR İstatistiği

2.2.3.3.1.1.2004-2015 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

Göksu Deltası 2004-2015 yıllarına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgisi haritalarının EPR istatistiğine göre değerlendirilmesi sonucunda aşınmanın en fazla -20 ile -10 m/y değerleri arasında Altinkum mevki, Paradeniz Lagünü kıyı kordonu ve İncekum Burnu güneybatı kıyılarında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Çalışma sahasında, birikme en fazla 10 ile 19 m/y değerleri arasında İncekum Burnu'nun batı kıyılarında gerçekleşmiştir (Şekil 28). Göksu deltası kıyı çizgisi değişimi EPR grafiğinin değerlendirilmesi durumunda ise en yüksek aşınmanın 103 ve 111 profil hatları arasında İncekum Burnu'nun güneybatı kıyılarında ortalama -13 m/y olarak gerçekleştiği, en yüksek birikmenin ise 70 ve 81 profil hatları boyunca İncekum Burnu'nun batı kıyılarında ortalama 14 m/y olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 29).



Şekil 28: 2004-2015 yılı EPR istatistiği kıyı çizgisi değişimi

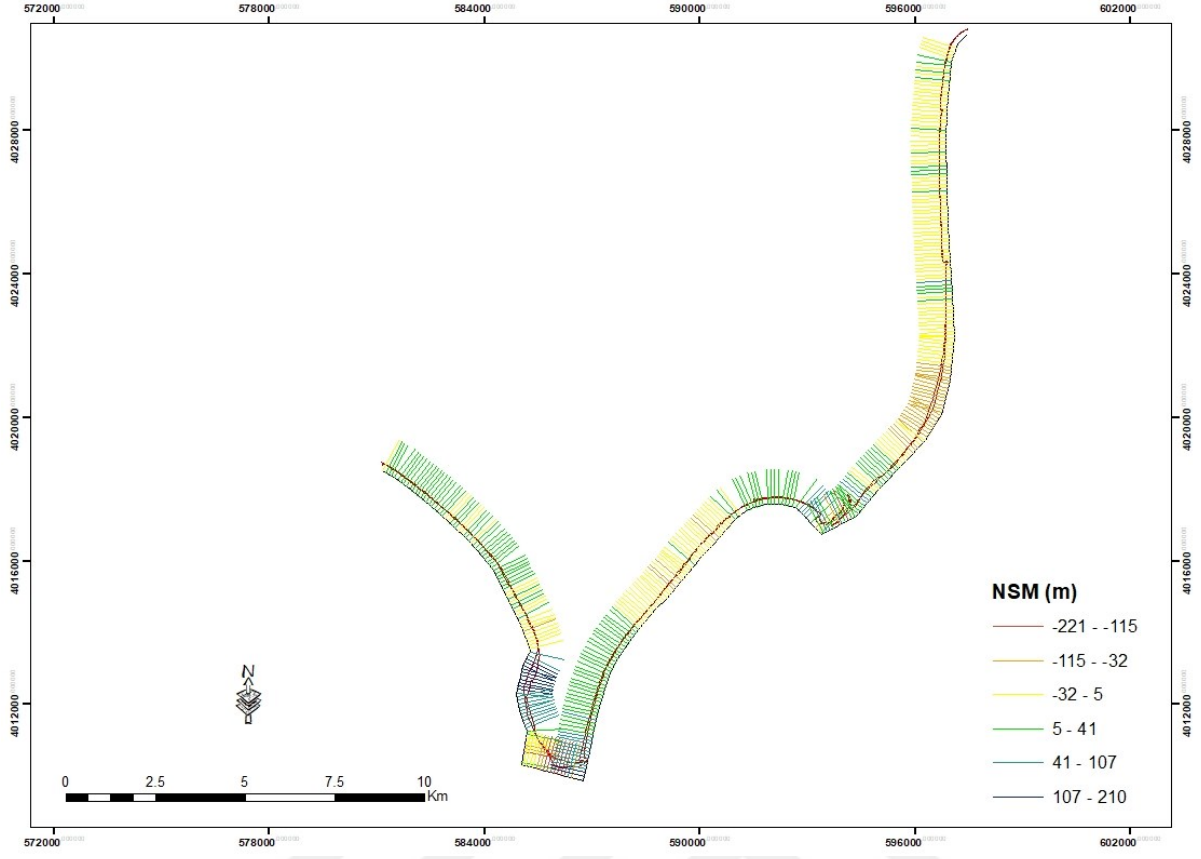


Şekil 29: 2005-2015 yılı EPR İstatistiği grafiği

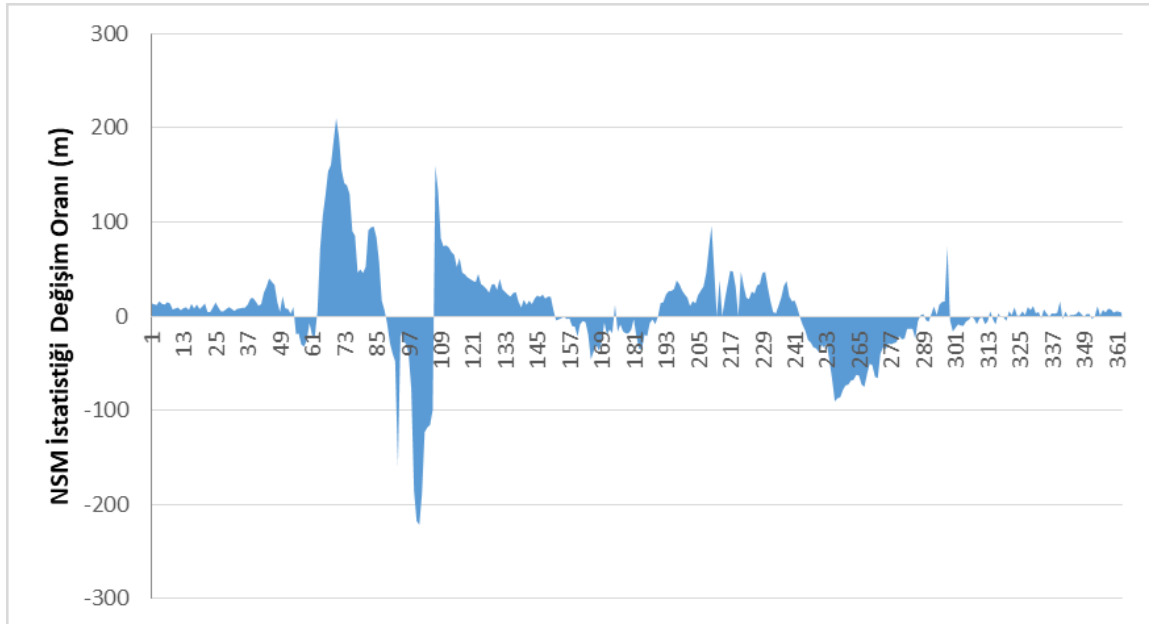
2.2.3.3.2. NSM İstatistiği

2.2.3.3.2.1.2004-2015 Yılı Kıyı Çizgisi Değişimi

Göksu deltası 2004-2015 yılları arasındaki kıyı çizgisi değişiminin NSM istatistiklerine göre değerlendirilmesi sonucunda en fazla kıyı çizgisi gerilemesinin -221 ve -115 m değerleri arasında Altinkum mevkiinde ve İncekum Burnu'nun güneybatı kıyılarında gerçekteştiği tespit edilmiştir. Deltadaki en fazla kıyı çizgisi ilerlemesi ise 107 ve 210 m değerleri arasında İncekum Burnu'nun batı kıyılarında gerçekteşmiştir (şekil 30). Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin EPR grafiğine göre değerlendirilmesi durumunda kıyı çizgisi gerilemesinin 98-106 profil hatları arasındaki İncekum Burnu'nun güneybatı kıyılarında ortalama -150 m olarak gerçekteştiği, en yüksek kıyı çizgisi ilerlemesinin ise 64 ve 77 profil hatları boyunca İncekum burnunun batı kıyılarında ortalama 140 m olarak gerçekteşmiştir (şekil 31).



Şekil 30: 2004-2015 yılı NSM istatistiği kıyı çizgisi değişimi

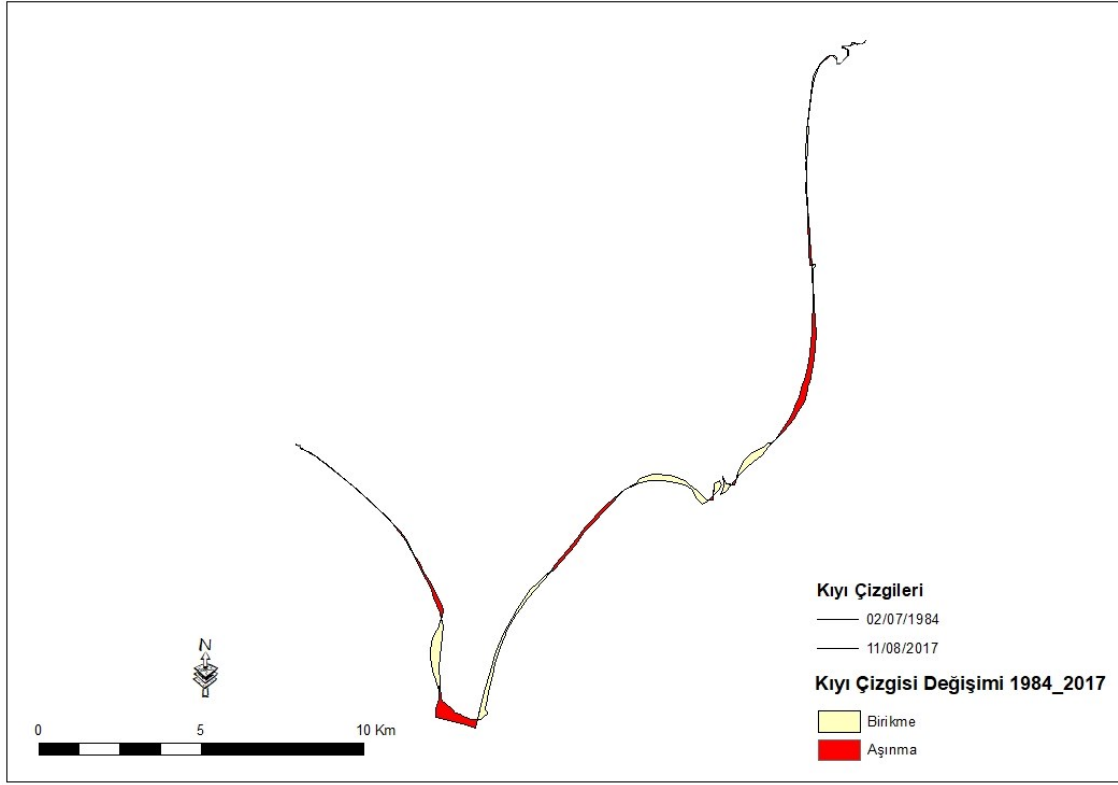


Şekil 31: 2004-2015 yılı NSM istatistiği grafiği

2.2.4. Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin Morfolojik Sonuçları

Göksu deltası 1984-2017 yılları arasında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin delta morfolojisi üzerindeki etkisinin incelenmesi sonucunda delta kıyılarında önemli değişimlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. 33 yıllık zaman diliminde Göksu deltası kıyılarında bazı bölgelerde yoğun aşınma faaliyetlerine başlı hızlı kıyı çizgisi gerilemeleri gerçekleşirken bazı kıyı bölgelerinde yoğun birikme faaliyetlerine bağlı hızlı kıyı çizgisi ilerlemeleri meydana gelmiştir. Çalışma sahasının bazı kıyı bölgelerinde ise aşınma ve birikme faaliyetleri oldukça yavaş gelişmiş ve buna bağlı olarak düşük ölçekli kıyı çizgisi değişimleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak, delta kıyılarında etkili olan aşınma ve birikme faaliyetleri 33 yıllık zaman diliminde delta kıyı morfolojisinin önemli ölçüde değişmesine neden olmuştur.

Göksu deltası kıyı morfolojisinde en fazla değişime uğrayan alanlar İncekum Burnu batı, güneybatı, doğu kıyıları, Paradeniz lagünü kıyı kordonu, Akarsu ağzı ve çevresi ile Altinkum mevki olmuştur. Çalışma sahasında, İncekum Burnu'nun güneybatı kıyıları, Paradeniz lagünü kıyı kordonu ve Altinkum mevki kıyılarında aşınma faaliyetleri yoğun olarak gözlemlenirken, İncekum Burnu'nun batı ve doğu kıyıları, Akarsu ağzı ve çevresinde birikme faaliyetleri yoğun olarak gözlemlenmiştir. Ayrıca, çalışma sahası kıyılarında aşınma ve birikme faaliyetlerinin yoğun olduğu alanlar birbirine oldukça yakın mesafelerde yer almaktadır. Göksu deltası kıyılarının aşınma ve birikme değerlerinin incelenmesi sonucunda ise 180 ha'lık alanda birikme, 164 ha'lık alanda ise aşınma meydana geldiği tespit edilmiştir. Çalışma sahasında, 33 yıllık zaman diliminde birikme faaliyetlerinin aşınma faaliyetlerine göre daha fazla olması deltanın karasal ölçekte alansal kayba uğramadığı sadece delta morfolojisinde şekilsel değişimin gerçekleştiği hatta düşük ölçekte de olsa delta kıyılarında karasal ölçekte genişlemenin meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 32).



Şekil 32: Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin delta morfolojisine etkisi

2.2.5. Göksu Deltası Dönemsel ve Genel Kıyı Çizgisi Değişim Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Göksu deltası kıyılarında meydana gelen kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin değerlendirilmesi sonucunda çalışma sahası kıyı çizgisinin oldukça dinamik bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Göksu deltası kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinde alansal olarak önemli farklılıkların tespit edilmesinin yanı sıra, değişim değerleri açısından da önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Özellikle de kısa dönemli kıyı çizgisi değişimlerinde Göksu deltası kıyılarının farklı alanlarında farklı kıyı çizgisi değişim değerleri gözlemlenmiş ve bu durum delta kıyılarında önemli değişimlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Göksu deltası kıyılarının kısa dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin EPR istatistiğine göre değerlendirilmesi sonucunda 1984-1990, 1990-2000, 2000-2006, 2006-2010, 2010-2014, 2014-2017 yılları arasında önemli kıyı çizgisi değişimlerinin meydana geldiği tespit edilmiştir. Örneğin, 1984-1990 yılları arasında en fazla aşınma oranı İncekum burnun batı ve güneybatı

kıyılarında, Altinkum mevki ve Paradeniz lagünü kıyı kordonunda gözlemlenirken; en fazla birikme oranları Akarsu ağzı ve çevresi ile İncekum burnun doğu kıyılarında gözlemlenmiştir. 1990-2000 yılları ve sonraki dönemlerde İncekum burnunun batı kıyılarında meydana gelen aşınma faaliyetleri etkisini yitirmiş ve bu alanda birikme faaliyetleri etkili olmaya başlamıştır. Göksu deltası kıyılarının kısa dönemli kıyı çizgisi değişimlerinde bazı bölgeler tüm dönemlerde benzer kıyı çizgisi değişimleri göstermiştir. Örneğin, Altinkum mevki ve Paradeniz lagünü kıyı kordonu ve İncekum burnu güneybatı kıyıları tüm dönemlerde aşınma faaliyetlerine maruz kalırken; İncekum burnun doğu kıyıları tüm dönemlerde birikme faaliyetleri gerçekleşmiştir.

Göksu deltası kıyılarının uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesinde 1984-2017 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgisi haritaları ile 2004-2015 yıllarına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgisi haritalarından faydalanılmıştır. Göksu deltası kıyıların uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin DSAS aracının EPR, NSM ve LRR istatistiklerine göre değerlendirilmiş ve çalışma sahası uzun dönemli kıyı çizgisi değişim değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, Göksu deltası kıyılarında uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinde en fazla değişime uğrayan alanlar Altinkum mevki, Akarsu ağzı ve çevresi, Paradeniz Lagünü kıyı kordonu, İncekum burnu doğu, güneybatı ve batı kıyıları olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sahasının uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinde Altinkum mevki, Paradeniz Lagünü kıyı kordonu, İncekum burnu güneybatı kıyılarında aşınma faaliyetlerine bağlı kıyı çizgisi gerilemeleri tespit edilirken; Akarsu ağzı ve çevresi, İncekum burnu doğu ve batı kıyılarında birikme faaliyetlerine bağlı kıyı çizgisi ilerlemeleri tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Göksu deltası kıyılarında meydana gelen uzun ve kısa dönemli kıyı çizgisi değişimleri delta kıyılarında önemli değişimlerin meydana gelmesine neden olmuştur. Çalışma sahası kıyı çizgisi değişimleri bazı bölgelerde daha hızlı gerçekleşirken bazı bölgelerde oldukça yavaş kıyı çizgisi değişimleri meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra, delta kıyılarında kıyı çizgisi

değişiminin belirgin olarak gözlemlendiği kıyı bölgelerinde bazı alanlar sadece aşınma veya birikme faaliyetlerine maruz kalarak tüm dönemlerde benzer kıyı çizgisi değişim eğilimi gösterirken; bazı kıyı bölgeleri farklı dönemlerde farklı kıyı çizgisi değişim eğilimlerine maruz kalmıştır. Göksu deltası kıyı çizgilerinde meydana gelen bu değişimler delta kıyılarının morfolojik yapısını önemli ölçüde etkilemektedir.



III.BÖLÜM GÖKSU DELTASI KIYI ÇİZGİSİNİN GELECEKTEKİ KONUMU

3.1.Göksu Deltasının Gelecekteki Kıyı Çizgisinin Konumunun Belirlenmesinin Önemi

Kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun belirlenmesi kıyı alanları ile ilgili uzun dönemli planlamaların gerçekleştirilmesi ve kıyı yönetimi ile ilgili etkili kararların alınmasında büyük önem taşımaktadır (Davidson, vd., 2010). Kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonu belirlenirken kompleks morfolojik etkiler dikkate alınmadan geçmiş yıllara ait aşınma ve birikme oranlarının yıllık ortalamasının doğrusal bir eğilime dönüştürülmesi ile gerçekleştirilmektedir (Davidson, vd., 2010; Douglas vd., 1998). Bu nedenle, geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişim değerlerinin belirlenmesi kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır (Fenstret, vd., 1993).

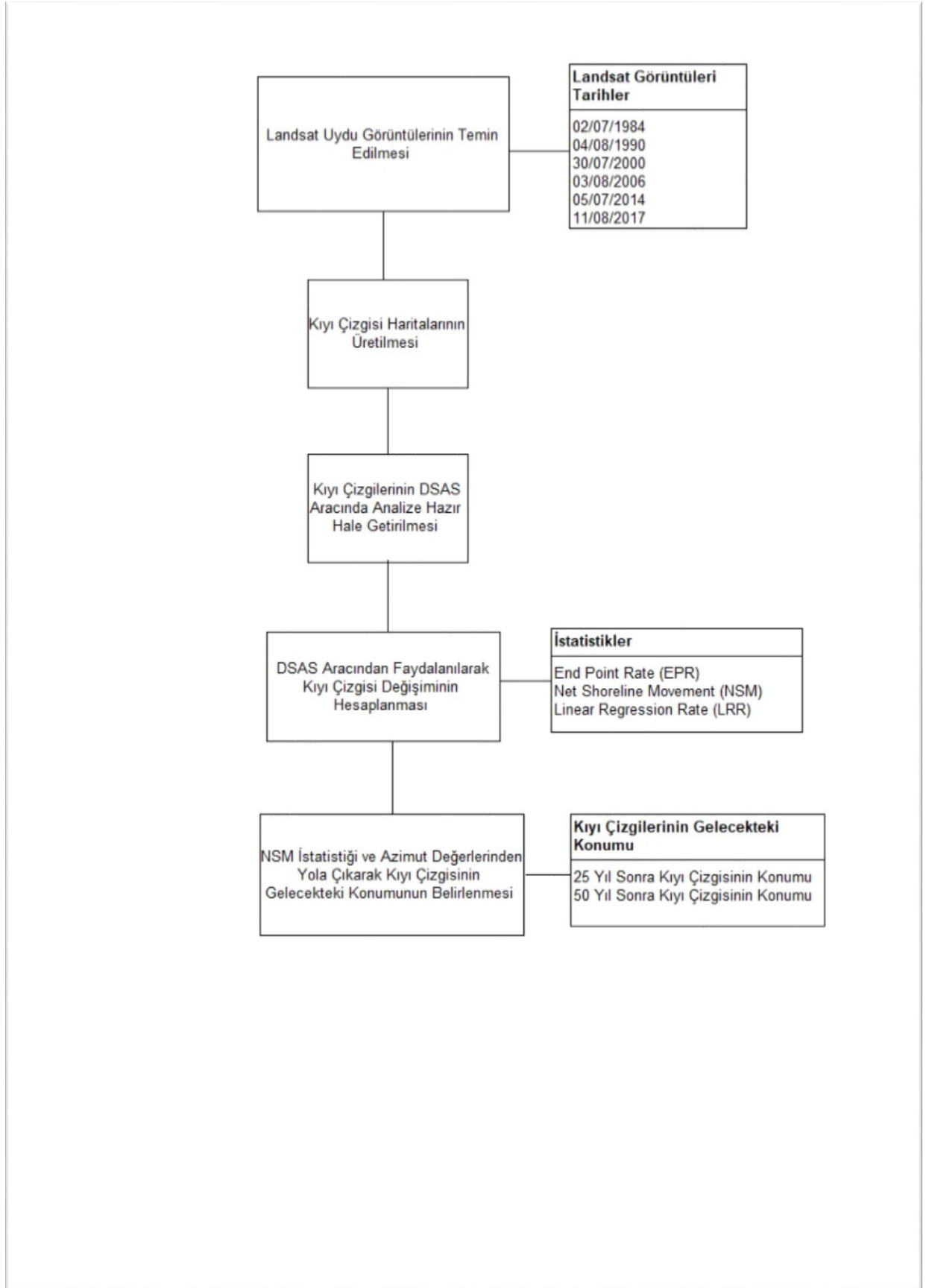
Günümüzde, geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişim değerlerinin belirlenmesi ile ilgili literatürde oldukça fazla çalışma bulunmasına karşın; kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun belirlenmesi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bir kısmı kıyı çizgilerinin gelecekteki konumlarının belirlenmesi ile ilgili farklı yöntemlerin geliştirilmesine yönelik iken (Fenster, vd. 1993; Davidson, vd., 2010; Crowel, vd., 1997); bir kısmı da kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun tahmin edilmesine yöneliktir (Douglas, vd., 1998; Davidson, vd., 2010; Douglas ve Crowel, 2000).

Delta kıyıları genel olarak yükselti ve eğimi düşük, ekolojik açıdan kırılgan alanlardır. Bu nedenle, delta kıyılarının kıyı çizgilerinin gelecekteki pozisyonlarının belirlenmesi delta kıyıları ile ilgili uzun dönemli planlama çalışmalarının hazırlanması ve etkili kararların alınmasına olanak sağlayarak delta kıyılarının sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Göksu deltası kıyıları Akdeniz kıyıları içerisinde kıyı çizgisi değişimlerinin en hızlı gerçekleştiği alanlar arasında yer almaktadır. Delta kıyılarında meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimleri çalışma sahasının kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun belirlenerek uzun dönemli planlama çalışmalarının hazırlanmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, çalışmada Göksu deltası kıyı

izgisinin 25 ve 50 yıl sonraki kıyı çizgisi pozisyonu belirlenerek çalışma sahası kıyılarının sürdürülebilirliğine katkı sağlanmak istenmiştir.

3.2.Çalışmanın Yöntemi

Göksu deltası kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunun belirlenmesini amaçlanan bu çalışmada öncelikle çalışma sahasının geçmiş yıllara ait Landsat uydu görüntüleri temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan Landsat görüntüleri 02 Temmuz 1984, 04 Ağustos 1990, 10 Temmuz 2000, 03 Ağustos 2006, 10 Temmuz 2010, 05 Temmuz 2014, 11 Ağustos 2017 tarihlerine aittir. Çalışma sahasının farklı tarihlere ait Landsat görüntülerinin temin edilmesinin ardından veri setleri ENVI programında “band orantılama” tekniğine tabi tutulmuş ve çalışma sahasının geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi haritaları üretilmiştir. Çalışma sahasının geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi haritaları DSAS aracının NSM istatistiğinden faydalanılarak kıyı çizgisi değişim mesafeleri hesaplanmıştır. Göksu deltasının NSM istatistiklerinden elde edilen geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişim değerlerinden faydalanılarak çalışma sahasının kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonu belirlenmiştir. Göksu deltasının gelecekteki kıyı çizgisinin pozisyonunun belirlenmesinde 25 ve 50 yıllık zaman dilimleri baz alınmış ve kıyı çizgilerinin pozisyonları bu zamansal leğe hesaplanmıştır (şekil 33).



Şekil 33: Çalışma akış diyagramı

3.3.BULGULAR

3.3.1. 25 Yıl Sonra Göksu Deltasının Kıyı Çizgisinin Konumu

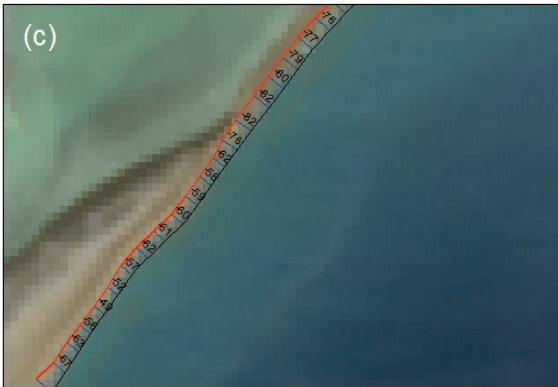
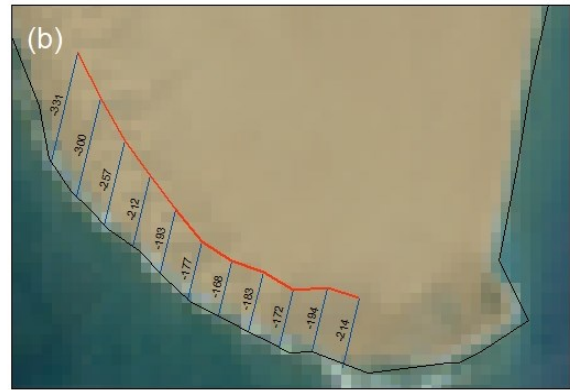
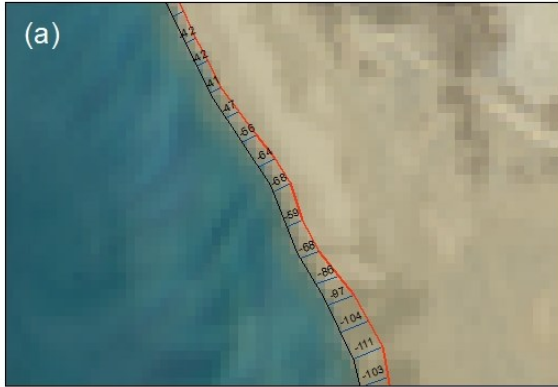
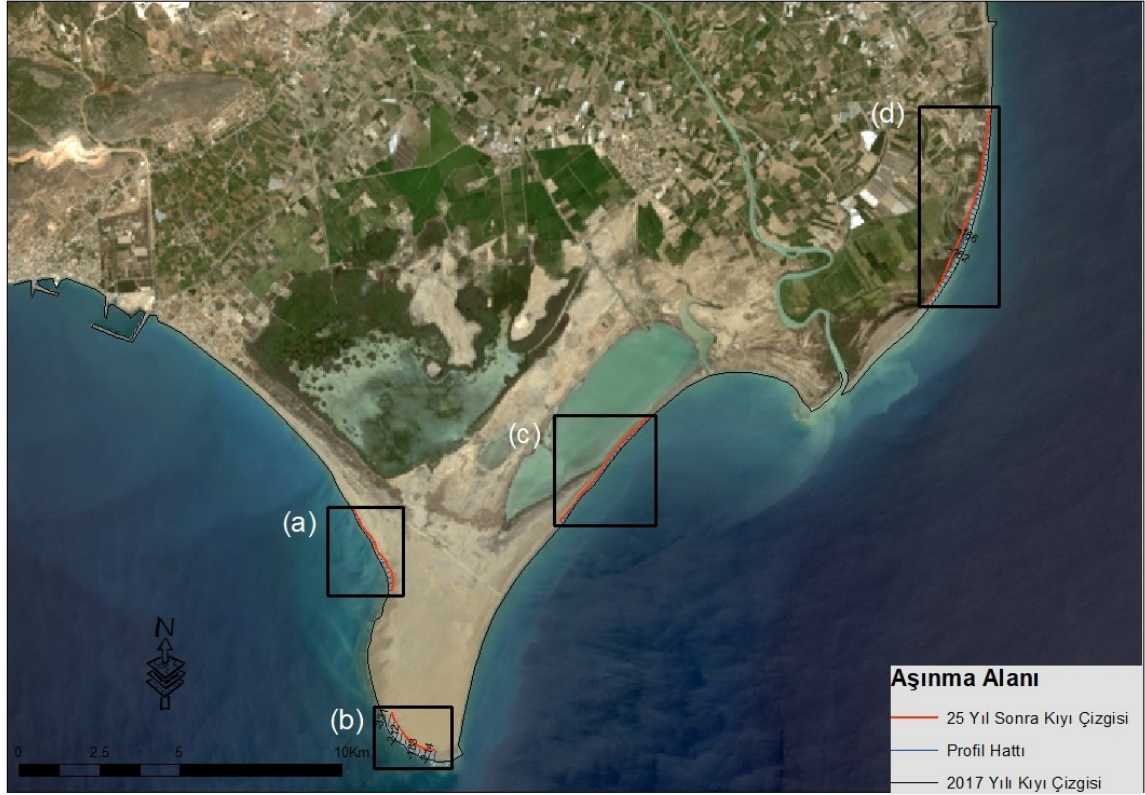
Göksu deltası kıyı çizgisinin 25 yıl sonraki pozisyonunun belirlenmesi için toplam 193 profil hattı üretilmiştir. Profil hatlarının 100 tanesi aşınma bölgelerindeki kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonlarını temsil ederken; 93 tanesi birikme bölgelerindeki kıyı çizgilerinin gelecekteki pozisyonlarını temsil etmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre Göksu deltasında aşınmanın hâkim olduğu alanlarda 25 yıl sonra kıyı çizgisinde ortalama 114 m gerileme meydana geleceği; birikme alanlarında ise kıyı çizgisinin ortalama 119 m ilerleme gerçekleşeceği tespit edilmiştir (Şekil 34).



Şekil 34: Göksu deltası 25 yıl sonra aşınma ve birikme sonucu kıyı çizgisi değişimi

3.3.1.1.Göksu Deltası Aşınma Alanlarındaki Kıyı Çizgisinin 25 Yıl Sonraki Konumu

Göksu deltası kıyılarında aşınma faaliyetlerinin yoğun olarak gözlemlendiği alanlarda kıyı çizgisinin 25 yıl sonraki pozisyonu alansal olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Şekil 35). Çalışma sahasında (a), (b), (c) ve (d) olarak sınıflandırılan 4 bölgede aşınma faaliyetleri yoğun olarak gözlemlenmiş ve bu alanların 25 yıl sonraki kıyı çizgisi değişim değerleri ve konumları üretilen profil hatları ile belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre aşınma faaliyetinin yer aldığı (a) bölgesinde 25 yıl sonra kıyı çizgisinin pozisyonunda ortalama 68 m; (b) bölgesinde 218 m; (c) bölgesinde 24 m ve (d) bölgesinde 106 m gerileme meydana geleceği tespit edilmiştir. Çalışma sahasında en fazla kıyı çizgisi ilerlemesi (b) bölgesinde İncekum burnunun güneybatı kıyıları ile (d) bölgesinde Altınkum mevkiinde gerçekleşmesi beklenmektedir.

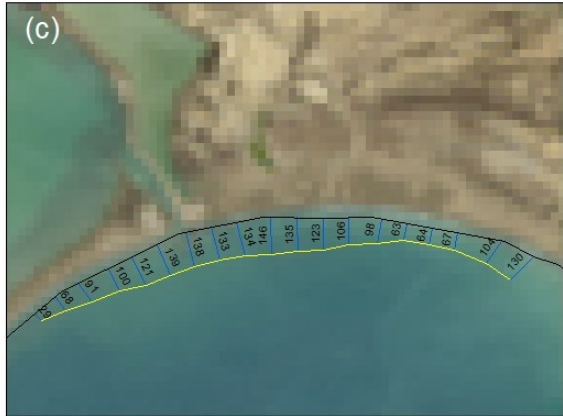
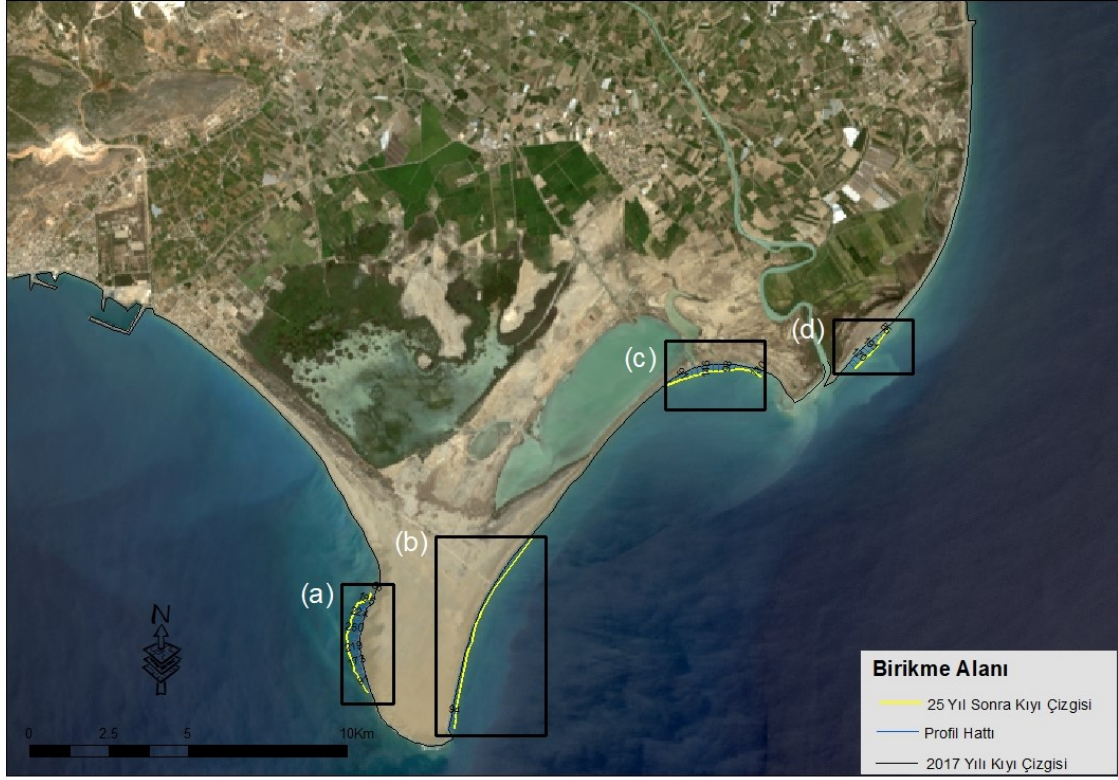


Şekil 35: Göksu deltası aşınma alanlarındaki kıyı çizgisi değişiminin 25 yıl sonraki konumu

3.3.1.2.Göksu Deltası Birikme Alanlarındaki Kıyı Çizgisinin 25 Yıl Sonra Konumu

Göksu deltasında birikme faaliyetlerinin gerçekleştiği alanlarda kıyı çizgisinin 25 yıl sonraki pozisyonu Şekil 36'de detaylı olarak tanımlanmıştır. Çalışma sahasında birikme faaliyetlerinin gerçekleştiği (a) bölgesinde 25 yıl sonra kıyı çizgisi ilerlemesi ortalama 177 m, (b) bölgesinde 57 m, (c) bölgesinde 105 m, (d) bölgesinde 137 m olması beklenmektedir. Çalışma sahasında en fazla kıyı çizgisi ilerlemesi (a) bölgesinde İncekum Burnu batı kıyılarında ve (c) ve (d) bölgelerinde Akarsu ağzı mevki ve çevresinde gerçekleşeceği tespit edilmiştir.





Şekil 36: Göksu deltası birikme alanlarındaki kıyı çizgisi değişiminin 25 yıl sonraki konumu

3.3.2. 50 Yıl Sonra Göksu Deltasının Kıyı Çizgisinin Konumu

Göksu deltasının 50 yıl sonraki kıyı çizgisinin pozisyonunun belirlenmesi ve değişim değerlerinin hesaplanması için 202 profil hattı oluşturulmuştur. Profil hatlarından 104 tanesi aşınma bölgelerindeki kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunu yansıtırken; 98 tanesi birikme alanlarındaki kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunu yansıtmıştır. Çalışmanın sonucunda, Göksu deltasında aşınma faaliyetlerinin hâkim olduğu alanlarda 50 yıl sonra kıyı çizgisi gerilemesinin ortalama 223 m olması beklenirken; birikme faaliyetlerinin hâkim olduğu alanlarda 50 yıl sonraki ortalama kıyı çizgisi ilerlemesinin 236 m olacağı tespit edilmiştir (Şekil 37).

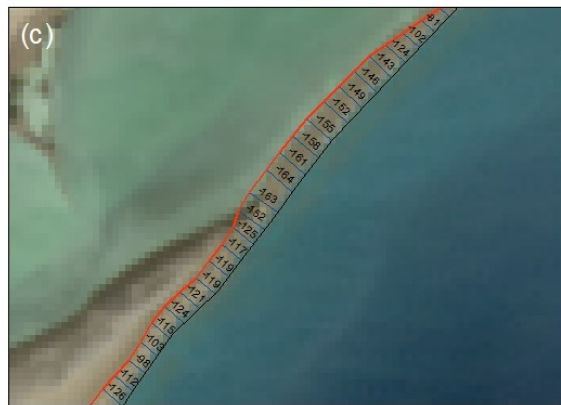
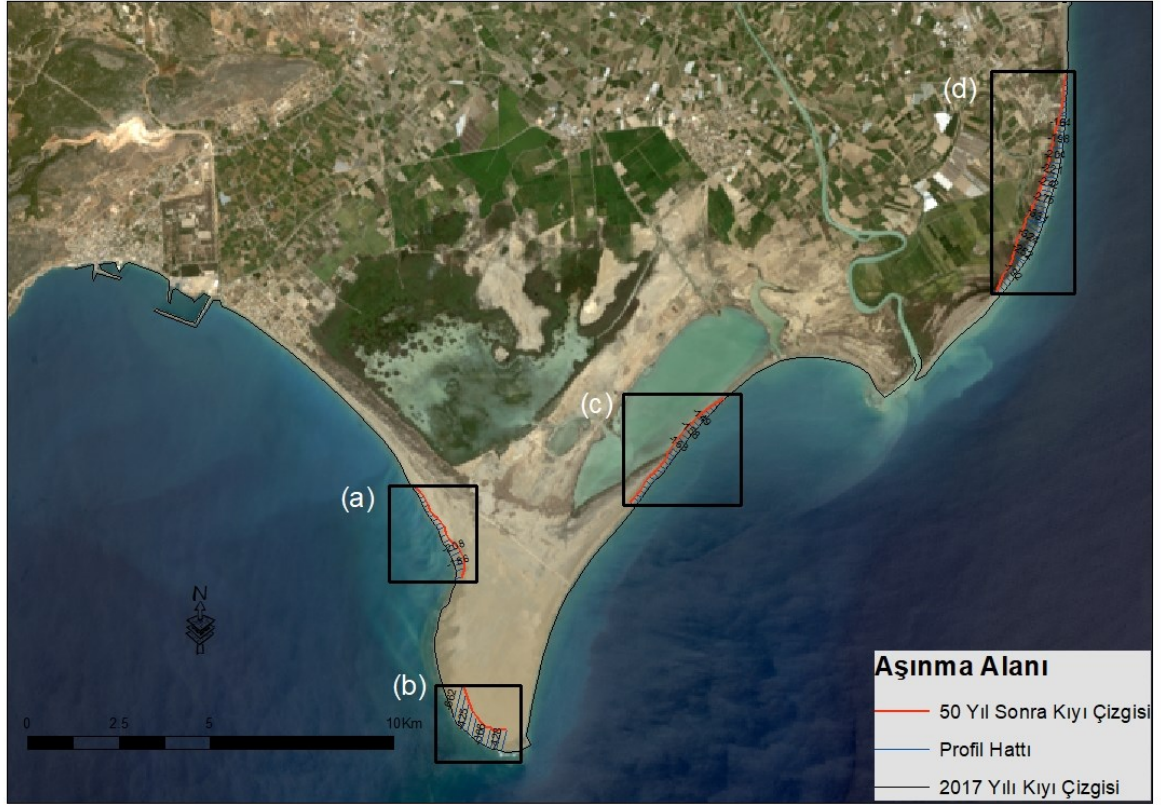


Şekil 37: Göksu deltası aşınma ve birikme sonucunda 50 yıl sonra kıyı çizgisi değişimi

3.3.2.1.Göksu Deltası Aşınma Alanlarındaki Kıyı Çizgisinin 50 Yıl Sonra Konumu

Göksu deltasında aşınma faaliyetlerinin yoğun olarak gerçekleştiği alanlarda kıyı çizgisinin 50 yıl sonraki pozisyonunun değerlendirilmesi durumunda (a) bölgesinde kıyı çizgisi gerilemesinin 131 m, (b) bölgesinde 437 m, (c) bölgesinde 124 m, (d) bölgesinde 201 m olması beklenmektedir. Çalışma sahasında en fazla kıyı çizgisi gerilemesinin (b) bölgesinde İncekum burnunun güneybatı kıyılarında ve (d) bölgesinde Altınkum mevkiinde gerçekleşmesi beklenmektedir (Şekil 38).



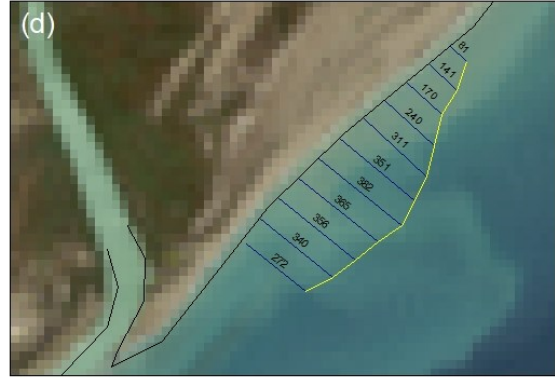
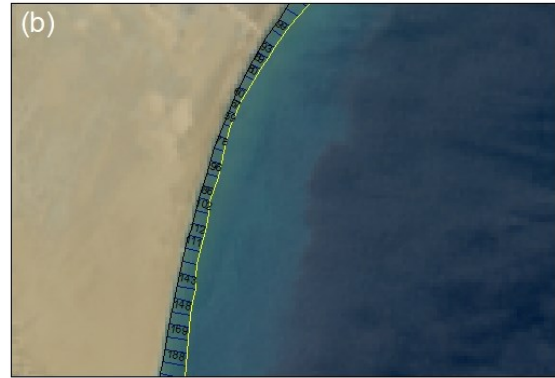
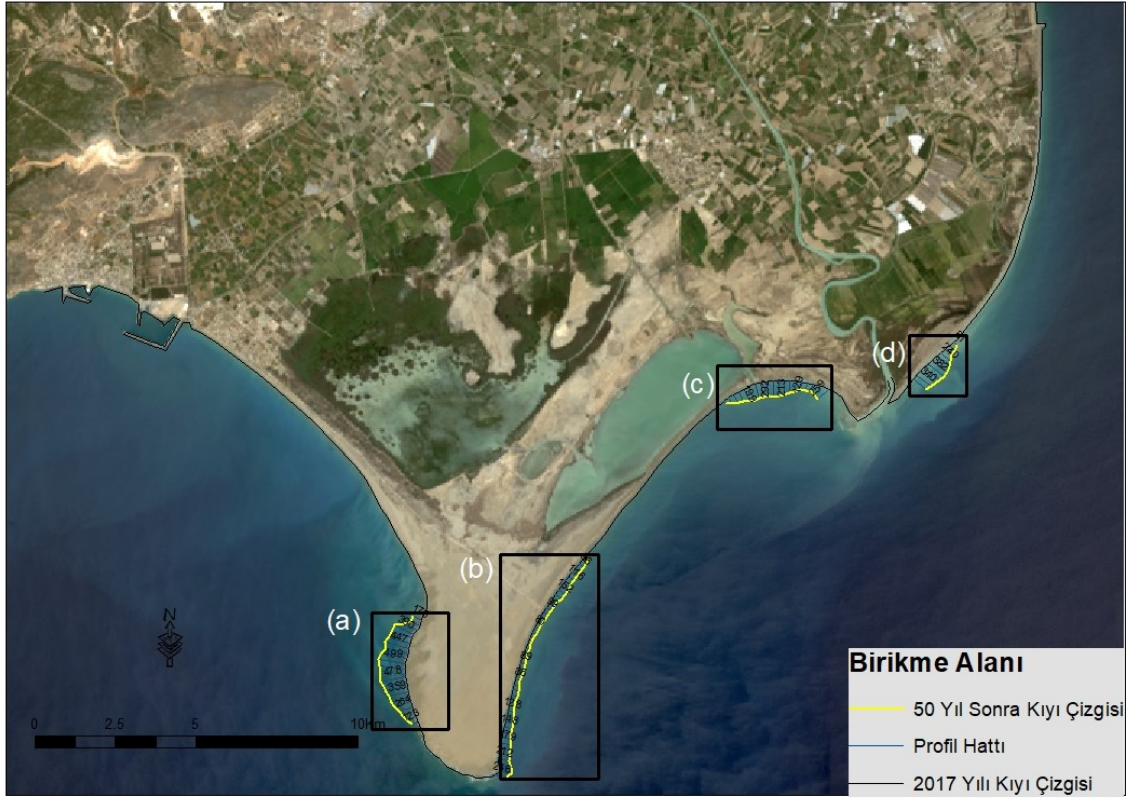


Şekil 38: Göksu deltası aşınma alanlarındaki kıyı çizgisi değişiminin 50 yıl sonraki konumu

3.3.2.2.Göksu Deltası Birikme Alanlarındaki Kıyı Çizgisinin 50 Yıl Sonra Konumu

Göksu deltası kıyılarında birikme faaliyetlerinin yoğun olarak gerçekleştiği alanlarda 50 yıl sonraki kıyı çizgisinin pozisyonunun değerlendirilmesi durumunda (a) bölgesinde kıyı çizgisi ilerlemesinin ortalama 339 m olması beklenirken; (b) bölgesinde 121 m, (c) bölgesinde 210 m, (d) bölgesinde ise 274 m olacağı tespit edilmiştir. Çalışma sahasında 50 yıl sonra en fazla kıyı çizgisi ilerlemesi (a) bölgesinde İncekum burnu batı kıyılarında ve (c) ve (d) bölgelerinde akarsu ağzı ve çevresinde gerçekleşmesi beklenmektedir (Şekil 39).

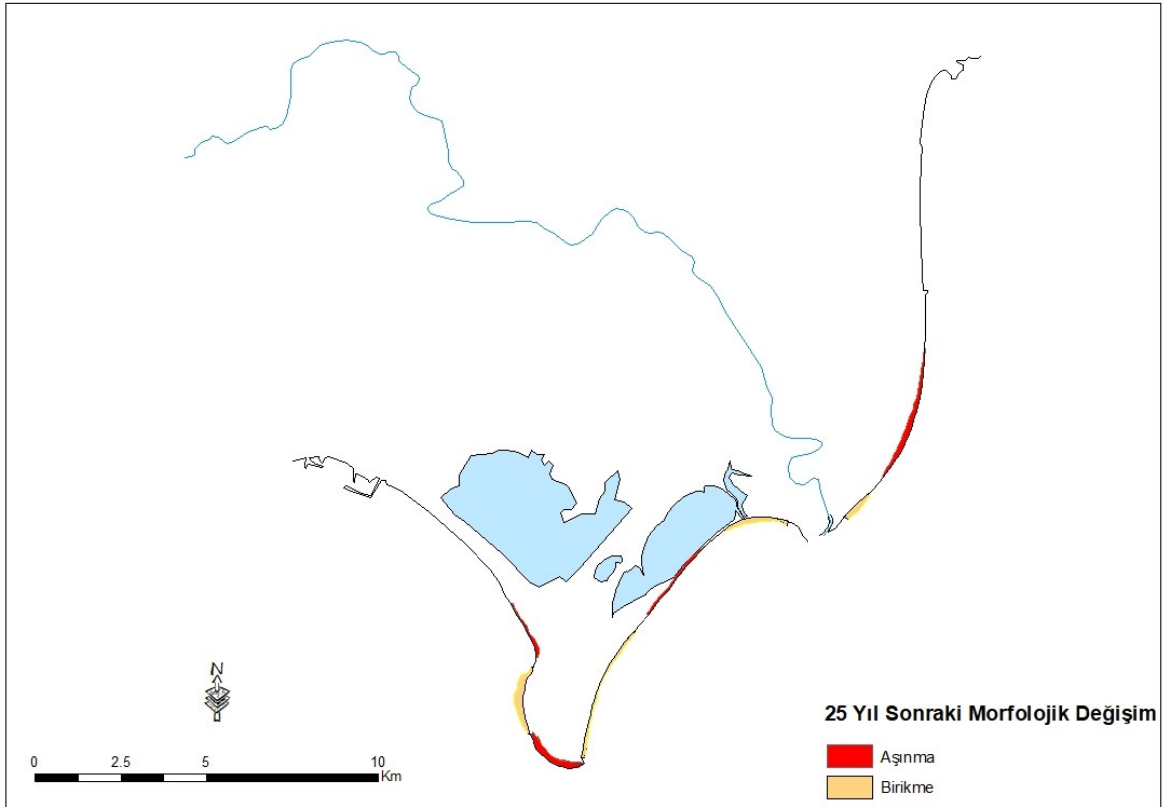




Şekil 39: Göksu deltası birikme alanlarındaki kıyı çizgisi değişiminin 50 yıl sonraki konumu

3.3.3. 25 Yıl Sonraki Kıyı Çizgisi Değişiminin Morfolojik Sonuçları

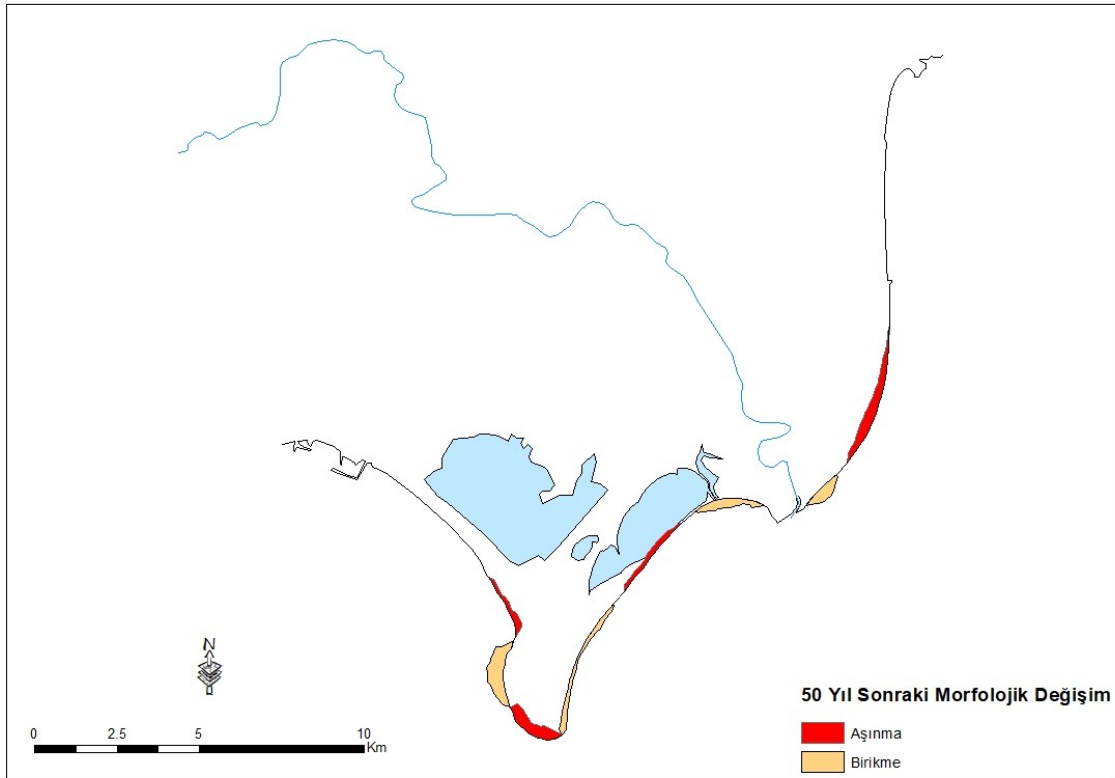
Göksu deltasının 25 yıl sonraki kıyı çizgisi pozisyonunda meydana gelen değişimleri delta morfolojisi üzerindeki etkisinin incelenmesi durumunda 97 ha alanın aşınmaya maruz kalacağı; 95 ha alanda ise birikme gerçekleşeceği tespit edilmiştir (Şekil 40). Göksu delta kıyılarında 25 yıllık zaman diliminde ortaya çıkan morfolojik değişim deltanın çokgen geometrisi şeklindeki görünümünün süreç içerisinde önemli ölçüde değişime uğrayacağını göstermiştir. Örneğin, deltanın batı kıyılarında özellikle ince kum Burnu'nun güneybatı kıyılarında aşınma faaliyetlerine bağlı gerileme ve düzleşme oluşması beklenirken; deltanın doğu kıyılarında aşınma faaliyetlerinin etkili olduğu alanlarda kıyı çizgisi gerilemesi sonucunda deltanın şeklinde incelmeye ve düzleşmelerin meydana geleceği, akarsu ağzı ve çevresinde ise birikme faaliyetleri sonucunda büyüme ve genişleme oluşacağı tespit edilmiştir.



Şekil 40: Göksu deltası 25 yıl sonra kıyı çizgisi değişiminin morfolojik etkisi

3.3.4. 50 Yıl Sonraki Kıyı Çizgisi Değişiminin Morfolojik Sonuçları

Göksu deltası 50 yıl sonraki kıyı çizgisi pozisyonunun morfolojik açıdan değerlendirilmesi durumunda 196 ha alanın aşınmaya maruz kalacağı, 200 ha alanda ise birikme gerçekleşeceği tespit edilmiştir. Delta kıyılarında 50 yıllık zaman diliminde kıyı çizgisi pozisyonunda meydana gelen değişim sonucunda aşınma ve birikme oranlarının birbirine yakın olması delta morfolojisinde daha çok şekilsel değişimlerin meydana geleceğini göstermiştir. Delta kıyılarında en çok değişime uğrayan alanlar ise incecum Burnu ve çevresi, Akarsu ağzı ve Altıncum mevkiidir (Şekil 41).



Şekil 41: Göksu deltası 50 yıl sonra kıyı çizgisi değişiminin morfolojik etkisi

3.4. Göksu Deltası Kıyı Çizgisinin 25 ve 50 Yıl Sonraki Değişim Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Göksu deltası kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun belirlenmesi amaçlayan bu çalışmada çalışma sahasının 25 yıl sonraki pozisyonun incelenmesi sonucunda aşınma faaliyetlerinin etkili olduğu alanlarda kıyı çizgisi gerilemesinin ortalama -114 m, birikme faaliyetlerinin etkili olduğu alanlarında ise kıyı çizgisi ilerlemesinin ortalama 119 m olacağı tespit edilmiştir. Göksu deltasının 25 yıl sonraki kıyı çizgisi pozisyonunda meydana gelecek değişimler delta kıyılarındaki 97 ha alanda aşınma; 95 ha alanda ise birikmenin meydana gelmesine neden olacaktır. Göksu deltası kıyı çizgisinin 50 yıl sonraki pozisyonunun değerlendirilmesi sonucunda ise aşınma faaliyetlerinin etkili olduğu alanlarda kıyı çizgisi gerilemesinin ortalama -223 m, birikme faaliyetlerinin etkili olduğu alanlarda ise kıyı çizgisi ilerlemesinin ortalama 236 m olacağı tespit edilmiştir. Göksu deltasının 50 yıl sonraki kıyı çizgisi pozisyonunda meydana gelecek değişimler çalışma sahasında 196 ha alanda aşınma, 200 ha alanda ise birikme meydana gelmesine neden olacaktır.

Göksu deltasının 25 ve 50 yıl sonraki kıyı çizgisi pozisyonunda meydana gelecek değişimler delta kıyılarında çevresel, sosyal ve ekonomik değişimlerin ortaya çıkmasına neden olacaktır. Örneğin, Göksu deltası kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunda meydana gelecek değişimlerin çevresel etkilerinin incelenmesi durumunda öncelikle delta kıyılarında önemli morfolojik değişimlerin ortaya çıkacağı ve delta kıyılarında meydana gelen morfolojik değişimlerin deltadaki doğal süreçleri de etkileyeceği tespit edilmiştir. Göksu deltası kıyı morfolojisinde en fazla değişime uğrayan alanlar İncekum Burnu, Paradeniz Lagünü kıyı kordonu, Akarsu ağzı ve çevresi ve Altinkum mevkiidir. Örneğin, Paradeniz Lagünü kıyı kordonunda aşınma faaliyetlerine bağlı olarak kopmaların meydana gelmesi daha fazla deniz suyunun lagüne girmesine ve su kalitesinin düşerek lagün ekolojisinin değişmesine neden olacaktır. Göksu deltası kıyı morfolojisinde değişiminin yoğun olarak gözlemlendiği bir diğer alan Altinkum mevkiidir. Altinkum mevkiinde aşınma faaliyetlerinin yoğunluğuna bağlı olarak büyük ölçekte

kıyı çizgisi gerilemeleri meydana gelecektir. Altınkum mevki kıyılarında meydana gelen kıyı çizgisi gerilemeleri bölgede gerçekleştirilen rekreasyon faaliyetlerin konumsal olarak değişim göstermesine ve mevcut yapıların hasar görmesine neden olacaktır. Bu nedenle, Göksu deltasının gelecekteki kıyı çizisinin pozisyonunun belirlenmesi, delta kıyıları ile ilgili gelecekte karşılaşılabilecek sorunların tespit edilmesi ve çeşitli önerilerin geliştirilmesi, çalışma sahası ile ilgili etkili kararların alınması, uzun dönemli planlama çalışmalarının yapılması, ekolojik yapının korunması ve deltanın sürdürülebilirliğine katkı sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde, delta kıyılarının gelecekteki kıyı çizgisi pozisyonlarının belirlenmesi ile ilgili oldukça sınırlı çalışma gerçekleştirilmektedir. Göksu deltası kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun tespit edilmesi ile ilgili ise henüz herhangi bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. Göksu deltasının geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda sadece geleceğe yönelik öngörülerde bulunulmuştur. Bu nedenle, Göksu deltasının gelecekteki pozisyonunun belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada literatürdeki boşluğun doldurulması ve çalışma sahası ile ilgili etkili kararların alınması sağlanmıştır. Çalışmadan elde edilen bilgiler doğrultusunda mevcut koşulların devam etmesi durumunda Göksu deltası kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonunda önemli değişimlerin meydana geleceği ve delta kıyılarında meydana gelen bu değişimlerin mevcut arazi kullanımında da değişimlere neden olacağı tespit edilmiştir.

IV. BÖLÜM GÖKSU DELTASINDA FIRTINA KABARMASINA BAĞLI KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİ

4.1. Göksu Deltasında Şiddetli Fırtına Kabarmalarının Belirlenmesinin Önemi

Fırtına kabarmaları, atmosferik koşulların normal seyirlerde gerçekleşmediği durumlarda ortaya çıkan ani su seviyesi yükselmesidir (Zecchetto vd., 2015). Fırtına kabarmaları, okyanus ve deniz yüzeylerinde meydana gelen alçak basınç sistemlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Alçak basınç sistemleri geniş su yüzeylerinde hava akımlarının yığılmasına ve türbülans etkisi oluşturarak şiddetli fırtınaların oluşmasına neden olmaktadır. Fırtınaların şiddeti; rüzgarın şiddeti, yön ve süresine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Woth vd., 2006).

Fırtına kabarmalarının en fazla etkilediği alanlar yükseltisi düşük alçak kıyılardır (Krestenitis vd., 2011). Dünya nüfusunun önemli bir bölümü (yaklaşık %10'nu) yükseltisi 0-10 m arasında olan kıyı bölgelerinde yaşamakta ve bu bölgelerde yaşayan nüfus sürekli artış göstermektedir (McGranahan vd., 2007). Bu nedenle yükseltisi düşük kıyı bölgelerinde meydana gelen fırtına kabarmaları daha fazla yıkıcı etkilerin oluşturmaktadır. Ayrıca, kıyı bölgelerinin kara ve su ekosistemine ait özellikleri bünyesinde barındırması ve ekolojik açıdan oldukça zengin mekanlar olması fırtına kabarmalarının olumsuz etkilerini artıran bir diğer önemli faktördür. Fırtına kabarmalarının kıyı bölgelerinde oluşturdukları olumsuz etkilerin genel olarak değerlendirilmesi durumunda büyük ölçekli can ve mal kayıplarının ortaya çıkması, bölgedeki ekolojik dengenin tahrip olması, canlı tür ve sayısının azalması, verimli tarım arazilerinin kaybolması, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının kalitesinin düşmesi, çeşitli sağlık sorunların ortaya çıkması ve sosyal ve ekonomik faaliyetlerin kesintiye uğraması gibi çeşitli sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Krestenitis vd., 2011; Kılar ve Çiçek; 2017). Fırtına kabarmalarının kıyı bölgelerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin şiddeti deniz seviyesi

yükselmesinin süresine, büyüklüğüne ve bölgenin arazi kullanımı ve yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir (Paskoff, 1993; Kılar ve Çiçek, 2017).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) 2007 yılında yayınlanan raporda 1970 yılının ortalarından itibaren fırtınaların sürelerinin uzunluğu ile büyüklüğü arasında güçlü bir korelasyon olduğuna ve bu durumun tropikal deniz yüzeyi sıcaklıklarındaki artış ile bağlantılı olduğuna değinilmiştir. Bunun yanı sıra, aynı raporda fırtına ve kasırgaların daha önce hiç görülmemiş kıyı bölgelerinde de meydana gelmeye başladığına değinilmiştir. Bu durum, fırtına kabarmalarının daha geniş alanları etkilemeye başladığının bir göstergesi olmakla birlikte; fırtına kabarmalarının şiddeti ve süresinde de artışların yaşandığını göstermektedir (Kılar ve Çiçek, 2017).

Fırtına kabarması ile ilgili çalışmaların gerçekleştirilmesinde geçmişte günümüze kadar farklı yöntem ve tekniklerden faydalanılmaktadır. Geçmiş yıllarda gerçekleştirilen fırtına kabarması çalışmaları daha çok yersel ve deneysel gözlemlere dayanmaktayken; günümüzde teknolojik gelişmelerin bilimsel çalışmalara ve yöntemlerine olan katkısıyla birlikte bilimsel çalışmaların nitelik ve niceliğinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Fırtına kabarmaları çalışmalarında ilk defa bilgisayar similasyonlarının kullanılmaya başlanması 1960'lı yıllarda gerçekleşmiştir. Bu dönemde bilimsel çalışmalarda kullanılan bilgisayar similasyonlarının çözünürlükleri ve kapasitesi düşük olmasına karşın; geçmiş yıllarda uygulanan yersel ve deneysel gözlemlere göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Günümüzde, teknolojik gelişmelerde önemli aşamaların kaydedilmesi ve fiziksel imkânların iyileştirilmesi fırtına kabarması ile ilgili gerçekleştirilen çalışmaların yöntemlerine büyük katkı sağlamış ve farklı modellerin geliştirilmesi, geniş ölçekli fırtına kabarma simülasyonlarının hazırlanması, afet planlamaların hazırlanması gibi çeşitli olanaklara imkân sağlamıştır (Mandli, 2014; Kılar ve Çiçek, 2017).

Günümüzde, fırtına kabarması ile ilgili çalışmalarında çeşitli teknik programlardan ve modellerden faydalanılmaktadır. Bunlardan bazıları; ADvanced CIRCulation model

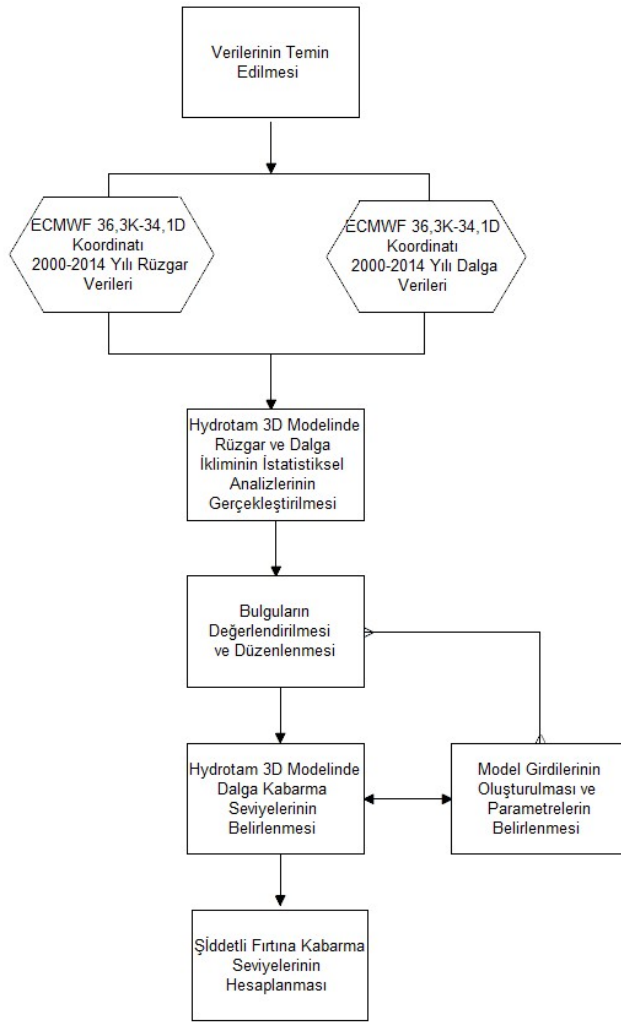
(ADCIRC) (Dietrich vd., 2011; Luettich vd., 1992), Sea, Lake, and Overland Surges from Hurricanes (SLOSH) (Jelesnianski vd., 1992), DELFT3D (Stelling, 1983; Booij vd., 1999), GCOM2D/3D (Hubbert ve McInnes 1999; McInnes vd., 2002, 2003), MIKE (DHI, 2008), Finite-Volume Community Ocean Model (FVCOM) (Chen vd., 2003; Rego ve Li, 2010) ve Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım ve Su Kalitesi Modeli (HYDROTAM-3D)'dir (Balas, L. and Özhan, E., 2000; URL-3).

Göksu deltası kıyılarının yükseltisinin düşük ve ekolojik açıdan oldukça hassas bir ekosisteme sahip olması delta kıyılarında meydana gelen fırtına kabarmalarının olumsuz etkilerini önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca, son yıllarda delta kıyılarında hızlı kıyı çizgisi değişimleri yaşanmaktadır. Bu nedenle, Göksu deltası kıyılarında etkili olan fırtına kabarmalarının yön ve şiddetlerinin belirlenmesi ve çalışma sahası kıyı çizgisi değişimi üzerindeki etkisinin belirlenmesi delta kıyılarının sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir.

4.2.Çalışmanın Yöntemi

Göksu Deltası kıyılarında etkili olan fırtına kabarma seviyelerinin belirlenerek delta kıyılarına olan etkisinin araştırılmasını amaçlayan bu çalışmada HYDROTAM-3D programından faydalanılmıştır. HYDROTAM-3D programı kıyı alanlarındaki rüzgar ve dalga iklimi, akıntı, kirlilik taşınımı, sediman taşınımı gibi kıyasal taşınım olaylarının benzeştirilmesi amacıyla geliştirilmiş yazılımdır (Balas, vd., 2012). HYDROTAM-3D programı bünyesinde Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF) ve Meteoroloji İstasyonu gibi farklı alanların iklim verilerine ulaşılmasını sağlayan veri tabanı bulunmakla birlikte; farklı istatistiksel yöntemlerle analiz işlemlerinin gerçekleştirilmesi, modelleme yapması, sonuç haritalarının, grafiklerinin ve tablolarının üretilmesi gibi fonksiyonel açıdan oldukça geniş bir arayüze sahiptir. Bu çalışmada Göksu deltası kıyılarının fırtına kabarma seviyelerinin belirlenmesinde ECMWF'in 36'3"K – 34' 1"D koordinat noktasından üretilen 2000-2014 yıllarına ait rüzgâr ve dalga verilerinden faydalanılmıştır. ECMWF orta vadeli hava tahminleri için sayısal modeller geliştirmek, orta

vadeli hava tahminleri hazırlamak ve üye devletlerin meteoroloji servislerine düzenli bir şekilde veri dağıtmak amacı ile 01 Kasım 1975 tarihinde tarihinde oluşturulmuş bir kuruluştur (URL-4). ECMWF tarafından üretilen hava tahmin modellerinin Göksu deltası kıyılarının denizel iklimini daha iyi yansıtmaları ve daha doğru sonuçlar vermesi nedeni ile bu çalışmada ECMWF verilerinden faydalanılmıştır. Çalışmada, öncelikle Göksu deltasının 2000-2014 yıllarına ait rüzgâr ve dalga verileri temin edilmiş, ardından veri setleri HYDROTAM-3D programında farklı istatistiksel analizlere tabi tutulmuş ve çalışma sahasında etkili olan farklı yön, zaman ve şiddetteki rüzgâr ve dalga istatistikleri hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen rüzgâr ve dalga istatistikleri çalışmanın bir sonraki aşamasında HYDROTAM-3D programında dalga kabarma seviyelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, çalışmada elde edilen tüm bulgular bir araya getirilerek çalışma sahasının fırtına kabarma seviyeleri hesaplanmıştır (Şekil 42).

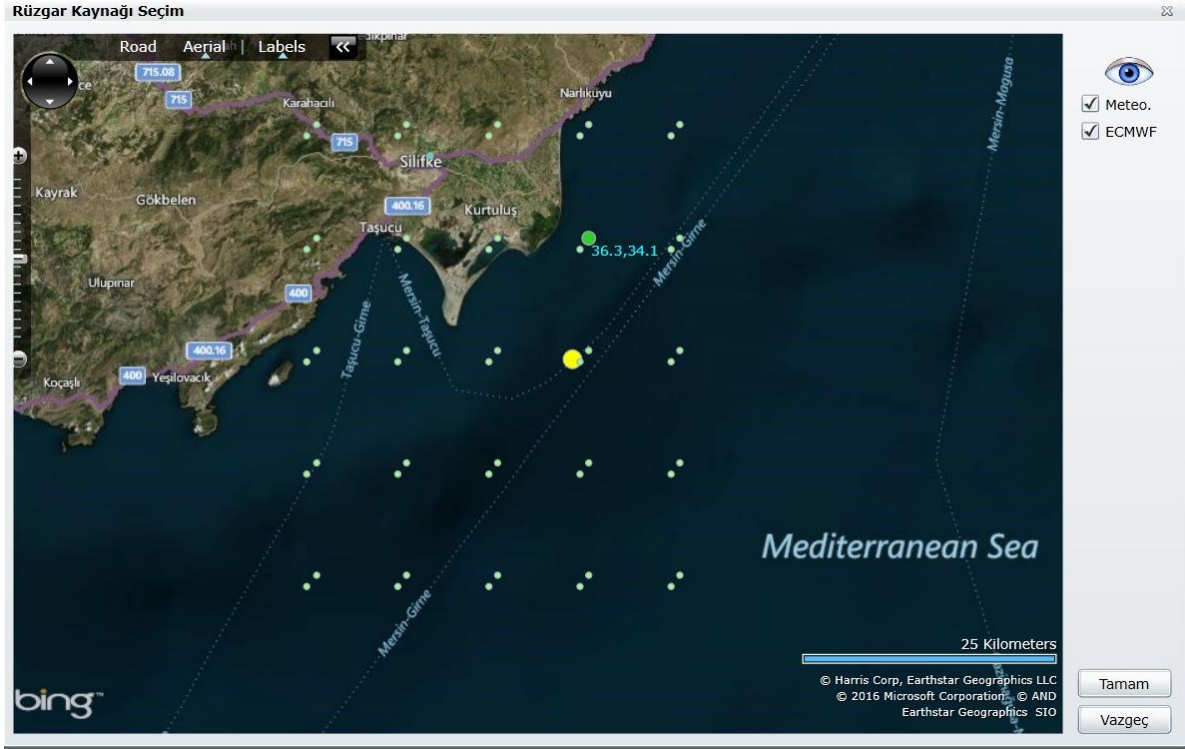


Şekil 42: Çalışma akış diyagramı

4.3.BULGULAR

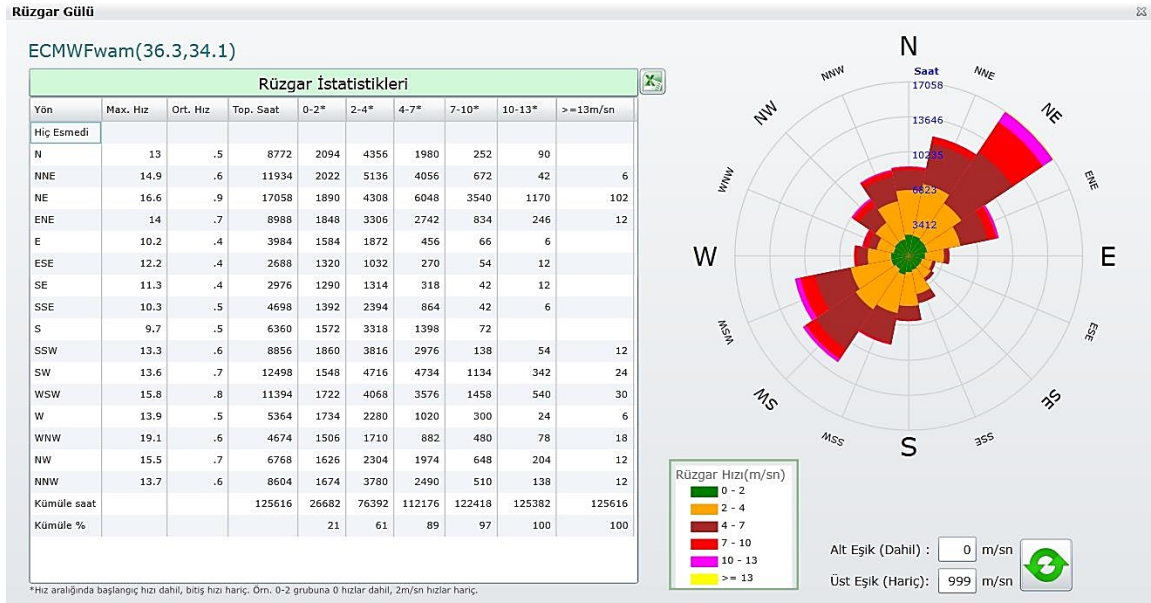
4.3.1. Çalışma Sahasının Rüzgâr İklimi

ECMWF 36'3"K – 34' 1"D koordinat noktasından üretilen 2000-2014 yıllarına ait rüzgâr verilerinin HYDROTAM-3D programında istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucu çalışma sahasının rüzgâr iklimi belirlenmiştir (Şekil 43). ECMWF'in deniz üstü rüzgâr verilerinin tahminin de başarılı sonuçlar vermesi çalışma sahasının rüzgâr ikliminin belirlenmesinde bu veri tabanından faydalanılmasını sağlamıştır.



Şekil 43: ECMWF'in 36°3'K – 34°1'D koordinat noktasının konumu (HYDROTAM-3D)

HYDROTAM-3D programında analiz edilen rüzgâr istatistikleri ve rüzgârgülü grafiğinin incelenmesi sonucunda çalışmasındaki etkili rüzgâr yönlerinin GB-KD; BGB-DKD; GGB-KKD doğrultusunda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 44). Özellikle de GB-KD; BGB-DKD doğrultusunda esen rüzgârların deniz üzerinde gerçekleşmesi nedeniyle dalga seviyesinin değişmesinde önemli rol oynamaktadır.



Şekil 44: ECMWF 36'3''K – 34' 1''D koordinat noktasının 2000-2014 yıllarına ait yönlere göre rüzgârgülü (HYDROTAM-3D)

4.3.2. Çalışma Sahası Dalga İklimi

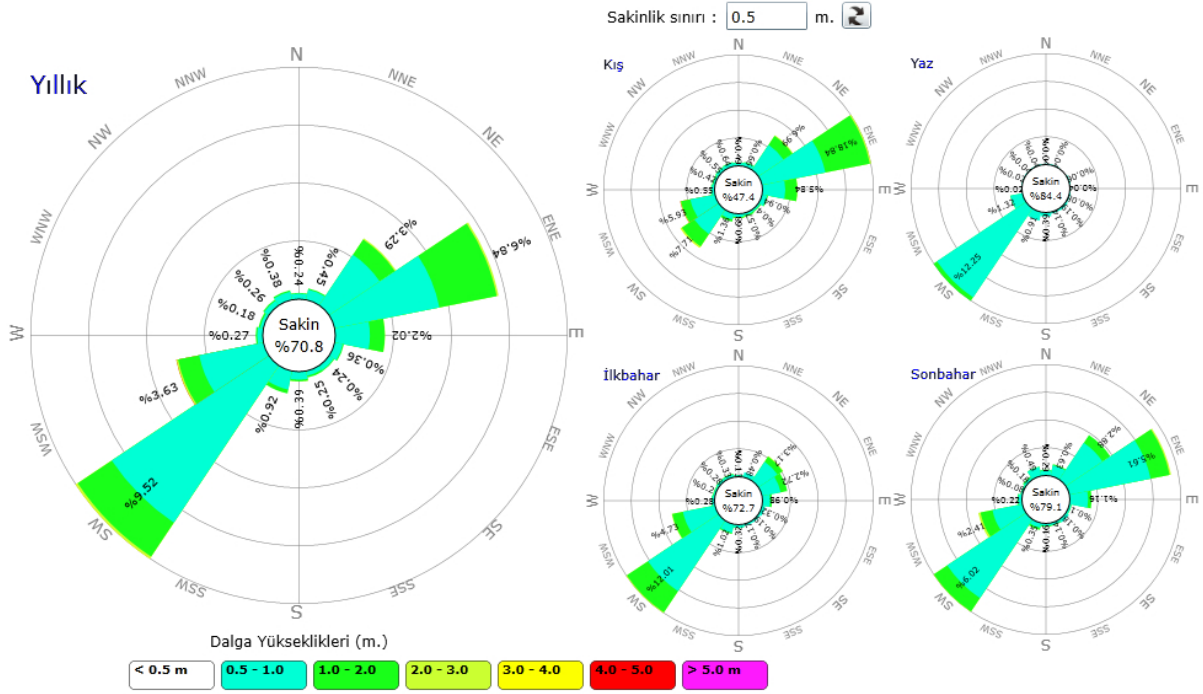
ECMWF'in 36'3''K – 34' 1''D koordinat noktasından üretilen 2000-2014 yıllarına ait dalga verilerinin HYDROTAM-3D programında değerlendirilmesi sonucunda çalışma sahasının dalga iklimi tanımlayan feç haritası ve dalga gülleri üretilmiştir. Feç haritaları, çalışma sahasında oluşan rüzgârın dalga oluşturmaları için suyu etkilediği mesafeyi göstermektedir. Bu nedenle, feç haritaları dalga karakteristikleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

Çalışma sahasının feç haritasının incelenmesi durumunda en uzun feç mesafesinin 1.201 km ile BGB yönü olduğu tespit edilmiştir (Şekil 45). Bu yönde gerçekleşen dalgaların büyüklüğü feç mesafesinin uzunluğuna bağlı olarak daha büyük olacaktır. Bu nedenle, BGB yönünde gerçekleşen fırtına kabarmalarının çalışma sahasını önemli ölçüde etkilemesi düşünülmektedir.



Şekil 45: Yönlere göre dalga kabarma mesafeleri (Feç) (HYDROTAM-3D)

Göksu Deltası kıyılarının hâkim dalga yönleri HYDROTAM-3D programında yıllık ve mevsimlik olarak değerlendirilmiştir (Şekil 46). Çalışma sahasının yıllık hâkim dalga yönünün incelenmesi sonucunda en etkin yönün GB olduğu tespit edilmiştir. Mevsimlik ölçekte hâkim dalga yönlerinin değerlendirilmesi durumunda ise sadece kış mevsiminde DKD yönünün etkin olduğu, bunun dışında diğer tüm mevsimlerde GB yönünün etkin olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 46:ECMWF 36'3"K – 34' 1"D koordinat noktasının 2000-2014 yıllarına ait yönler göre dalga yükseklikleri (HYDROTAM-3D)

4.3.3. Rüzgâr ve Dalga İstatistikleri

ECMWF'in 36'3"K – 34' 1"D koordinat noktasından üretilen 2000-2014 yıllarına ait rüzgâr ve dalga verileri HYDROTAM-3D programında zaman, yön ve şiddetine göre istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve Göksu deltası kıyılarının etkin rüzgâr ve dalga iklimleri belirlenmiştir. Çalışma sahasının yılda 1, 5 ve 10 saat aşılma olasılığına ait uzun dönem rüzgâr ve dalga iklimi istatistikleri Tablo 4'de sunulmuştur. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre Göksu Deltası kıyılarında BGB yönünde 7 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 1 saat zaman aralığındaki 15,5 m/sn hızındaki rüzgarlar çalışma sahasında en fazla 2,9 m dalga yüksekliği oluştururken; GB yönde 8 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 1 saat zaman aralığındaki 16 m/sn hızındaki rüzgarlar 2,8 m yüksekliğinde dalga oluşturmuştur (Kılar ve Çiçek 2017).

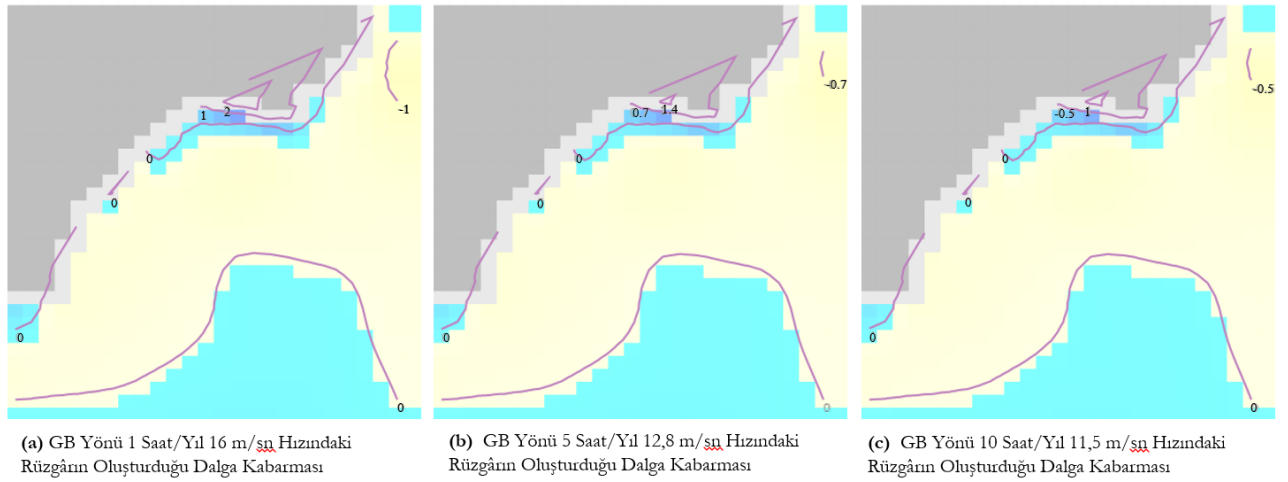
Tablo 4: ECMWF 36'3''K – 34' 1''D koordinat noktasının uzun dönem rüzgâr ve dalga istatistikleri

Saat/Yıl	1		5		10	
Yönler	Rüzgâr Hızı (m/sn)	Dalga Yüksekliği (m)	Rüzgâr Hızı (m/sn)	Dalga Yüksekliği (m)	Rüzgâr Hızı (m/sn)	Dalga Yüksekliği (m)
BGB	15,497	2,916	12,621	2,245	11,383	1,957
GB	16,002	2,828	12,898	2,271	11,561	2,03
GGB	13,059	1,777	10,312	1,354	9,129	1,172
G	8,979	1,84	7,254	1,279	6,51	1,037
GGB	9,537	1,515	7,476	1,063	6,588	0,868
GD	9,708	1,417	7,219	0,959	6,148	0,762
DGD	10,353	1,275	7,513	0,935	6,29	0,789
D	9,725	2,131	7,431	1,655	6,443	1,451
DKD	14,62	2,748	11,713	2,218	10,461	1,989
KD	16,519	2,619	13,73	2,029	12,529	1,775
KKD	12,501	1,523	10,195	1,09	9,201	0,904
K	13,321	1,319	10,475	0,921	9,249	0,75
KKB	14,392	1,457	11,381	1,032	10,084	0,849
KB	14,576	1,489	11,547	1,015	10,242	0,811
BKB	15,028	1,459	11,383	0,97	9,813	0,759
B	12,354	1,48	9,569	1,027	8,369	0,832

4.3.4. Dalga Kabarması

4.3.4.1.GB Yönü Dalga Kabarması

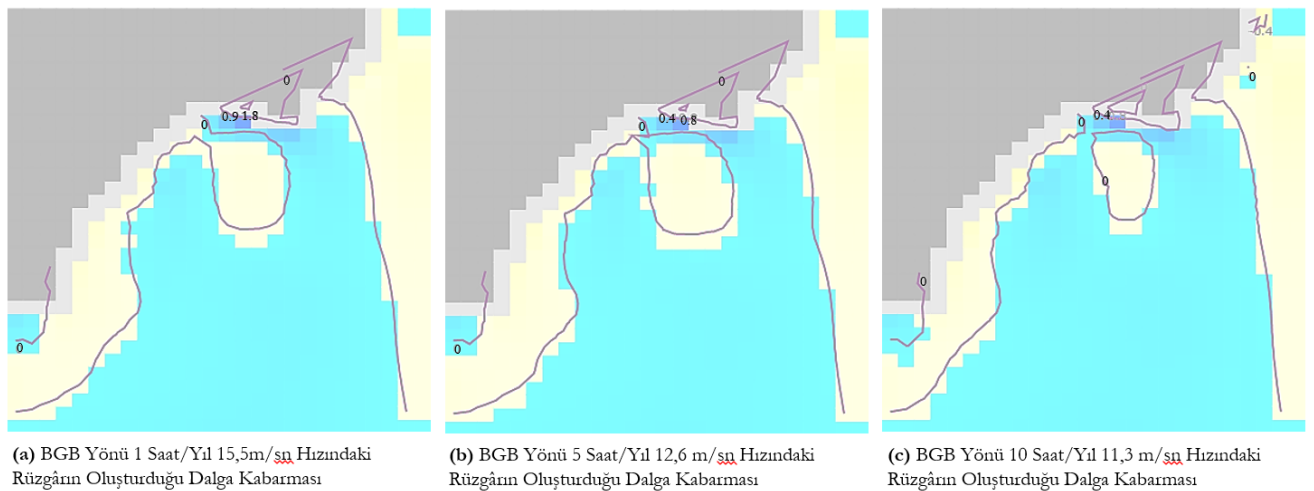
Göksu deltası kıyılarında etkili olan rüzgâr ve dalga iklimi verilerinin yön ve şiddetlerinin belirlenmesinin ardından HYDROTAM-3D programında çalışma sahasının GB ve BGB yönlerinin dalga kabarmaları hesaplanmıştır. Ekstrem istatistik analizleri sonucunda, GB yönünde 8 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 1 saat zaman aralığında oluşan ortalama 16 m/sn hızındaki rüzgârın oluşturduğu dalga kabarması en fazla 2 m iken; Şekil 47 (a). GB yönünde 1,5 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 5 saat zaman aralığında oluşan 12,6 m/sn hızındaki rüzgârın oluşturduğu dalga kabarma seviyesi en fazla 0,7 m olarak hesaplanmış; GB yönünde yılda 1 tekrarlanma olasılığına sahip yılda 10 saat zaman aralığında oluşan 11,5 m/sn hızındaki rüzgârın oluşturduğu dalga yüksekliği ise 0,5 m olduğu tespit edilmiştir Şekil 47 (b), (c) (Kılar ve Çiçek, 2017).



Şekil 47 (a, b,c): GB yönü dalga kabarmaları

4.3.4.2.BGB Yönü Dalga Kabarması

Göksu Deltası kıyılarının BGB yönünde 7 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 1 saat zaman aralığında meydana gelen ortalama 15,5 m/sn şiddetindeki rüzgârın oluşturduğu dalga kabarması en fazla 1 m'dir Şekil 48 (a). BGB yönünde 1,5 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 5 saat zaman aralığında oluşan ortalama 12,6 m/sn şiddetindeki rüzgârın meydana getirdiği dalga kabarması 0,8 m iken; BGB yönünde yılda 1 tekrarlanma olasılığına sahip yılda 10 saat zaman aralığında oluşan ortalama 11,3 m/sn şiddetindeki rüzgârın oluşturduğu dalga kabarması 0,4 m olarak belirlenmiştir Şekil 48 (b), (c) (Kılar ve Çiçek, 2017).



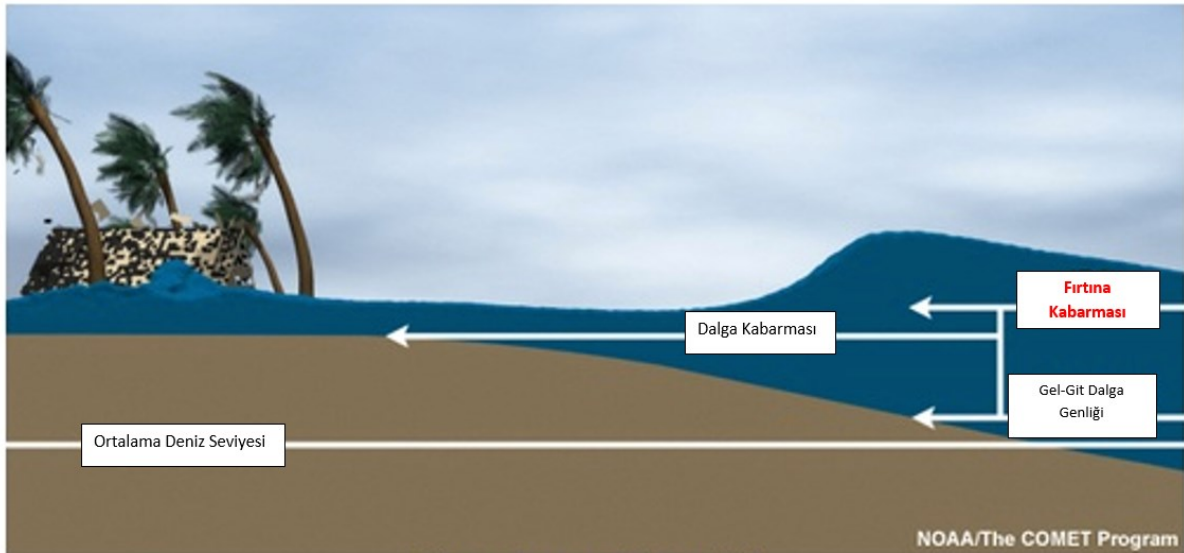
Şekil 48 (a,b,c): BGB yönü dalga kabarmaları

4.3.5. Fırtına Kabarma Seviyelerinin Hesaplanması

Göksu deltası dalga kabarma seviyelerinin belirlenmesinin ardından çalışma sahasını en fazla etkileyen GB ve BGB yönlerinin fırtına kabarma seviyeleri hesaplanmıştır. Göksu deltası kıyılarının GB ve BGB yönleri fırtına kabarma seviyelerinin belirlenebilmesi için çalışma sahasının ortalama deniz seviyesi, gel-git dalga genliği (0,20 cm) ve dalga kabarma seviyeleri belirlenmiş ve elde edilen bulgular bir araya getirilerek çalışma sahasının fırtına kabarma seviyeleri hesaplanmıştır (Şekil 49).

Çalışmada aşağıda belirtilen formülden yararlanılmıştır:

Formül: *Ortalama Deniz Seviyesi + Gel-Git Dalga Genliği + Dalga Kabarması = Fırtına Kabarması*



Şekil 49: Fırtına kabarma seviyelerinin belirlenmesi (**Kaynak-URL-5**)

4.3.5.1.GB Yönü Fırtına Kabarma Seviyesi

Göksu deltası kıyılarında meydana gelen fırtına kabarma seviyelerinin incelenmesi durumunda; en yüksek fırtına kabarmasının 3,6 m ile GB yönünde 8 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 1 saat zaman aralığında oluşan rüzgârlar tarafında gerçekleştiği tespit edilmiştir. GB yönünde 1,5 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 5 saat zaman aralığında oluşan rüzgârların meydana getirdiği fırtına kabarma seviyesi 2 m iken; GB yönünde yılda 1

tekrarlanma olasılığına sahip yılda 10 saat zaman aralığında gerçekleşen rüzgârların meydana getirdiği fırtına kabarmaları 1,7 m olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5) (Kılar ve Çiçek, 2017).

Tablo 5: Göksu deltası kıyıları GB yönü fırtına kabarma seviyeleri

Saat/Yıl	1			5			10		
YÖN	Dalga Kabarması (m)	Ortalama Deniz Seviyesi (m)	Gel-Git Dalga Genliği (m)	Dalga Kabarması (m)	Ortalama Deniz Seviyesi (m)	Gel-Git Dalga Genliği (m)	Dalga Kabarması (m)	Ortalama Deniz Seviyesi (m)	Gel-Git Dalga Genliği (m)
BGB	1	1,5	0,20	0,8	1,1	0,20	0,4	1	0,20
Dalga Yüksekliği	2,7 m			2,1 m			1,6 m		

4.3.5.2.BGB Yönü Fırtına Kabarma Seviyesi

Çalışma sahasının BGB yönünde meydana gelen şiddetli fırtına kabarma seviyelerinin değerlendirmesi sonucunda en yüksek fırtına kabarma seviyesinin 2,7 m ile 7 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 1 saat zaman aralığında meydana gelen rüzgârlar tarafından oluştuğu tespit edilmiştir. BGB yönünde 1,5 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 5 saat zaman aralığında oluşan rüzgârlar 2,1 m seviyesinde fırtına kabarmasına neden olurken; yılda 1 tekrarlanma olasılığına sahip yılda 10 saat zaman aralığında oluşan rüzgârlar 1,6 m seviyesinde fırtına kabarması meydana getirmiştir (Tablo 6) (Kılar ve Çiçek, 2017).

Tablo 6: Göksu deltası kıyıları BGB yönü fırtına kabarma seviyeleri

Saat/Yıl	1			5			10		
YÖN	Dalga Kabarması (m)	Ortalama Deniz Seviyesi (m)	Gel-Git Dalga Genliği (m)	Dalga Kabarması (m)	Ortalama Deniz Seviyesi (m)	Gel-Git Dalga Genliği (m)	Dalga Kabarması (m)	Ortalama Deniz Seviyesi (m)	Gel-Git Dalga Genliği (m)
GB	2	1,4	0,20	0,7	1,1	0,20	0,5	1	0,20
Dalga Yüksekliği	3,6 m			2 m			1,7 m		

4.4.Fırtına Kabarmalarının Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişimi Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Göksu Deltası kıyılarında etkili olan fırtına kabarmalarının yön ve seviyelerinin belirlenmesi ve çalışma sahası kıyı çizgisi değişimi üzerindeki etkisinin incelenmesini amaçlayan bu çalışmada en şiddetli fırtına kabarmalarının GB ve BGB yönlerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. GB yönünde 8 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 1 saat süreyle oluşan rüzgârlar 3,6 m seviyesinde fırtına kabarması oluştururken; BGB yönünde 7 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 1 saat zaman aralığındaki rüzgârlar 2,7 m seviyesinde fırtına kabarması oluşturmuştur.

Göksu deltası kıyılarının GB ve BGB yönlerinde meydana gelen 3,6 m ve 2,7 m seviyelerindeki fırtına kabarmaları kıyı bandında bazı tahrip edici etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çalışma sahasında GB ve BGB yönlerine en yakın alanlardan biri İncekum Burnu mevkiidir. Bilindiği üzere İncekum Burnu mevki Göksu deltası kıyılarında kıyı çizgisi değişiminin en hızlı gerçekleştiği alanlar arasında yer almaktadır. Özellikle, İncekum Burnu'nun uç kısımlarında meydana gelen aşınma faaliyetleri GB ve BGB yönlerinde etkili olan fırtına kabarmaları ile desteklenmekte ve buna bağlı olarak hızlı kıyı çizgisi gerilemeleri meydana gelmektedir. Çalışma sahasında aşınma faaliyetlerinin etkili olduğu bir diğer alan Paradeniz Lagünü kıyı kordonudur. Göksu Nehri tarafından taşınan sedimentlerin Paradeniz Lagünü kıyı kordonuna yeterli kadar ulaşmaması ve GB ve BGB yönünde meydana gelen fırtına kabarmalarının Paradeniz lagünü kıyı kordonundaki aşınmaları artırması daha fazla deniz suyunun Lagüne girmesine ve lagün ekolojisinin değişmesine neden olmaktadır.

Sonuç olarak, Göksu deltası ekolojik açıdan oldukça kırılgan bir ekosisteme sahiptir. Delta kıyılarında meydana gelen ekstrem olaylar delta kıyılarının morfolojik yapısını ve ekolojisini önemli ölçüde değiştirmekte ve delta kıyılarının sürdürülebilirliğini engellenmektedir. Çalışmanın sonucunda Göksu deltası kıyıların da etkili olan fırtına kabarmalarının son yıllarda

daha sık ve yoğun görülmeye başladığı ve bunun daha çok çalışma sahasının GB ve BGB yönlerini etkilediği tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular daha önce Göksu deltasında gerçekleşen fırtına kabarması ile ilgili haber kaynakları ile örtüşmektedir. Örneğin, 13 Eylül 2010 tarihinde gerçekleşen fırtına kabarmaları Paradeniz Lagünü kıyı kordonundaki erozyonu artırmış ve daha fazla deniz suyunun Paradeniz Lagününe girmesine ve su kalitesinin düşmesine neden olmuştur (URL-6). Ayrıca, 29 Aralık 2016 tarihinde gerçekleşen şiddetli fırtına kabarması Göksu deltası kıyılarının belirli bölümlerinin (park alanları ve sahil yolları) dalga taşkınları sonucunda su altına kalmasına ve çevresel tahribatların oluşmasına neden olmuştur (URL-7). Bu durum, Son yıllarda Göksu deltası kıyılarında etkili olan fırtına kabarmalarının şiddetinin ve yoğunluğunun arttığını ve delta kıyılarında olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olduğunu göstermektedir. Ayrıca, çalışma sahasının delta özelliğinde olması ve buna bağlı olarak topografyasının düz ve eğiminin düşük olması, delta kıyılarının zengin bir ekosisteme sahip olması, ekonomik faaliyetlerin yoğun olarak uygulanması ve son yıllarda rekreasyon faaliyetleri için daha çok tercih edilmesi bölgede gerçekleşen şiddetli fırtına kabarmalarının olumsuz etkilerini daha çok artırmaktadır.

Göksu Deltası kıyılarında meydana gelen şiddetli fırtına kabarmalarının olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için yapılması gereken çalışmaların başında çalışma sahası ile ilgili hazırlanan çalışmaların niteliğinin ve niceliğinin artırılması gelmektedir. Bunun yanı sıra, bilimsel çalışmalardan elde edilen bulgular delta kıyıları ile ilgili karar verme yetkisine sahip diğer kurum ve kuruluşlarla paylaşılmalı ve iş birliği yapılarak delta kıyıları ile ilgili etkili kararların alınması sağlanmalıdır. Delta kıyılarının arazi kullanımının risk düzeyine göre yeniden düzenlenmesi, fırtına kabarma seviyelerinin yüksek olduğu bölgelerde koruma amaçlı mahmuzların inşa edilmesi ve kıyıdan kum alımlarının durdurulması çalışma sahasında etkili olan fırtına kabarmalarının olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için yapılacak diğer önlemlidir.

V. BÖLÜM GÖKSU DELTASI DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

5.1.Göksu Deltasında Deniz Seviyesi Değişiminin Belirlenmesinin Önemi

Deniz seviyesi yükselmesi, antropojenik etkilerin küresel iklim değişikliği üzerindeki etkisinin ölçülebilir işareti olarak tanımlanmaktadır (Kuo, 2006). Deniz seviyesinde meydana gelen değişimler yükseltisi az olan kıyılarda ve adalardaki insan nüfusunun yaşam kalitesi üzerindeki önemini göstermekle kalmamakta aynı zaman da iklim değişikliğinin de önemli bir parametresi olarak kabul edilmektedir (Chang vd., 2013). Bu nedenle, deniz seviyesinde meydana gelen değişimler hem toplumsal hem de bilimsel araştırma konularında oldukça önemli bir referans kaynağıdır. Günümüzde, deniz seviyelerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi durumunda oldukça farklı sonuçlar tespit edilmiştir. Bir diğer ifade ile deniz seviyeleri farklı zamanlarda ve farklı kıyı bölgelerinde homojen olmayan bir değişim göstermiştir (Bindoff et al., 2007).

Küresel ve Akdeniz bölgesi ölçeğinde deniz seviyesi değişimini etkileyen çeşitli parametreler bulunmaktadır. Bunlar, deniz suyu sıcaklığı, tuzluluk ve basınç gibi suyun hacmini etkileyen parametreler olmasının yanı sıra; okyanus ile diğer yüzeyler (buzul örtüleri, kara ve su kaynakları ve atmosfer) arasında gerçekleşen su kütlesi değişimini etkileyen parametrelerde bulunmaktadır (IPCC, 2001; 2007; Öztürk, 2011; Cazenave ve Nerem, 2004). Cazenave ve Nerem (2004) yılında gerçekleştirmiş olduğu çalışmada okyanus ve denizlerin sularında meydana gelen ısınmanın termal genişleme sonucunda deniz seviyesi değişimine olan katkısının 0,3 – 0,7 mm/yıl; karasal (dağlık) alanlardaki buzul erimelerinin ise 0,2 – 0,4 mm/yıl oranında katkı sağladığını tespit etmiştir. Ayrıca, çalışmada insan faaliyetleri sonucunda kullanılan karasal su kaynaklarının da küresel deniz seviyesi değişimini doğrudan etkilediğine değinilmiştir.

Son yıllarda, deniz seviyesi değişimlerinin belirlenmesinde uydu görüntüleri ve mareograf istasyonlarından faydalanılmaktadır (Kuo, 2006).Uydu görüntüleri ve mareograf istasyonları

arasında ki temel farklılıklar mareograf istasyonlarının noktasal ölçümlerden elde edilen deniz seviyesi değişim verileri üretmesi (Dean and Houston, 2013) ve uzun dönemli deniz seviyesi değişim eğiliminin incelenmesine olanak sağlamasıdır (Ezer, 2013). Bu nedenle, uydu görüntüleri ve mareograf istasyonlarından temin edilen deniz seviyesi değişim değerleri veri kaynaklarının farklı özelliklere sahip olması nedeni ile farklı sonuçlar elde edilmektedir.

Küresel ve Akdeniz bölgesi ölçeğinde farklı araştırmacılar tarafından farklı yaklaşımlarla deniz seviyesi değişim değerleri incelenmektedir. Örneğin, küresel deniz seviyesi artışının 20. yüzyıl boyunca 1-2,5 mm/yıl oranında gerçekleştiği ve bu durumun Akdeniz kıyıları için de geçerli olduğu kabul edilmiştir (Cazenave ve Nerem, 2004; Klein ve Lichter, 2009). 20. Yüzyıl boyunca meydana gelen deniz seviyesi artışı dönem boyunca aynı eğilimde gerçekleşmediği farklı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Örneğin, 1961-1989 yılları arasında atmosfer basıncının düşmesi nedeni ile deniz seviyesinde alçalma eğilimi gözlemlenirken; 1993 yılı ve sonrasında uydu görüntüleri ile gerçekleştirilen deniz seviyesi değişim çalışmalarında küresel ve Akdeniz bölgesi ölçeğinde deniz seviyesinde artışların meydana geldiği tespit edilmiştir (Klein ve Lichter, 2009; Marcos ve Tsimplis, 2008; Öztürk, 2011).

Deniz seviyesinde meydana gelen artışlar, dünya nüfusunun en yoğun olduğu kıyı bölgelerinde sosyal ve ekonomik zararların meydana gelmesine neden olmaktadır (Kuo, 2006). Karaca ve Ünal (2003) yılında gerçekleştirmiş oldukları çalışmada Türkiye kıyılarında meydana gelecek 1 m deniz seviyesi artışının yerleşim alanlarına ve ekonomiye etkisini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda, Gayri Safi Millî Hâsılatının yaklaşık %10'nun kaybedileceği tespit edilmiştir (Simav vd., 2008). Deniz seviyesi artışlarının sosyal ve ekonomik faaliyetler üzerinde olumsuz etkilerinin olmasının yanı sıra; kıyı ekolojisi üzerinde de olumsuz etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Özellikle, delta alanları gibi yükseltisi az olan kıyı bölgelerinde meydana gelen deniz seviyesi yükselmeleri erozyon faaliyetlerinin artmasına, yer altı ve yer üstü su kaynaklarının tuzlanmasına, şiddetli fırtına kabarmalarının gerçekleşmesi ve taşkınların

oluşmasına neden olmaktadır (IPCC, 2014; Özyurt vd., 2007; Nicholls and Leatherman, 1994; Simav vd., 2008).

Göksu deltası kıyıları, Akdeniz kıyıları boyunca deniz seviyesi yükselmelerinin olumsuz etkilerinin en fazla gözlemleneceği ekolojik açıdan hassas alanlardan biridir. Bu nedenle, delta kıyılarında meydana gelen deniz seviyesi değişimlerinin belirli aralıklarla ölçülmesi ve değişime neden olan faktörlerin incelenerek gerekli önlemlerin alınması çalışma sahası kıyılarının sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir.

5.2.Çalışmanın Yöntemi

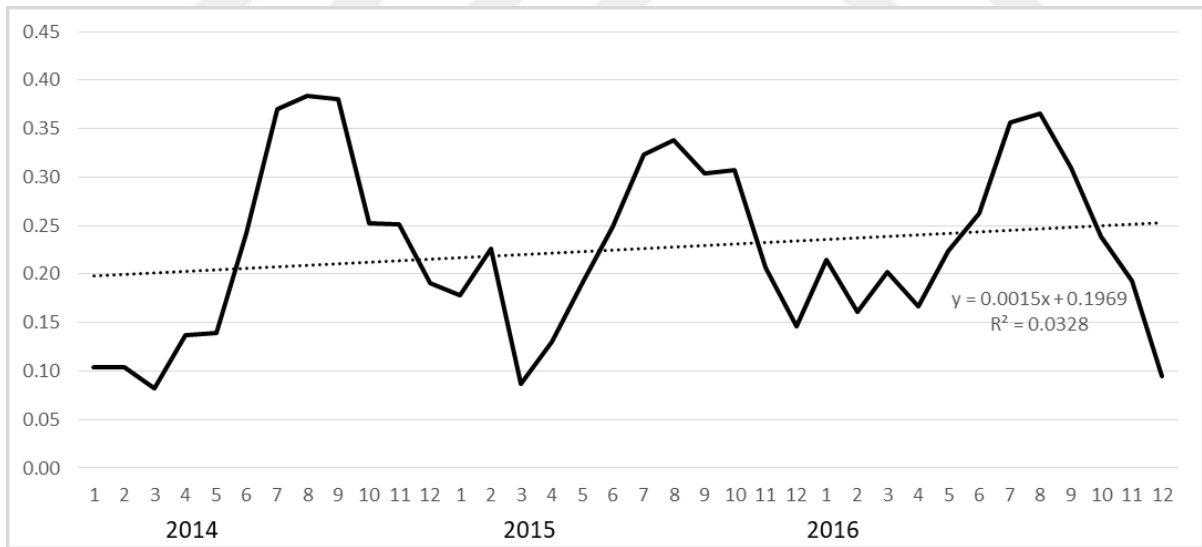
Göksu deltası kıyılarında meydana gelen deniz seviyesi değişimlerinin incelenmesi ve deniz seviyesi değişimine neden olan faktörlerin belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada öncelikle çalışma sahasına ait veri setleri temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler; Erdemli İstasyonunun deniz seviyesi değişimi, deniz suyu sıcaklığı ve deniz yüzeyi basıncıdır. Erdemli İstasyonu deniz seviyesi değişimi verileri Harita Genel Komutanlığı'nın Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) biriminden (URL-8) temin edilirken; deniz suyu sıcaklığı ve deniz yüzeyi basıncı verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışma sahasına ait deniz seviyesi ve deniz iklimi verilerinin ilgili kurumlardan temin edilmesi Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında yürütülmekte olan **15B0759002** kodlu proje kapsamında gerçekleşmiştir. Göksu delta kıyılarına ait verilerin ilgili kurumlardan temin edilmesinin ardından veri setleri zamansal ölçeklerine göre sınıflandırılmış ve Mann-Kendall sıra korelasyon istatistiği ile analiz edilerek çalışma sahasının 2014, 2015 ve 2016 yıllarının aylık deniz seviyesi değişimi, deniz suyu sıcaklık değişimi ve deniz suyu basınç değişimi grafikleri üretilmiştir.

5.3.BULGULAR

5.3.1. Erdemli İstasyonu Deniz Seviyesi Değişim Eğilimi

5.3.1.1.Aylık Deniz Seviyesi Değişim Eğilimi

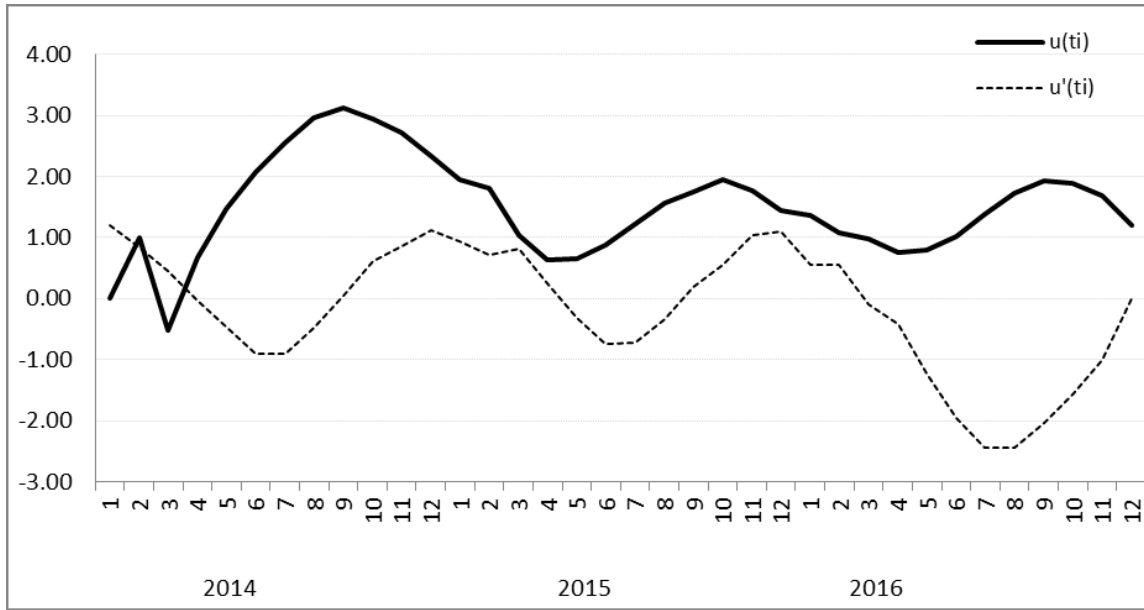
Erdemli istasyonunun 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait aylık deniz seviyesi değişim verilerinin değerlendirilmesi sonucunda çalışma sahasının aylık ortalama deniz seviyesi değişiminin 0,20 cm olduğu tespit edilmiştir. Göksu deltası kıyılarında en yüksek deniz seviyesi değerleri 7, 8 ve 9’uncu aylarda ölçülürken; en düşük deniz seviyesi değerleri 12, 1 ve 2’inci aylarda ölçülmüştür. Bu durum, yaz aylarında deniz suyu sıcaklığının artması sonucunda termal genişlemenin etkisi ile çalışma sahası kıyılarında deniz seviyesi değerlerinin daha yüksek seviyelere ulaştığı kış aylarında ise deniz suyunun soğuması ve termal genişlemenin etkisinin azalması sonucunda deniz seviyelerinde düşüşlerin gerçekleştiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, Erdemli istasyonu tüm yılların aylık deniz seviyesi değişim eğiliminin incelenmesi sonucunda 0.03 R² katsayısı düzeyinde zayıf bir artış eğilimi saptanmıştır (Şekil 50).



Şekil 50: Erdemli istasyonu deniz seviyesi değişimi

Erdemli istasyonu deniz seviyesi değişim değerlerinin Mann-Kendall sıralı korelasyon istatistiği anlamlılık düzeyine göre değerlendirilmesi durumunda mevsimsel bir değişimin görüldüğü, bu değişim eğiliminin ise sadece 2014 yılının 7. 8. ve 9. aylarında anlamlı artışlar

gösterdiği bunun dışındaki diğer tüm yılların aylık değişiminde anlamsız düzeyde artış ve azalış eğilimlerinin gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 51).

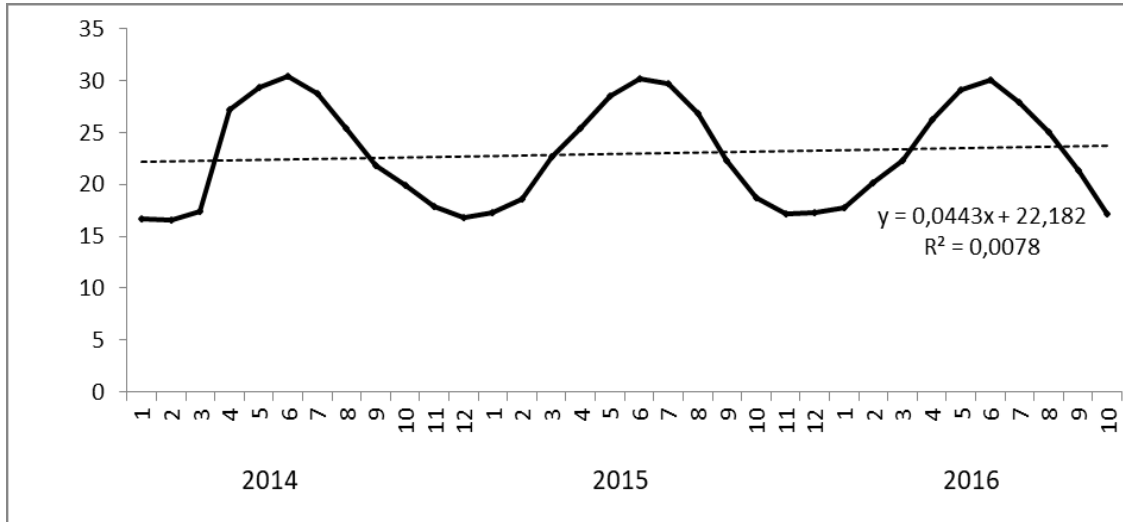


Şekil 51: Erdemli istasyonu deniz seviyesi değişimi Mann-Kendall değerleri

5.3.2. Erdemli İstasyonu Deniz Yüzeyi İklim Eğilimi

5.3.2.1. Deniz Suyu Sıcaklık Eğilimi

Erdemli istasyonu 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait aylık ortalama deniz suyu sıcaklık değişimlerinin incelenmesi sonucunda çalışma sahası deniz suyu sıcaklığının ortalama 23 C° olduğu tespit edilmiştir. Göksu deltası kıyılarındaki en yüksek deniz suyu sıcaklığı 6 ve 7. aylarda ölçülürken en düşük deniz suyu sıcaklığı 11, 12 ve 1. aylarda ölçülmüştür. Bu nedenle, çalışma sahası kıyılarında yaz aylarında deniz suyu sıcaklıkları yüksek değerlere ulaşırken; kış aylarında düşmüştür. Erdemli istasyonunun 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait aylık deniz suyu sıcaklığı artış eğiliminin incelenmesi durumunda ise 0,007 R² düzeyinde düşük artış eğilimi gözlemlenmiştir (Şekil 52).



Şekil 52: Erdemli istasyonu deniz suyu sıcaklığı

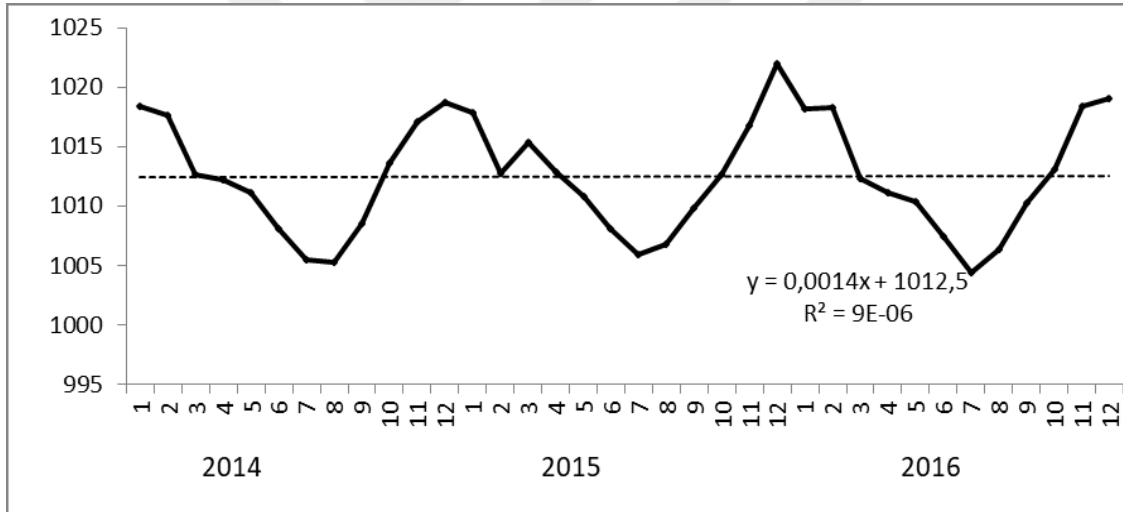
Erdemli İstasyonunun deniz suyu sıcaklık değerleri değişiminin Mann-Kendall sıra korelasyon analizinin anlamlılık düzeyine göre değerlendirilmesi sonucunda sadece 2014 yılının 6. ve 7. aylarında anlamlı deniz suyu sıcaklık artışların meydana geldiği bunun dışındaki diğer tüm yılların aylık deniz suyu sıcaklık değişimlerinde anlamsız artış ve azalış eğilimlerinin gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu durum, Erdemli İstasyonunun deniz suyu sıcaklık değerlerinde sadece 2014 yılında belirgin değişimlerin yaşandığını bunun dışındaki diğer tüm dönemlerde ise düşük düzeyde değişimlerin gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 53).



Şekil 53: Erdemli istasyonu deniz suyu sıcaklığı Mann-Kendall değerleri

5.3.2.2. Deniz Yüzeyi Basınç Eğilimi

Erdemli İstasyonu 2014, 2015 ve 2016 yıllarının aylık deniz yüzeyi basınç değerlerinin incelenmesi sonucunda Göksu deltası kıyılarının ortalama deniz yüzeyi basıncının 1012 hPa olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sahasının en düşük basınç değerleri 7 ve 8. aylarda ölçülürken; en yüksek basınç değerleri 12 ve 1. aylarda ölçülmüştür. Bu durum, çalışma sahası kıyılarında yaz aylarında ısınmaya bağlı olarak deniz yüzeyi basıncında düşme; kış aylarında ise soğumanın etkisi ile deniz yüzeyi basıncında yükselmelerin meydana geldiğini göstermektedir. Erdemli istasyonunun 2014, 2015 ve 2016 yıllarının aylık deniz yüzeyi basınç değerlerinin incelenmesi durumun da ise $9E-06$ R^2 regresyon katsayısında belirgin bir eğilim tespit edilmemiştir (Şekil 54).



Şekil 54: Erdemli istasyonu deniz yüzeyi basınç değişimi

Erdemli İstasyonu deniz yüzeyi basınç değerlerinin Mann-Kendall sıra korelasyon analizi sonuçlarına göre 2014 yılının 7. ve 8. aylarında anlamlı düşüşlerin gözlemlendiği bunun dışındaki diğer tüm yılların aylık deniz yüzeyi basıncı değişimlerinde anlamsız artış ve azalış eğilimlerinin meydana geldiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Erdemli istasyonunun deniz yüzeyi basınç değerlerinde sadece 2014 yılının 7. ve 8. aylarında belirgin bir değişim gözlemlenmiş bunun dışındaki diğer dönemler de önemli değişimler meydana gelmemiştir (Şekil 55).



Şekil 55: Erdemli istasyonu deniz yüzeyi basınç Mann-Kendall değerleri

5.4. Deniz Seviyesi Değişiminin Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişimi Üzerindeki Etkisi

Erdemli İstasyonu 2014, 2015, 2016 yıllarına ait aylık deniz seviyesi, deniz suyu sıcaklığı ve deniz yüzeyi basıncı değerlerinin incelenmesi sonucunda en belirgin değişimlerin 2014 yılında meydana geldiği tespit edilmiştir. Özellikle, 2014 yılının 7. ve 8. aylarında meydana gelen anlamlı deniz seviyesi ve deniz suyu sıcaklığı artışları ile anlamlı deniz yüzeyi basıncı düşüşleri en belirgin değişimlerin gerçekleştiği dönemleri göstermiştir. Bunun dışındaki diğer tüm yılların aylık değişimlerinde anlamlı artış ve azalma eğilimleri gözlemlenmemiştir.

Çalışmadan elde edilen bir diğer önemli durum deniz suyu sıcaklığının en yüksek olduğu dönemlerde ve deniz yüzeyi basıncının en düşük olduğu dönemlerde deniz seviyesi en yüksek seviyelerde ölçülmüştür. Bu durum, deniz seviyesinde meydana gelen artışların doğrudan deniz suyu sıcaklığındaki artış ve deniz yüzeyi basıncındaki azalma ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, Göksu deltası deniz seviyesi değişimlerinin incelenmesi sonucunda sadece 2014 yılının 7. ve 8. aylarında meydana gelen artışların çalışma sahası kıyı çizgisi değişimini etkilediği bunun dışındaki diğer dönemlerde ise deniz seviyesi değişimlerinin kıyı çizgisi değişimi üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir.

Akdeniz kıyılarında meydana gelen deniz seviyesi artışları global deniz seviyesi artışları ile aynı düzeyde gerçekleştiği pek çok araştırmacı tarafından kabul edilmektedir (Cazenave ve Nerem, 2004; Klein ve Lichter, 2009). Göksu deltasının Akdeniz kıyılarında yer alması ve delta özelliğinde olması, delta kıyılarının yükseltisinin ve eğiminin düşük olması deniz seviyesinde meydana gelen artışlarının olumsuz etkilerini artırmaktadır. Son yıllarda, Göksu deltası kıyılarında meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin deniz seviyesinde meydana gelen artışlar tarafından da tetiklendiği varsayılmaktadır. Delta kıyılarında etkili olan deniz seviyesi yükselmelerinin olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için gerçekleştirilmesi gereken çalışmalardan bazıları şunlardır; delta ekolojisinin korunması, delta kıyılarındaki insan baskısının azaltılması ve beşeri faaliyetlerin delta kıyıları üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması, delta kıyıları ile ilgili gerçekleştirilen deniz seviyesi değişimi çalışmalarının niteliğinin ve niceliğinin artırılması, kıyı kanundaki yaptırımların artırılmasıdır.

VI. BÖLÜM GÖKSU NEHRİ AKIM VE SEDİMENT TAŞINIM İLİŞKİSİ

6.1. Göksu Nehrinin Akım ve Sediman Değerlerinin İncelenmesinin Önemi

Akarsular tarafından taşınan sediment miktarı delta kaynaklarının gelişimi açısından oldukça önemlidir. Güncel deltalar, Geç Pleyistosen döneminin son buzul maksimumunda deniz seviyesinin düşmesi ve akarsuyun aşağı çıkışında sediment birikimi sonucunda oluşmuştur (Stanley ve Warne, 1994). Bu nedenle, delta morfolojisinin gelişimi deniz seviyesi yükselmesi ve sediment birikimi arasındaki dengeye bağlıdır (Tessler, vd., 2018). Son yıllarda, delta alanları antropojenik faaliyetler ve doğal olaylardaki ekstrem koşullara bağlı olarak değişimlere maruz kalmaktadır. Delta alanlarında etkili olan antropojenik faaliyetlerden en önemlisi akarsular üzerine inşaa edilen barajlardır (Nilsson vd., 2005). Akarsular üzerine inşa edilen barajlar akarsuyun aşağı çıkışına daha az sediment ulaşmasına ve delta bölgelerinin gelişiminin yavaşlamasına neden olmaktadır (Meade vd., 1990; Kondolf, 1997; Vörösmarty vd., 2003; Syvitski ve Milliman, 2007). Örneğin, Nile (Stanley ve Warne, 1993), Colorado (Carriquiry vd., 2001), Ebro (Batalla vd., 2004), Mississippi (Blum ve Roberts, 2009), Luanhe (Qian, 1994), Yellow (Wang vd., 2010), Yangtze (Yang vd., 2011) ve Pearl (Zhang vd., 2008) nehirleri erozyon faaliyetlerinin en yoğun gerçekleştiği alanlar arasında yer almaktadır. Türkiye deltaları da son yıllarda sediment azalması sonucu hızla değişime maruz kalmaktadır. Göksu deltası bu alanlar arasında en hızlı değişiminin gözlemlendiği alanlardan birisidir. Göksu Nehri üzerine inşa edilen barajlar deltanın morfolojik gelişimini önemli ölçüde etkilemekte ve aynı zamanda delta kıyılarında hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin gerçekleşmesine neden olmaktadır (Keçer ve Duman, 2007).

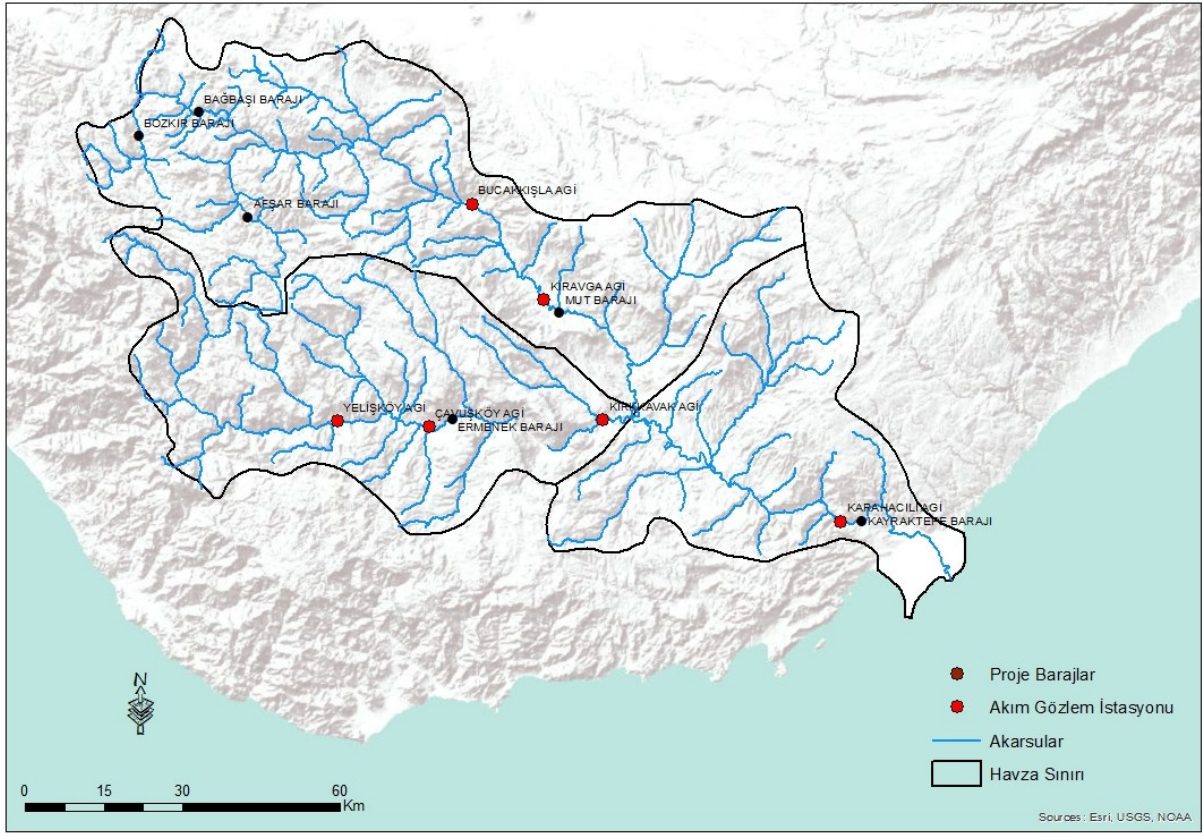
Bu çalışmada, Göksu Nehri'nin akım ve sediment değerlerinde meydana gelen değişimlerin Göksu deltası kıyı çizgisi değişimine olan etkinin araştırılması amaçlanmıştır. Bilindiği üzere son yıllarda beşeri faktörlerin Göksu deltası kıyıları üzerindeki baskısı sonucunda delta kıyılarında hızlı kıyı çizgisi değişimleri meydana gelmektedir. Deltada kıyılarında meydana

gelen hızlı kıyı çizgisi değişimini tetikleyen faktörlerden biri de Göksu Nehrinin akım ve sediment değerlerinde meydana gelen değişimlerdir. Özellikle, akarsu ağzı ve çevresinde meydana gelen kıyı çizgisi değişimleri Göksu Nehrinin taşımış olduğu akım ve sediment değerlerinden doğrudan etkilenmektedir. Bu nedenle, Göksu deltası kıyılarında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin incelenmesi ve delta kıyılarında etki olan süreçlerin doğru değerlendirilmesi için Göksu Nehrinin akım ve sediment değerlerinin incelenmesi oldukça önemlidir.

6.2. Göksu Nehir Havzasının Genel Özellikleri

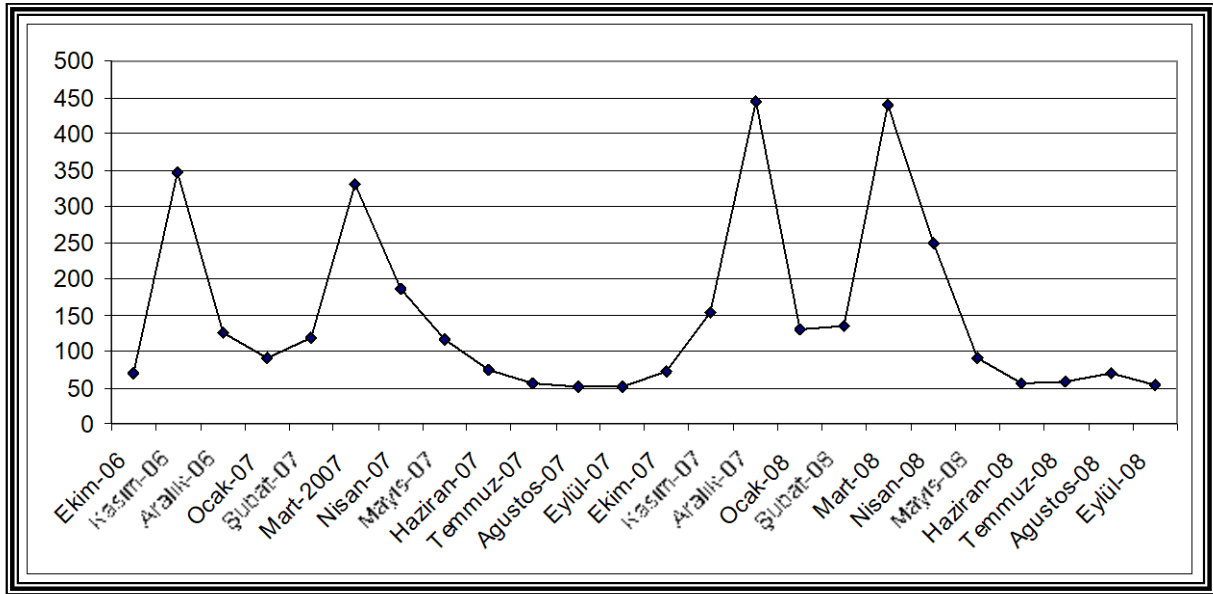
Göksu Nehri, Orta ve Batı Toroslar arasında yer alan ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan 260 km uzunluğunda Akdeniz'in en önemli akarsularından birisidir. Göksu Nehrinin havza büyüklüğü 10.400 km²'dir. Göksu Nehri iki temel kolu olan Ermenek çayı ve Göksu Nehri ile Mut yakınlarında birleşmekte ve Akdeniz'e Göksu Nehri olarak boşalmaktadır (Şekil 56).

Göksu Nehri üzerinde 5 adet akım gözlem istasyonu bulunmaktadır. Bunlar; Bucakkışla (Göksu Nehri-1712), Karahacılı (Göksu Nehri-1714), Kıravga (Göksu Nehri-1731), Yeşilköy (Ermenek Çayı-1726) ve Kırkkavak (Ermenek Çayı-1719) istasyonlarıdır. Göksu Nehrinin farklı bölümlerine kurulan bu istasyonlardan elde edilen veriler Göksu Nehrinin akım ve sediment değerlerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesine olanak sağlamaktadır.



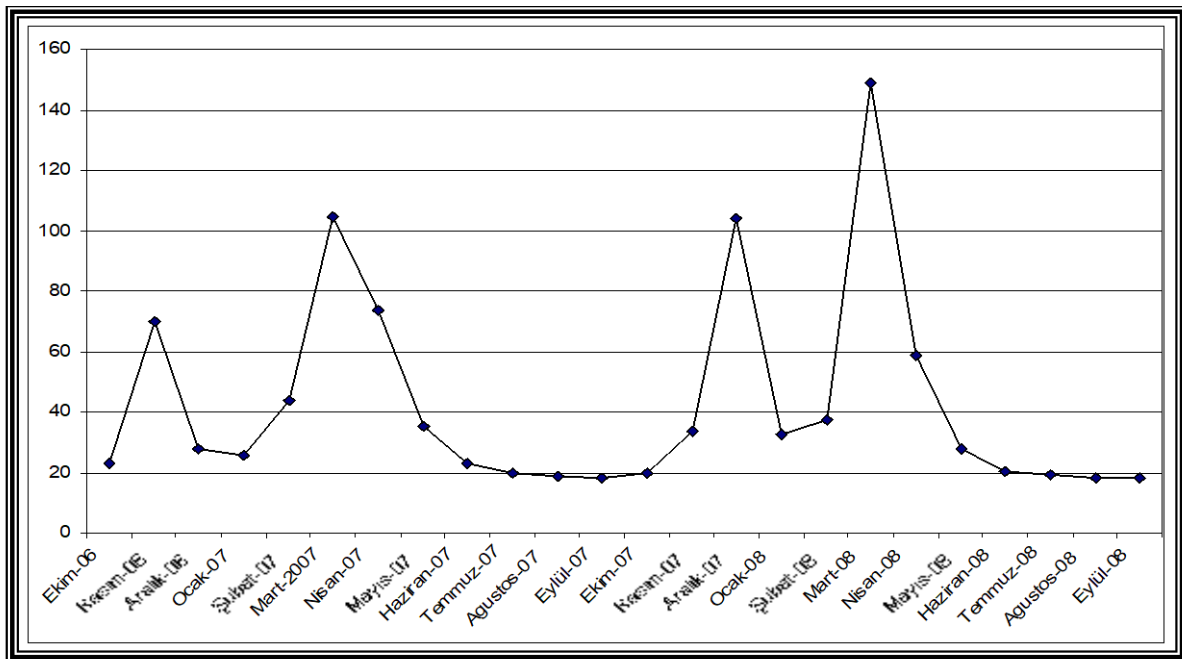
Şekil 56: Göksu Nehri havzası

Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı (ÖÇK) tarafından yayınlanan 2009 yılı raporunda eski ismi Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) yeni ismi ise Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nden (YEGM) temin edilen Göksu Nehri akım gözlem istasyonlarının yıllık akım ve sediment değerleri incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre Karahacılı akım gözlem istasyonunun akım verileri Kasım 2006'da $350 \cdot 10^6$ m³/ay, Mart 2007'de $330 \cdot 10^6$ m³/ay, Aralık 2007'de $450 \cdot 10^6$ m³/ay, Mart 2008'de ise $455 \cdot 10^6$ m³/ay olarak ölçülmüştür. İstasyonda en düşük akım değerleri haziran ve ekim aylarında gerçekleşmiştir. Eylül 2007 akım değeri ise $50 \cdot 10^6$ m³/ay olarak ölçülmüştür (Şekil 57).



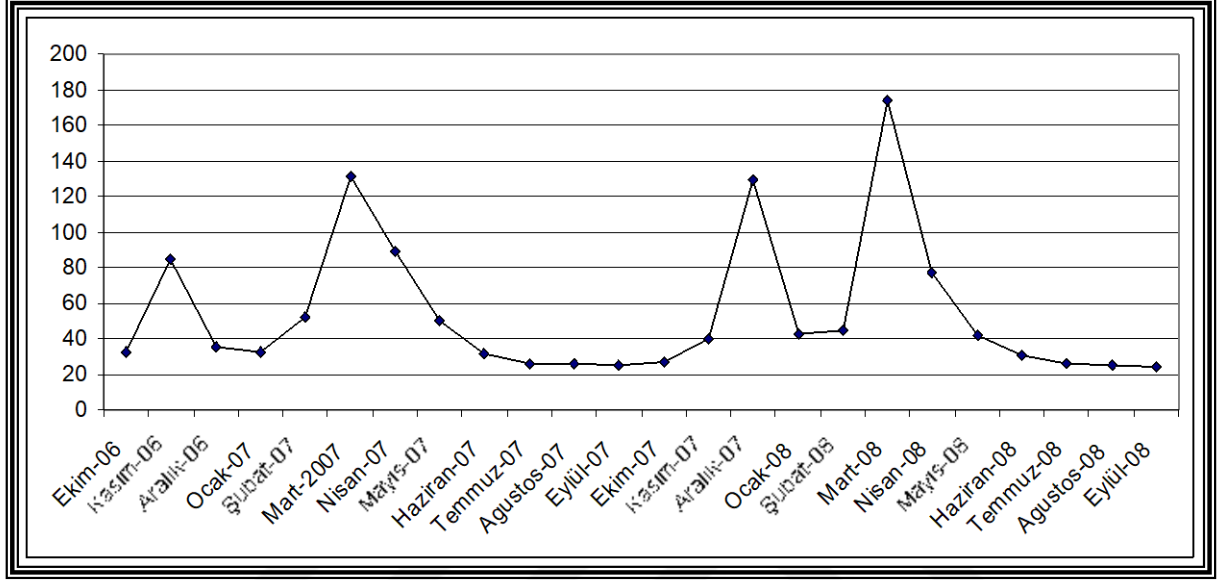
Şekil 57: Karahacılı-Göksu Nehri (1714) AGİ verilerine göre aylık debi değişimi

Bucakkışla istasyonunun 2006-2008 yılları arasındaki aylık akım değerlerinin incelenmesi durumunda akarsuyun maksimum ortalama debisi Mart 2007’de $105 \cdot 10^6$ m³/ay, minimum debisi ise Eylül 2007’de yaklaşık $19 \cdot 10^6$ m³/ay, Ağustos ve Eylül 2008’de ise benzer değerler elde edildiği tespit edilmiştir (Şekil 58).



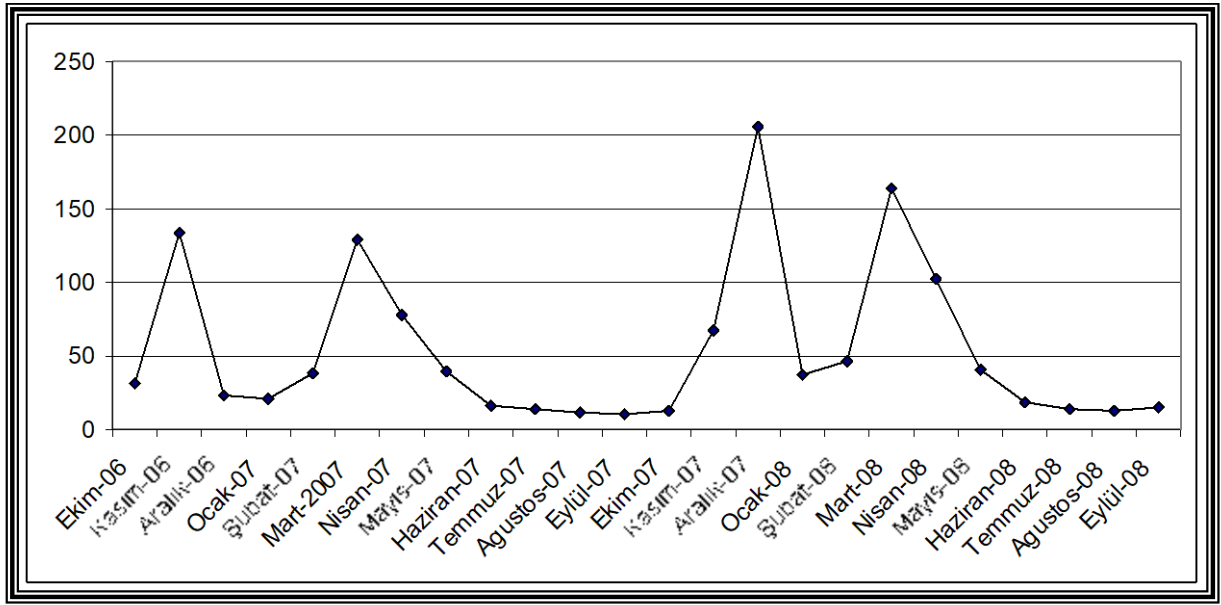
Şekil 58: Bucaklışlar-Göksu Nehri (1712) AGİ verilerine göre aylık debi değişimi

Kıravga İstasyonunun 2006-2008 yılları aylık akım değerlerinin incelenmesi durumunda Mart 2007’de yaklaşık $130 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ay}$ ile maksimum düzeyde olduğu, Eylül 2007’de $22 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ay}$ ile minimum düzeye düştüğü tespit edilmiştir. Kıravga İstasyonu Mart 2008’de maksimum $175 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ay}$ seviyesine ulaşmış; Eylül’de $22 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ay}$ ’e düşmüştür (Şekil 59).



Şekil 59: Kıravga-Göksu Nehri (1731) AGİ verilerine göre aylık debi değişimi

Yeşilköy İstasyonunun akım değerlerinin incelenmesi durumunda Kasım 2006, Mart 2007, Aralık 2007 ve Mart 2008’de akım değerlerinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. En yüksek akım değeri Aralık 2007’de $205 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ay}$ ölçülmüştür. En düşük akım değeri ise yaklaşık $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ay}$ ile Eylül 2007 tarihinde ölçülmüştür (Şekil 60).



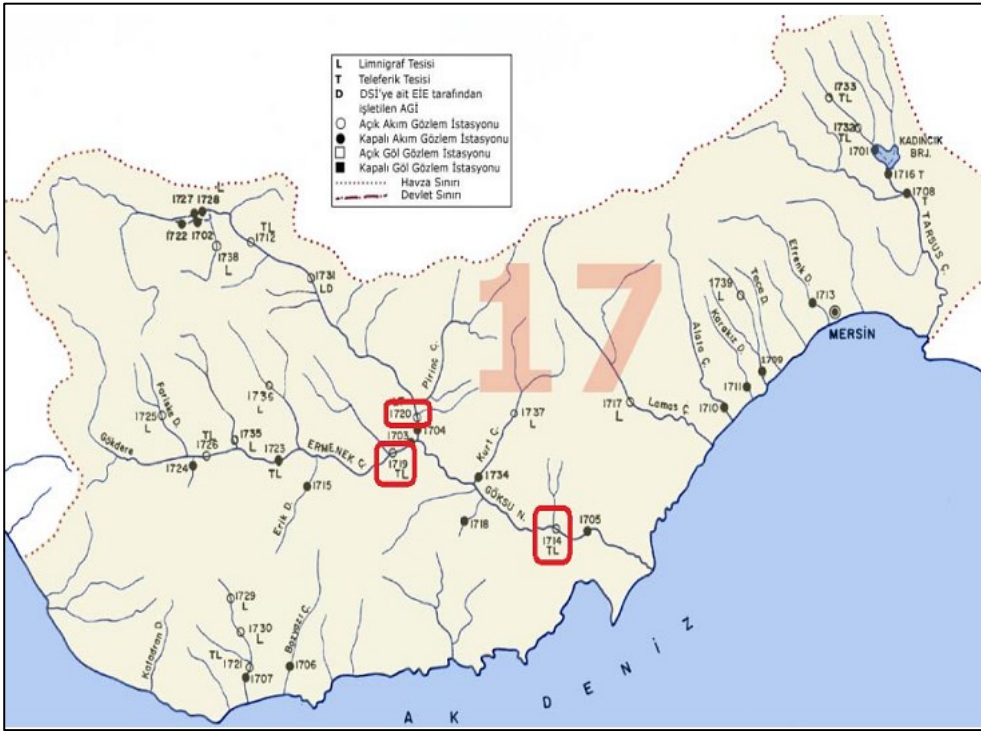
Şekil 60: Yeşilköy-Ermenek Çayı (1726) AGİ verilerine göre aylık debi değişimi

Göksu Nehrinin sediment değişim değerlerinin incelenmesi durumunda ise Bucakkışla istasyonunun sediment ölçüm değerleri yılda ortalama 272.313 ton olarak ölçülürken; Karahacılı istasyonunun sediment değeri 2.809.008 ton/yıl olarak ölçülmüştür.

Bu çalışmada, Göksu Nehri Karahacılı istasyonunun 1967-2012 yıllarına ait yıllık ve aylık akım ve sediment değerleri değişiminin incelenmesi, sonuçların ÖÇK 2009 yılı rapor sonuçları ile karşılaştırılması ve Göksu Nehrinin akım ve sediment değerlerinde meydana gelen değişimlerin Göksu deltası kıyı çizgisi değişimi üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

6.3.Çalışmanın Yöntemi

Göksu Nehrinin akım ve sediment değerlerinde meydana gelen değişimlerin incelenmesini amaçlayan bu çalışmada öncelikle Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) 1714 Nolu Karahacılı Akım Gözlem İstasyonunun (AGİ) akım ve sediman değerleri temin edilmiştir. 1714 Nolu Karahacılı Akım Gözlem İstasyonu Göksu Nehrinin Akdeniz'e döküldüğü alanda yer almaktadır (Şekil 61).



Şekil 61: Göksu Nehri 1714 nolu Karahacılı akım gözlem istasyonu (YEGM)

Göksu Nehri Karahacılı AGİ'nun 1967-2012 yıllarına ait akım ve sediment verilerinin temin edilmesinin ardından veri setleri aynı dönemleri yansıtacak şekilde düzenlenmiş ve analiz işlemleri gerçekleştirilerek çalışma sahasının yıllık ve aylık akım ve sediment değerleri değişim grafikleri üretilmiştir. Çalışmanın sonucunda, Karahacılı AGİ'nun 1967-2012 yıllarına ait yıllık ve aylık akım ve sediment değişim eğilimleri ÖÇK 2009 yılı raporunda belirtilen akım ve sediment değerleri değişimi ile karşılaştırılmış ve Göksu Nehrinin akım ve sediment değerleri değişiminin çalışma sahası kıyı çizgisi değişimi üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

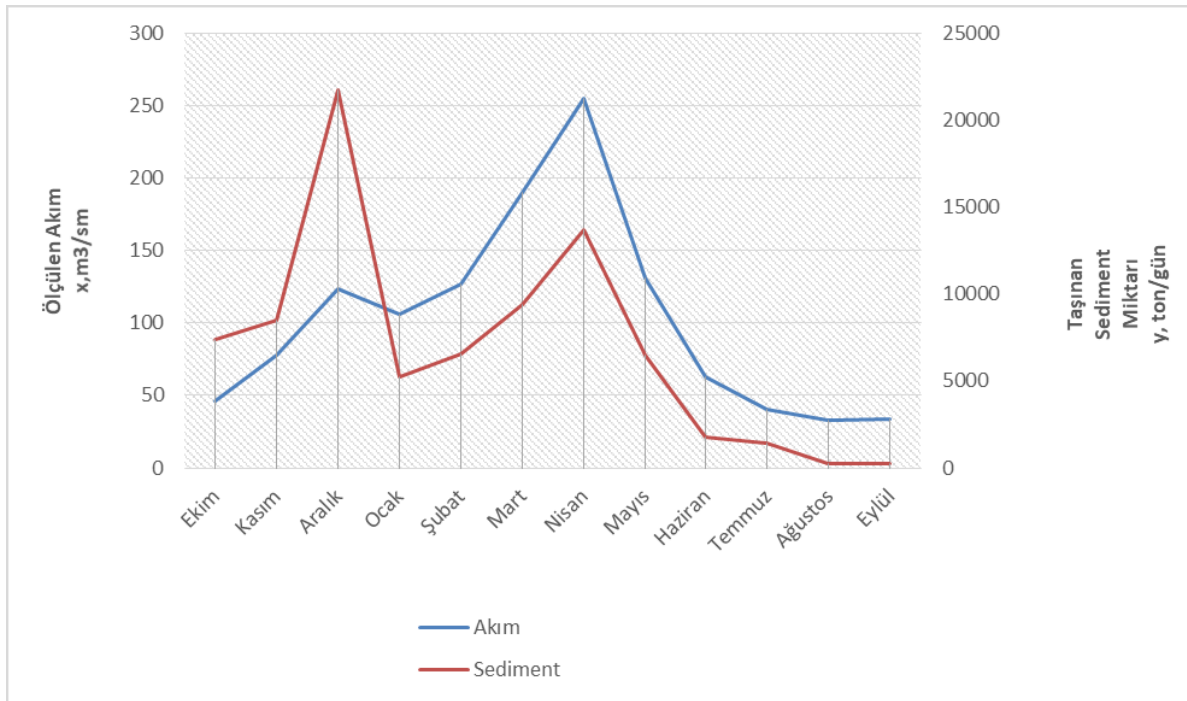
6.4.BULGULAR

6.4.1. Göksu Nehri Karahacılı Akım Gözlem İstasyonu Akım ve Sediman Değerleri Değişim Eğilimi

6.4.1.1.1967-2012 Yıllarının Aylık Akım ve Sediment Değerleri Değişimi

Karahacılı AGİ'nun 1967-2012 yıllarına ait aylık akım ve sediment değerlerinin incelenmesi durumunda akım ve sediment değerlerindeki artış ve azalış eğilimlerinin genel olarak eş zamanlı gerçekleştiği fakat en üst seviyelere ulaştığı dönemlerin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin, Göksu Nehri Karahacılı AGİ'nun akım değerlerinin en yüksek seviyeye

ulaştığı dönem $250 \text{ m}^3/\text{sn}$ ile nisan ayı iken; sediment değerlerinin en yüksek seviyeye ulaştığı dönem 20.000 ton/gün ile aralık ayı olmuştur. Bunun yanı sıra, Karahacılı AGİ'nun akım değerleri en üst değerlere ilkbahar aylarında ulaşırken; sediment değerleri de ilkbahar aylarında artış göstermesine karşın kış aylarında en üst değerlere ulaşmıştır. Yaz ve sonbahar aylarında ise Karahacılı AGİ'nun akım ve sediment değerlerinde önemli düşüşler meydana gelmiş ve bu dönemlerde her iki parametrede de oldukça en düşük seviyeler tespit edilmiştir (Şekil 62).

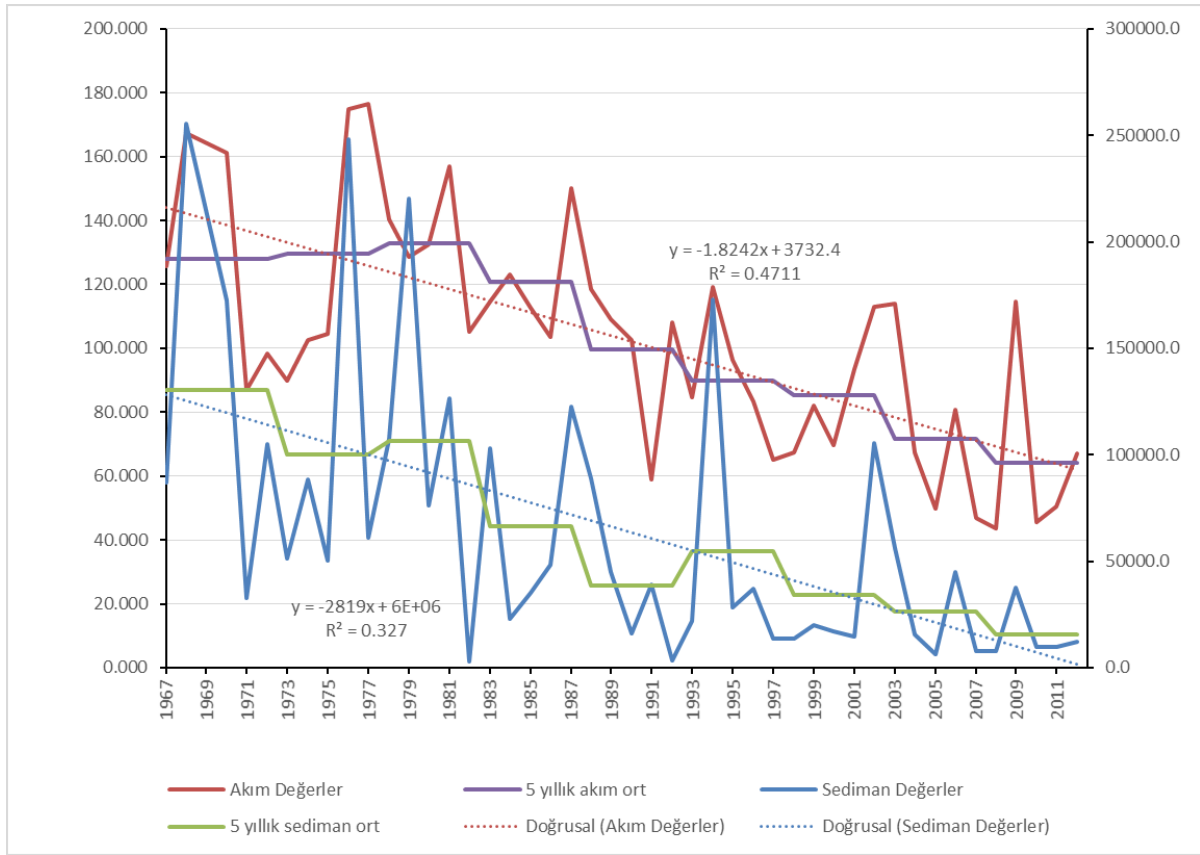


Şekil 62: Karahacılı istasyonu aylık akım ve sediment değişimi

6.4.1.2.1967-2012 Yıllarının Yıllık Akım ve Sediment Değerleri Değişimi

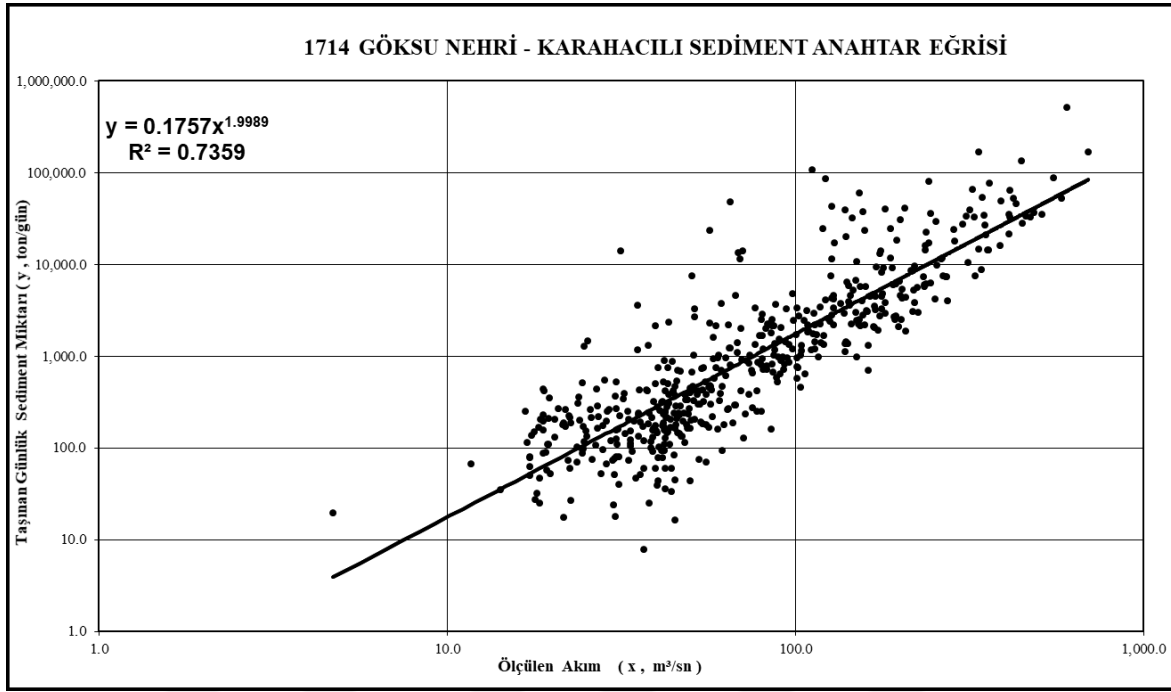
Karahacılı AGİ'nun 1967-2012 yılları arasındaki yıllık akım ve sediment değerleri değişiminin incelenmesi durumunda genel olarak 1967 yılından 2012 yılına kadar ki 45 yıllık zaman diliminde akım ve sediment değerlerinde düşüşlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Karahacılı AGİ'nun en yüksek akım ve sediment değerleri 1976 yılında ölçülmüştür. Bunun yanı sıra, 1968 ve 1994 yıllarında da Karahacılı AGİ'nun yıllık akım ve sediment değerlerinde önemli artışlar tespit edilmiş; fakat en üst değerler 1976 yılında ölçülmüştür. Karahacılı

AGİ'nun 1976 yılında ölçülen akım değeri 174 m³/sn iken; sediment değeri 248, 159 ton/gün'dür (Şekil 63).



Şekil 63: Göksu Nehri yıllık akım ve sediment değişimi

Şekil 64'de belirtilen Karahacılı AGİ'nun akım ve sediment değerleri değişim grafiğinin incelenmesi durumunda ise akım ve sediment değerlerindeki değişimin bir biri ile ilişkili olduğu ve akım değerlerinde meydana gelen artış ve azalışların sediment değerlerindeki artış ve azalışları da etkilediği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, Karahacılı AGİ'nun akım ve sediment değerleri değişiminde 1967 yılından 2012 yılına kadar 45 yıllık zaman diliminde önemli azalma eğilimleri gözlemlenmiştir.



Şekil 64: Göksu Nehri akım ve sediman değerleri (YEGM)

6.5.Göksu Nehri Akım ve Sediman Değerleri Değişiminin Değerlendirilmesi ve Kıyı Çizgisi Değişimi Üzerindeki Etkisinin Tespit Edilmesi

6.5.1. Göksu Nehri Akım ve Sediment Değişimlerinin Değerlendirilmesi

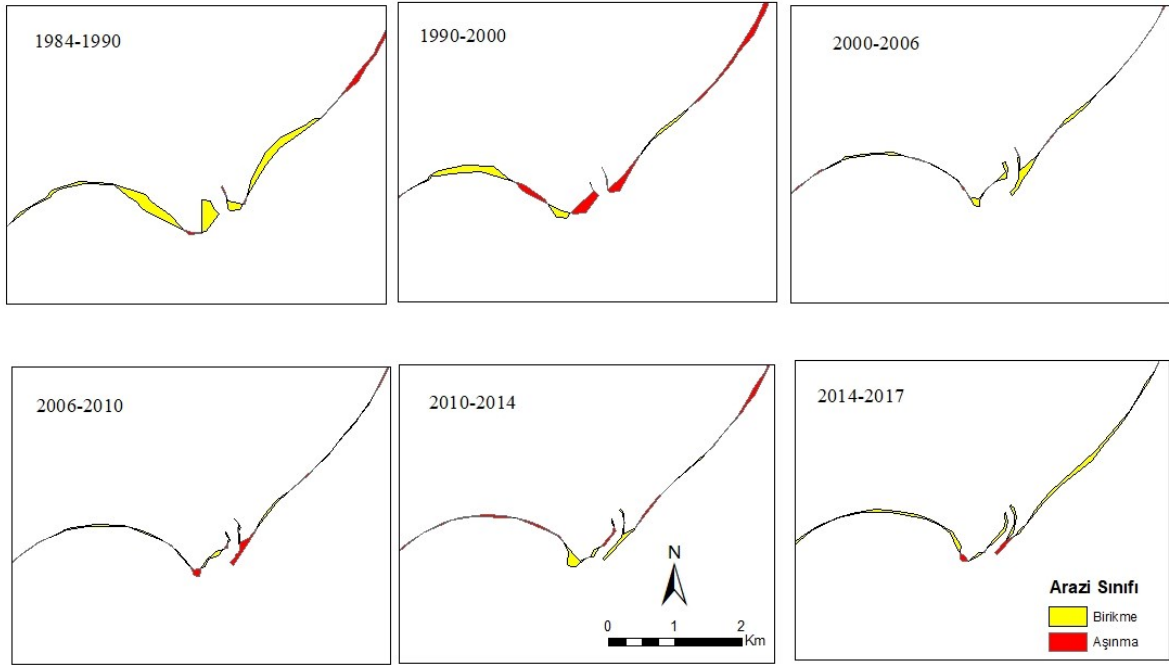
Göksu Nehri Karahacılı AGİ'nun 1967-2012 yıllarına ait aylık ve yıllık akım ve sediment değerleri değişimlerinin incelenmesi sonucunda akım e sediment değerlerindeki azalma ve artma eğilimlerinin eş zamanlı değişim gösterdiği fakat en yüksek değerlere farklı dönemlerde ulaştığı tespit edilmiştir. Örneğin, Karahacılı AGİ'nun aylık akım ve sediment değerleri değişimlerinin incelenmesi sonucunda akım değerlerinin en yüksek seviyelere ilkbahar aylarında, sediment değerlerinin ise kış aylarında en yüksek seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. Bu durum, ilkbahar aylarında meydana gelen kar erimelerinin Göksu Nehrinin akım seviyesinin yükselmesine sebep olduğunu göstermektedir. Karahacılı AGİ'nun 1967-2012 yılları arasındaki yıllık akım ve sediment değerleri değişimlerinin incelenmesi sonucunda ise en yüksek akım ve sediment değerlerinin 1976 yılında ölçüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, Göksu Nehrinin akım ve sediment değerleri 1967 yılından 2012 yılına kadarki 45 yıllık zaman diliminde önemli ölçüde azalma eğilimi göstermiştir.

Göksu Nehrinin Karahacılı AGİ'nun 1967-2012 yıllarının aylık akım değerlerinin ÖÇK 2009 yılı raporunda belirtilen akım değerleri ile karşılaştırılması durumunda her iki çalışmada da genel olarak akım değerlerinin ilkbahar aylarında en yüksek seviyelere ulaştığı, yaz aylarında ise en düşük seviyelerde ölçüldüğü tespit edilmiştir. ÖÇK 2009 yılında belirtilen sediment değerlerinin 3 yıllık zaman dilimini kapsamaması ve dönemsel değişime yer verilmemesi nedeni ile çalışmada kullanılan 1967-2012 yıllarına ait 45 yıllık zaman dilimindeki sediment değişim değerleri ile karşılaştırılmamıştır. Fakat ÖÇK 2009 yılı rapor sonuçlarında Göksu Nehrinin akım ve sediment değerlerinde oldukça düşük değişimlerin meydana geldiği ve bu değişimlerin Göksu deltası kıyılarını düşük düzeyde etkilediğine yer verilmiştir. Oysa, 1967-2012 yıllarına ait Karahacılı AGİ'nun yıllık ve aylık akım ve sediment değerleri değişimlerinin incelenmesi sonucunda 45 yıllık zaman diliminde Göksu Nehrinin hem akım hem de sediment değerlerinde önemli düşüşlerin gerçekleştiği ve bu düşüşlerin delta kıyı çizgisi değişimini etkilediği tespit edilmiştir.

6.5.2. Göksu Nehri Akım ve Sediment Değişiminin Kıyı Çizgisi Değişimi Üzerine Etkisi

Göksu Nehri akım ve sediman değerlerinde meydana gelen değişimlerin Göksu deltası kıyı çizgisi değişimi üzerindeki etkisinin belirlenmesi için akarsu ağzı ve çevresinin farklı dönemlere ait kıyı çizgisi değişim değerleri incelenmiştir (Şekil 58). Göksu deltası kıyılarının 1984-1990 yıllarına ait akarsu ağzı ve çevresindeki kıyı çizgisi değişim değerlerinin incelenmesi sonucunda bu dönemde birikme faaliyetlerinin yoğunluğuna bağlı olarak kıyı çizgisi ilerlemelerinin gerçekleştiği tespit edilmiştir. 1990-2000 yılları arasındaki Göksu Nehir ağzı ve çevresinin kıyı çizgisi değişiminin incelenmesi durumunda ise aşınma faaliyetlerinin daha etkin olduğu ve buna bağlı olarak kıyı çizgisi gerilemelerinin meydana geldiği tespit edilmiştir. 2000-2006 yılları arasında ise Göksu Nehir ağzı ve çevresinde birikme faaliyetleri etkili olmuş ve buna bağlı olarak kıyı çizgisi ilerlemeleri meydana gelmiştir. 2006-2010 yılları arasında ise Göksu Nehir ağzı ve çevresinde daha önce oluşan birikme faaliyetleri bu dönemde tekrardan

aşınmaya maruz kalmış ve bazı bölümlerde kıyı çizgisi gerilemeleri meydana gelmiştir. 2010-2014 yılları arasında Göksu Nehir ağzı ve çevresinin kıyı çizgisi değişiminde birikme faaliyetlerinin etkili olduğu ve buna bağlı olarak kıyı çizgisi ilerlemelerinin meydana geldiği tespit edilmiştir. 2014-2017 yılları arasındaki Göksu Nehir ağzı ve çevresinin kıyı çizgisi değişiminin incelenmesi durumunda ise bazı bölümlerde aşınma bazı bölümlerde ise birikme faaliyetlerinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Göksu detası Nehri ağzı mevki kıyı çizgisi değişimi açısından oldukça dinamik bir yapıya sahiptir. Göksu Nehri ağzında bazı dönemlerde birikme faaliyetlerine bağlı kıyı çizgisi ilerlemeleri meydana gelirken, bazı dönemlerde aşınma faaliyetlerine bağlı kıyı çizgisi gerilemeleri meydana gelmiştir. Göksu Nehri ağzı ve çevresinde meydana gelen bu hızlı kıyı çizgisi değişimi Göksu Nehri tarafından taşınan akım ve sediment miktarından doğrudan etkilenmektedir (Şekil 65).



Şekil 65: Göksu Nehir ağzı mevkiinin kıyı değişimi

Göksu Nehir ağzı ve çevresinin 1984-2017 yılları arasındaki 33 yıllık kıyı çizgisi değişiminin değerlendirilmesi durumunda genel olarak birikme faaliyetlerinin etkili olduğu fakat Nehir ağzı ve çevresinden uzaklaştıkça sediment taşınımı azalmasına bağlı olarak aşınma faaliyetlerinin etkili olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 66).



Şekil 66: 1984-2017 yılları Göksu Nehri kıyı değişimi

1984 ve 2017 yıllarına ait uydu görüntülerinin karşılaştırılması sonucunda Göksu Nehir ağzı ve çevresinin kıyı morfolojisindeki değişiminin belirgin olarak gözlemlendiği tespit edilmiştir (Şekil 67). 1984 yılında delta kıyılarındaki gelişim daha çok doğu yönünde iken; 2017 yılında deltanın morfolojik gelişimi batı yönüne kaymıştır. Bu durum, Göksu Nehir yatağının 1950'li yıllardan sonra değiştirilmesi ile birlikte deltanın kıyı gelişiminde önemli değişimlerin meydana geldiğini göstermektedir. Bu nedenle, Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi ve deltanın morfolojik gelişiminin açıklanmasında Göksu Nehri tarafından taşınan akım ve sediment değerlerinin belirlenmesi oldukça önemlidir.



Şekil 67: 1984-2017 yılları Göksu Nehir ağzı

VII. BÖLÜM TARTIŞMA VE SONUÇ

Göksu deltası kıyı çizgisi değişimlerinin belirlenmesi ve kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerin incelenmesini amaçlayan bu çalışmada çalışma sahası ile ilgili önemli sonuçlar tespit edilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında Göksu deltasının kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimleri DSAS aracının farklı istatistiksel yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, Göksu deltası kısa dönemli kıyı çizgisi değişimlerinde alansal ve zamansal önemli değişimlerin meydana geldiği ve delta kıyılarının oldukça dinamik bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, 1984-1990 yılları arasında İncekum Burnu'nun batı kıyılarında aşınma faaliyetleri hâkim iken; 1990-2000 yılları ve sonrasında İncekum Burnu'nun batı kıyılarında birikme süreçleri hâkim olmaya başlamıştır. Bu durum, son yıllarda Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin doğudan batıya doğru gerçekleştiğinin önemli bir göstergesidir. Göksu deltası kıyılarının uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerinin incelenmesi sonucunda İncekum Burnu batı, güneybatı, doğu kıyıları, Paradeniz lagünü kıyı kordonu, Akarsu ağzı ve çevresi ile Altinkum mevkiinde kıyı çizgisi değişimlerinin çalışma sahasının diğer bölgelerine göre daha hızlı gerçekleştiği tespit edilmiştir. İncekum Burnu'nun batı ve doğu kıyıları ile Akarsu ağzı ve çevresinde birikme faaliyetlerinin yoğunluğuna bağlı hızlı kıyı çizgisi ilerlemeleri meydana gelirken; İncekum Burnu güneybatı kıyıları, Paradeniz Lagünü kıyı kordonu ve Altinkum mevkiinde aşınma faaliyetlerinin yoğunluğuna bağlı hızlı kıyı çizgisi gerilemeleri meydana gelmiştir. Bu durum, Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin uzun dönemler içerisinde belirli bölgelerde daha hızlı gerçekleştiği ve bu durumun delta morfolojisini önemli ölçüde değiştirdiği tespit edilmiştir. Göksu deltası uzun ve kısa dönemli kıyı çizgisi değişimleri ile ilgili elde edilen bu bulgular farklı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Örneğin, Karakoç ve Karabulut 2010 yılında gerçekleştirmiş oldukları çalışmada Göksu deltasının doğu kıyılarında kıyı çizgisi gerilemesi, güncel ağız bölgesinde kıyı çizgisi ilerlemesi, İncekum Burnu'nun batı ve güneydoğu kıyılarında kıyı çizgisi ilerlemesi,

Altinkum mevkii'nde ise şiddetli bir kıyı çizgisi gerilemesinin meydana geldiğinden bahsedilmiştir. Gürbüz 1994 yılında gerçekleştirmiş olduğu çalışmada Göksu Nehri yatağının değiştirilmesinden dolayı deltanın doğu kıyılarında aşınma faaliyetlerinin arttığına ve buna bağlı olarak doğu kıyılarında hızlı kıyı çizgisi gerilemesinin meydana geldiğini belirtmiştir. Kuleli vd., 2011 yılında gerçekleştirmiş olduğu çalışmada ise Türkiye'deki Ramsar Sözleşmesine dahil sulak alanlarındaki kıyı çizgisi değişimlerini değerlendirmiş ve çalışmanın sonucunda Göksu deltası kıyı çizgisi gerilemesinin 650 m olduğu ve erozyon miktarının ise -25.99 m/y olduğunu tespit etmiştir. Sonuç olarak, Göksu deltası son yıllarda hızlı kıyı çizgisi değişimlerine maruz kalmaktadır. Delta kıyılarında meydana gelen bu değişimler delta morfolojisini ve delta ekolojisini önemli ölçüde etkilemektedir.

Göksu deltası kıyı çizgisinin 25 ve 50 yıl sonraki pozisyonlarının tespit edilmesi ve delta kıyılarında gelecekte oluşacak kıyı çizgisi değişimlerinin delta morfolojisi ve ekolojisi üzerindeki etkisinin incelenmesi aşamasında çalışma sahası ile ilgili önemli bulgular elde edilmiştir. Göksu deltası kıyılarında etkili olan mevcut koşulların benzer süreçlerde devam etmesi durumunda delta kıyı çizgisinde 25 ve 50 yıl sonra önemli değişimlerin meydana geleceği ve delta kıyı çizgisinde meydana gelen değişimlerin delta morfolojisini ve ekolojisini önemli ölçüde değiştireceği tespit edilmiştir. Örneğin, 25 yıl sonra Göksu deltası kıyılarında aşınma faaliyetlerinin etkili olduğu alanlarda kıyı çizgisi gerilemesinin ortalama 114 m olması beklenirken; birikme faaliyetlerinin etkili olduğu alanlarda kıyı çizgisi ilerlemesinin ortalama 119 m olması beklenmektedir. Çalışma sahasının 50 yıl sonraki kıyı çizgisi pozisyonunun değerlendirilmesi sonucunda aşınma faaliyetlerinin etkili olduğu alanlarda kıyı çizgisi gerilemesinin ortalama 223 m olacağı, birikme faaliyetlerinin etkili olduğu alanlarda kıyı çizgisi ilerlemesinin ise ortalama 236 m olacağı tespit edilmiştir. Göksu deltasının 25 ve 50 yıl sonraki kıyı çizgisi ilerleme ve gerileme değerlerinin birbirine oldukça yakın değerlerde gerçekleşmesi delta kıyılarında büyük çaplı alansal kayıpların oluşmayacağı; fakat deltanın kıyı

morfolojisinde önemli değişimlerin meydana geleceği tespit edilmiştir. Ayrıca, Göksu deltasının kıyı morfolojisinde meydana gelen değişimler delta kıyılarının ekolojik yapısı ve arazi kullanımında da önemli değişimlerin meydana gelmesine neden olacaktır. Örneğin, Göksu deltasının 50 yıl sonraki kıyı çizgisi değişiminde Paradeniz Lagünü kıyı kordonun büyük ölçüde kopması ve Akdeniz ile tamamen birleşmesi beklenmektedir. Paradeniz Lagünü kıyı kordonunda meydana gelen büyük çaplı kopmalar lagünün ve bağlantılı olduğu diğer su kaynaklarının ekolojik yapısının değişmesine ve sürdürülebilirliğinin azalmasına neden olacaktır.

Göksu deltası kıyı çizgisi değişimlerinin değerlendirilmesi ve delta kıyılarında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin olası etkilerinin incelenmesinin yanı sıra çalışmada kıyı çizgisi değişime neden olan faktörler de incelenmiştir. Bilindiği üzere, delta alanları oldukça kompleks bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, delta alanlarında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerine fiziki ve beşeri pek çok faktör neden olmaktadır. Bu çalışmada, Göksu deltası kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerden fırtına kabarmaları, deniz seviyesi değişimi ve Göksu Nehri akım ve sediment değerleri incelenmiştir.

Göksu deltası kıyılarında etkili olan fırtına kabarmalarının çalışma sahası kıyı çizgisi değişimi üzerindeki etkisinin incelenmesi sonucunda en şiddetli fırtına kabarmalarının BG ve BGB yönlerinde meydana geldiği tespit edilmiştir. GB yönünde 8 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 1 saat süreyle oluşan rüzgârlar 3,6 m seviyesinde fırtına kabarması oluştururken; BGB yönünde 7 yılda bir tekrarlanma olasılığına sahip yılda 1 saat zaman aralığındaki rüzgârlar 2,7 m seviyesinde fırtına kabarması oluşturmaktadır. Göksu deltası kıyılarında GB ve BGB yönlerinde etkili olan fırtına kabarmaları deniz seviyesinin önemli ölçüde yükselmesine ve kıyı bölgelerindeki aşınma faaliyetlerinin artarak hızlı çizgisi gerilemelerinin meydana gelmesine neden olmaktadır. Örneğin, çalışma sahasında kıyı çizgisi gerilemesinin en hızlı gerçekleştii alanlardan biri İncekum Burnu mevkiidir. İncekum burnunun uç kısımlarında meydana gelen

hızlı kıyı çizgisi gerilemeleri GB ve BGB yönlerinde meydana gelen fırtına kabarmalarından oldukça fazla etkilenmektedir. Sonuç olarak, Göksu deltası kıyı çizgisi değişimleri ile çalışma sahası kıyılarında etkili olan fırtına kabarmaları arasında doğrudan bir ilişki olduğu gözlemlenmektedir.

Göksu deltası kıyı çizgisi değişimini etkileyen faktörlerden bir diğeri deniz seviyesi değişimleridir. Bilindiği üzere küresel iklim değişikliği sonucunda deniz seviyelerinde yükselmeler meydana gelmektedir. Deniz seviyelerinde meydana gelen yükselmeler kıyı alanlarındaki aşınma faaliyetlerini artırmakta ve buna bağlı olarak kıyı çizgilerinde gerilemelerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada, Erdemli istasyonu deniz seviyesi değişimi, deniz suyu sıcaklığı ve deniz yüzeyi basıncı parametrelerinin 2014, 2015 ve 2016 yıllarına ait aylık değişimleri Mann-Kendall sıra korelasyon analizi ile incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, 2014 yılının 7. 8. ve 9. aylarında deniz seviyelerinde anlamlı artışların meydana geldiği ve deniz seviyelerinde meydana gelen bu artışların deniz suyu sıcaklığındaki artış ve deniz yüzeyi basıncındaki azalma ile doğrudan ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, 2014 yılının 7. 8. ve 9. aylarında meydana gelen deniz seviyesi artışı çalışma sahası kıyı çizgisi değişimi üzerinde düşük düzeyde de olsa etki göstermiş; fakat diğer dönemlerde herhangi bir etki gözlemlenmemiştir.

Göksu deltası kıyı çizgisi değişimini etkileyen bir diğer önemli parametre Göksu Nehri akım ve sediment değerlerinde meydana gelen değişimlerdir. Bilindiği üzere, son yıllarda beşeri faktörlerin doğal kaynaklar üzerindeki baskısından dolayı delta alanlarındaki akarsuların akım ve sediment değerlerinde önemli değişimler meydana gelmekte ve bu durum delta kıyı çizgisi değişimini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, Göksu Nehrinin 1714 Nolu Karahacılı AĞI'nun 1967-2012 yıllarına ait sediment değerleri incelenmiş ve çalışma sahası kıyı çizgisi değişimi üzerindeki etkisi tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, 45 yıllık zaman diliminde Göksu Nehrinin akım ve sediment değerlerin de önemli düşüşlerin meydana geldiği ve bu

düşüşlerin akarsu ağzı ve çevresinde meydana gelen kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimini doğrudan etkilediği tespit edilmiştir (Şekil 65, Şekil 66).

Sonuç olarak, son yıllarda Göksu deltası kıyılarında hızlı kıyı çizgisi değişimleri meydana gelmektedir. Delta kıyılarında meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin mevcut koşulların devam etmesi durumunda gelecekte de önemli kıyı çizgisi değişimlerinin meydana gelmesine neden olacaktır. Bunun yanı sıra, Göksu deltası geçmiş yıllara ait kıyı çizgisi değişimlerinin ve gelecekteki kıyı çizgisinin pozisyonunun morfolojik etkilerinin incelenmesi sonucunda aşınma ve birikme değerlerinin birbirine yakın olduğu ve buna bağlı olarak delta kıyılarında daha çok şekilsel değişimlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Göksu deltasının kıyı morfolojisinde meydana gelen şekilsel değişimler delta kıyılarının ekolojik yapısını ve arazi kullanımını önemli ölçüde etkilemektedir. Çalışma sahası kıyı çizgisi değişimlerine neden olan pek çok fiziki ve beşeri faktör bulunmaktadır. Bu çalışmada, fırtına kabarmaları, deniz seviyesi değişimleri ve Göksu Nehri akım ve sediment değerlerinde meydana gelen değişimlerin Göksu deltası kıyı çizgisi değişimlerini doğrudan etkilediği tespit edilmiştir.

Göksu deltası kıyılarında meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin olumsuz etkilerinin azaltılması ve delta kıyılarının sürdürülebilirliğinin artırılabilmesi için çalışma sahası kıyıları ile ilgili bazı çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır: Göksu deltası kıyı çizgisi değişimlerinin daha sık aralıklarla ve farklı yöntemlerle belirlenmesi, kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması, kıyı risk haritalarının hazırlanması, kıyı bölgelerindeki arazi kullanımlarının yeniden düzenlenmesi, Kıyı Kanunu'nda belirtilen yaptırımların artırılması, kıyı alanlarından kum alımının durdurulması ve kıyının doğal yapısının korunması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- 3621 Sayılı Kıyı Kanunu, 5. Tertip, 29. Cilt; 17.04.1990 Tarih ve 20495 Sayılı Resmi Gazete.
- Akyol, N. ve Sesli, F. A. 2006. *Kıyı Alanlarında Kamu Yararı ve Kullanım İlişkileri*. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VI. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 06 Bildiriler Kitabı, Cilt 1 içinde (13-22). Muğla: Muğla Üniversitesi.
- Alberti, A.P., Pires, A., Freitas, L. ve Chaminé, H. 2013. Shoreline change mapping along the coast of Galicia, Spain, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Maritime Engineering*, Volume 166, Issue 3, pp. 125-144. <https://doi.org/10.1680/maen.2012.23>
- Alesheikh, A. A., Ghorbanali, A. ve Nouri, N. 2007. Coastline change detection using remote sensing, *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 4 (1): 61-66.
- Aşan, N. 2004. *Kıyı Yapıları, Kıyıların Kullanılması ve Planlaması*. Türkiye Kıyı ve Deniz Alanları V. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 04 Bildiriler Kitabı içinde (268-274). Adana.
- Avcı, S. 2017. “Kıyı Alanların Kullanımında Beşeri Faktörler”, İçinde Yasal ve Bilimsel Boyutları ile Kıyı, *Jeomorfoloji Derneği Yayını*, Sayfa:117-146, İstanbul.
- Bagli, S. ve Soille, P. 2003. *Morphological automatic extraction of coastline from pan European Landsat TM images*, InProceedings of the Fifth International Symposium on GIS and Computer Cartography for Coastal Zone Management, Genova. (GISIG and ICCOPS), pp. 58-59.
- Baki, O., G. ve Ergun, O. N. 2012. *Orta Karadeniz (Sinop-Türkiye) Örneğinde Kıyısız Alan Kullanımı ve Yönetim Planlaması Açısından Genel Değerlendirme*. L. Balas ve A. N. Genç, (Ed.), Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IX. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı Cilt I içinde (177-187). Hatay.

- Balas, L. ve Özhan, E. 2000. An implicit three dimensional numerical model to simulate transport processes in coastal water bodies. *Int.Journal of Numerical Methods in Fluids*, 34, 307-339.
- Balas, L., Genç, A. N. ve Inan, A. 2012. *HYDROTAM: 3D Model for Hydrodynamic and Transport Processes in Coastal Waters. International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs)*, 2012 International Congress on Environmental Modelling and Software, Managing Resources of a Limited Planet, Sixth Biennial Meeting, Leipzig, Germany.
- Batalla, R.J., Gómez, C.M. ve Kondolf, G.M., 2004. Reservoir-induced hydrological changes in the Ebro River basin (NE Spain). *J. Hydrol*, 290 (1–2), 117–136.
- Benumof, B. T., Storlazzi, C. D., Seymour, R. J. ve Griggs, G. B. 2000. The relationship between incident wave energy and sea cliff erosion rates: San Diego County, California. *Journal of Coastal Research*, 17, 1162-1178.
- Bindoff, N.L., Willebrand, J., Artale, V., Cazenave, A., Gregory, J., Gulev, S., Hanawa, K., Le Quéré, C., Levitus, S., Nojiri, Y., Shum, C.K., Talley, L.D. ve Unnikrishnan, A. 2007. *Observations: oceanic climate change and sea level*. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Blum, M. D. ve Roberts, H. H. 2009. Drowning of the Mississippi Delta due to insufficient sediment supply and global sea-level rise. *Nat. Geosci.*, 2 (7), 488–491.
- Booij, N., Ris, R. C. ve Holthuijsen, L. H. 1999. A third-generation model for coastal regions I. Model description and validation. *J Geophys Res*, 104:7649–7666.

- Brooks, S. M, Spencer, T. ve Boreham, S. 2012. Deriving mechanisms and thresholds for cliff retreat in soft-rock cliffs under changing climates: Rapidly retreating cliffs of the Suffolk coast UK. *Geomorphology*, 153/154, 48-60. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.02.007.
- Carriquiry, J. D., Sánchez, A. ve Camacho-Ibar, V. F. 2001. Sedimentation in the northern Gulf of California after cessation of the Colorado River discharge. *Sed. Geol.*, 144 (1–2), 37–62.
- Cazenave, A ve Nerem, R.S. 2004. Present-day sea level change: observations and causes, *Reviews of Geophysics*, 42, s. 1-20.
- Ceylan, M. 2012. *Uzaktan Algılama ve Cbs ile Kıyı Çizgisi Değişiminin Belirlenmesi: İzmit Körfezi Örneği*. Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzak Teknolojileri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Chang, Y. T., Du, L., Zhang, S. W. ve Huang, P. F. 2013. Sea level variations in the tropical Pacific Ocean during two types of recent El Niño events, *Global and Planetary Change*, 108, 119–127.
- Chen, C., Liu, H. ve Beardsley, R.C. 2003. An unstructured, finite-volume, threedimensional, primitive equation ocean model: application to coastal ocean and estuaries. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 20, 159–186.
- Collins, B. D ve Sitar, N. 2008. Processes of coastal bluff erosion in weakly lithified sands, Pacifica, California USA. *Geomorphology*, 97, 483-501. DOI: 10.1016/j.geomorph.2007.09.004.
- Crowel, M., Douglas B.C. ve Leatherman, S. P. 1997. On Forecasting Future U.S. Shoreline Positions: A Test of Algorithms. *Journal of Coastal Research*, Vol. 13, No. 4, pp. 1245-1255.

- Çetin, H., Bal, Y. ve Demirkol, C. 1999. Engineering and environmental effects of coastline changes in Turkey, northeastern Mediterranean. *Environmental and Engineering Geosciences*, Vol. 3 pp. 315-330.
- Çölkesen, İ. ve Sesli, F. A. 2007. *Kıyı Çizgisinde Meydana Gelen Zamansal Değişimlerin Bilgi Teknolojileri ile Belirlenmesi Trabzon Örneği*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, KTÜ, Trabzon.
- Davidson, M. A., Lewis, R. P. ve Turner, I. L. 2010. Forecasting seasonal to multi-year shoreline change. *Coastal Engineering*, 57; 620–629.
- De Jong, S. M., Freek, D. ve Van Der, M. 2004. *Remote Sensing Image Analysis: Including the Spatial Domain*. Kluwer Academic Publishers. MA, USA. 359.
- Dean, R. J. ve Houston, J. R. 2013. Recent sea level trends and accelerations: comparison of tide gauge and satellite results. *Coast. Eng*, 74, 4–9.
- DHI. 2008. Mike 21 SW scientific background. Denmark: DHI.
- Dietrich, J.C., Zijlema, M., Westerink, J.J., Holthuijsen, L., H, Dawson, C.N., Luettich, R.A., Jr, Jensen, R.E., Smith, J.M., Stelling, G.S. ve Stone, G.W. 2011. Modeling hurricane waves and storm surge using integrally-coupled, scalable computations. *Coast Eng*, 58:45–65.
- Douglas, B. C. ve Crowel, M. 2000. Long-term Shoreline Position Prediction and Error Propagation. *Journal of Coastal Research*, Vol. 16, No. 1, pp. 145-152.
- Douglas, B. C., Crowel, M. ve Leatherman, S. P. 1998.. Considerations for Shoreline Position Prediction, *Journal of Coastal Research*, Vol. 14, No. 3, pp. 1025-1033.
- Efe, R. ve Greenwood, M. 2007. Vegetation Zonation Patterns on the Göksu Delta (Southern Turkey). *J. Applied Science*, 7 (16), s: 2277-2284.

- El Banna, M. M. ve Hereher, M. E. 2009. Detecting temporal shoreline changes and erosion/accretion rates, using remote sensing, and their associated sediment characteristics along the coast of North Sinai, Egypt. *Environ Geol*, 58:1419–1427
- El-Asmar, H. M. ve Hereher, M. E. 2011. Change detection of the coastal zone east of the Nile Delta using remote sensing, *Environ Earth Sci*, 62:769–777. DOI 10.1007/s12665-010-0564-9.
- Erinç, S. 1982. *Jeomorfoloji II*. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları: 21, İstanbul.
- Erol, O. 1993. *Türkiye kıyılarındaki bağıl deniz düzeyi değişimleri ve bunun Göksu Deltası ile diğer deltaların evrimine etkisi*. Uluslararası Göksu Deltası Çevresel Kalkınma Semineri, 128-138.
- Esteves, L. S., William, J. J., Nock, A. ve Lymbery, G. 2009. Quantifying shoreline changes along the Sefton coast (UK) and the implications for research-informed coastal management. *Journal of Coastal Research*, 156, 602-606.
- Eulie, D.O., Corbett, D. R. ve Walsh, J. P. 2018. Shoreline erosion and decadal sediment accumulation in the Tar-Pamlico estuary, North Carolina, USA: A source-to-sink analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 202, Pages 246-258.
- Ezer, T. 2013. Sea level rise, spatially uneven and temporally unsteady: why the U.S. East Coast, the global tide gauge record and the global altimeter data show different trends. *Geophys. Res. Lett*, 40 (20), 5439–5444. <http://dx.doi.org/10.1002/2013GL057952>
- Fenster, M. S., Dolant, R., ve Elder, J. F. 1993. A New Method for Predicting Shoreline Position Historical Data, *Journal of Coastal Research*, Vol. 9, No. 1, pp. 147-171.
- Frihy, O. E., Dewidar, Kh. M., Nasr, S. M. ve El Raey, M. M. 1998. Change detection of the northern Nile delta of Egypt: shoreline changes, Spit evolution, margin changes of Manzala lagoon and its islands. *Int J Remote Sens*, 19:1901–1912

- Fulat, A. I. 2005. *Investigating Time Series Shoreline Changes By Remote Sensing and Geographic Information Systems*, A Thesis Submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara
- Gedik, A., Birgili, S., Yılmaz, H. ve Yoldaş, R. 1979. Mut-Ermenek-Silifke yöresinin jeolojisi ve petrol olanakları. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.* 22, 7-26.
- 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. A97OZ0179, GLO Contract Number 00-002R, The University of Texas at Austin Austin, Texas.
- Gökten, E., 1976. Silifke yöresinin temel kaya birimleri ve Miyosen stratigrafisi. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.* 19, 117-126.
- Güneroğlu, A., 2015. Coastal changes and land use alteration on Northeastern part of Turkey. *Ocean & Coastal Management*, 118, 225-233.
- Gürbüz, O., 1994. Göksu Deltası'nın Doğu Kıyısında Kıyı Çizgisi Gerilemesi ve Sonuçları. *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 29, S. 409-417, İstanbul.
- Harmancı, D. S. 2005. *Kıyı Kumullarında Sürdürülen Tarımsal Etkinliklerin Kaynak Kullanım Planlaması Yönünden İncelenmesi: Kapıköy Örneği*. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Hubbert, G. D. ve McInnes, K. L. 1999. A storm surge inundation model for coastal planning and impact studies. *J Coastal Res*, 15:168–185.
- Ingham, A. E. 1992. *Hydrography for Surveyors and Engineers*. p. 132. London: Blackwell Scientific Publications.

IPCC, 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Houghton, J.T., ed.). Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC, 2007. *Climate change 2007: the physical science basis, summary for policymakers*. International Panel on Climate Change, Geneva.

IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. IPCC Secretariat, WMO, Geneva.

IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. In: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. (Eds.), Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1132 pp

Jana, A., Biswas, A., Maiti, S. ve Bhattacharya, A. K. 2014. Shoreline changes in response to sea level rise along Digha Coast, Eastern India: an analytical approach of remote sensing, GIS and statistical techniques, *J Coast Conserv*, 18:145–155. DOI 10.1007/s11852-013-0297-5

Jelesnianski, C.P. Jye, C.S. ve Wilson, A. 1992. *SLOSH: sea, lake and overland surges from hurricanes*. In NOAA Technical Report NWSM8, United States Department of Commerce, NOAA, NWS, Silver Springs.

Karaca M. ve Ünal Y. S. 2003. Potential Implications of Accelerated Sea-Level Rise for Turkey, *Journal Coastal Research*.

- Karakoç, A. ve Karabulut, M. 2010. *Göksu Deltası Kıyı Çizgisinde Meydana Gelen Değişimlerin CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile İncelenmesi*, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Afyon.
- Katz, O. ve Mushkin, A. 2013. Characteristics of sea-cliff erosion induced by a strong winter storm in the eastern Mediterranean. *Quaternary Research*, 80, 20-32. DOI: 10.1016/j.yqres.2013.04.004
- Keçer, M. 2001. *Göksu Deltası'nın (Mersin) Jeomorfolojik evrimi ve güncel akarsu-deniz-rüzgar süreçlerinin kıyı çizgisinde yaptığı değişiklikler*. MTA Raporu No: 10468 (yayımlanmamış).
- Keçer, M. 2001. *Göksu deltasının (Mersin) jeomorfolojik evrimi ve güncel akarsu-deniz-rüzgâr süreçlerinin kıyı çizgisinde yaptığı değişiklikler*. MTA rap.No., 10468.
- Keçer, M. ve Duman, T. Y. 2007. Yapay Etkilerin Göksu Deltası Gelişimine Etkisi, Mersin-Türkiye. *MTA Dergisi*, 134,17-26.
- Keçer, M. ve Duman, Y. T. 2007, Yapay Etkilerin Göksu Deltası Gelişimine Etkisi, Mersin-Türkiye. *MTA Dergisi*, 134, 17-26.
- Kılar H. ve Çiçek İ., 2018. Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin DSAS Aracı ile Belirlenmesi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16 (1), 89- 104.
- Kılar, H. ve Çiçek, İ. 2017. Göksu Deltası'nda fırtına kabarmasına bağlı deniz seviyesi değişimleri. *Journal of Human Sciences*, 14(4), 3268-3281. doi:10.14687/jhs.v14i4.4739.
- Klein, M. ve Lichter, M. 2009. Statistical analysis of recent Mediterranean Sea-level data. *Geomorphology*, 107, s. 3-9.
- Kondolf, G.M., 1997. Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environ. Manag.*, 21:533–551. <http://dx.doi.org/10.1007/s002679900048>.

- Krestenitis, Y. N., Androulidakis, Y. S., Kontos, Y. N. ve Georgakopoulos, G. 2011. Coastal inundation in the north-eastern Mediterranean coastal zone due to storm surge events. *J Coast Conserv*, 15:353–368, DOI 10.1007/s11852-010-0090-7.
- Kuleli, T. 2010. Quantitative analysis of shoreline changes at the Mediterranean Coast in Turkey. *Environ Monit Assess*, 167, 387–397. DOI 10.1007/s10661-009-1057-8.
- Kuleli, T. Güneroğlu, A. Karşı, F. ve Dihkan, M. 2011. Automatic Detection of Shoreline Change on Coastal Ramsar Wetlands of Turkey. *Coastal Engineering*, 38, pp. 1141-1149.
- Kumar, A., Narayana, A. C. ve Jayappa, K. S. 2010. Shoreline Changes and morphology of spits Along Southern Karnataka, West Coast Of India: A Remote Sensing and Statistics-Based Approach. *Geomorphology*, 120: 133–152.
- Kuo, C. Y. 2006. *Determination and Characterization of 20th Century Global Sea Level Rise*. The Ohio State University, Columbus
- 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*, Vol. 25, No. 5, 937–958.
- Lockwood, M. 1997. *NSDI Shoreline briefing to the FGDC coordination group*, NOAA/NOS. Washington, DC.
- Luetlich, R.A., Westerink, J.J. ve Scheffner, N.W. 1992. *ADCIRC: an advanced threedimensional circulation model for shelves, coasts and estuaries*. Report 1: theory and methodology of ADCIRC2DDI & ADCIRC-3DL. Report 1: Theory and Methodology of ADCIRC-2DDI & ADCIRC-3DL. Technical Report, DRP-92-6. Army Corps of Engineers, U.S
- Mandli, K.T. ve Dawson, C.N. 2014. Adaptive mesh refinement for storm surge. *Ocean Modelling*, 75: 36–50.

- Marcos, M. ve Tsimplis, M. N. 2008. Coastal sea level trends in Southern Europe. *Geophysical Journal International*, 175, s. 70–82.
- McGranahan, G., Balk, D. ve Anderson, B. 2007. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environ Urban*, 19:17–37
- McInnes, K.L., Hubbert, G.D., Abbs, D.J. ve Oliver, S.E. 2002. A numerical modeling study of costal flooding. *Meteorol Atmos Phys*, 80:217–233.
- McInnes, K.L., Walsh, K.J.E. ve Hubbert, G.D. 2003. Impact of sea-level rise and storm surges on a coastal community. *Nat Hazards*, 30:187–207.
- Meade, R.H., Yuzyk, T.R. ve Day, T.J., 1990. *Movement and storage of sediment in rivers of the United States and Canada*. In: Wolman, G.M., Riggs, S.R. (Eds.), *The Geology of North America Vol. O-1 Surface Water Hydrology*. GSA, Boulder, CO, pp. 255–280.
- Moore, L. J. ve Griggs, G. B. 2002. Long-term cliff retreat and erosion hotspots along the central shores of the Monterey Bay National Marine Sanctuary. *Marine Geology*, 181, 265–283. DOI:10.1016/S0025-3227(01)00271-7.
- MTA. 2002. *1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Adana Paftası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınları. Ankara, Türkiye.
- Nebel, S. H., Trembanis, A. C. ve Barber, D. C. 2012. Shoreline analysis and barrier island dynamics: Decadal scale patterns from Cedar Island, Virginia. *Journal of Coastal Research*, 28(2), 332-341. DOI: 10.2112/JCOASTRES-D-10-00144.1.
- Nicholls, R. J., ve Leatherman, S. P. 1994. *Global sea-level rise*, In K. Strepek ve J. B. Smith (Eds.), *As Climate Changes: Potential Impacts and Implications*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M. ve Revenga, C., 2005. Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308:405–408. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1107887>.
- Olgun, A. 2012. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemiyle Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin İzlenmesi*. Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Ouma, Y. O. ve Tateishi, R. 2006. A water index for rapid mapping of shoreline changes of five East African Rift Valley lakes: an empirical analysis using Landsat TM and ETM+ data, *International Journal of Remote Sensing*, 27:15, 3153-3181, DOI: 10.1080/01431160500309934
- Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı (ÖÇK), 2009. Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi Su Kaynakları Yönetim Projesi. Ankara.
- Özhan, E. 2008. *Türkiye’de Bütünleşik Kıyı Yönetimi; Son Gelişmeler*. L. Balas, (Ed.), Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VII. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 08, Bildiriler Kitabı içinde. Ankara.
- Öztürk, M.Z. 2011. Gel-git ölçüm istasyonu verilerine göre doğu Akdeniz’de deniz seviyesi değişimleri ve bu değişimlerin iklim elemanları ile ilişkileri: 1972-2009. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, [Bağlantıda]. 8:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>
- Özyurt, G., Ergin, A. ve Uras, A. 2007. *Göksu Deltasının Deniz Seviyesi Yükselmesine Olan Kırılmalılığı*, 6. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu.
- Paskoff, R. 1993. *Côtes en danger. Pratiques De La Géographie* Masson, Paris
- Pethick, J. 1984. *An Introduction to Coastal Geomorphology*.
- Qian, C.L., 1994. Effects of the water conservancy projects in the Luanhe River basin on Luanhe River delta, Hebei province. *Acta Geogr., Sinica* 49 (2), 158–166 (in Chinese, with English abstract)

- Quinn, J. D., Rosser, N. J., Murphy, W. ve Lawrence, J. A. 2010. Identifying the behavioural characteristics of clay cliffs using intensive monitoring and geotechnical numerical modelling. *Geomorphology*, 120, 107-122. DOI: 10.1016/j.geomorph.2010.03.004.
- Rego, J.L. ve Li, C. 2010. Nonlinear terms in storm surge predictions: effect of tide and shelf geometry with case study from Hurricane Rita. *Journal of Geophysical Research*, 115, C06020.
- Rio, L. D., Gracia, J. F. ve 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.
- Sesli, A. F. 2006. Sayısal Fotogrametri ile Kıyı Alanlarındaki Değişimin İzlenmesi, *Jeodezi Jeoinformasyon ve Arazi Yönetim Dergisi*, 2 (95), s: 11-17.
- Simav, M., Yıldız, H., Arslan, E., 2008. Doğu Akdeniz’de Uydu Altimetre Verileri ile Deniz Seviyesi Değişimlerinin Araştırılması, *Harita Dergisi*, s.139;1-3.
- Stanley, D. J. ve Warne, A. G., 1994. Worldwide initiation of Holocene marine deltas by deceleration of sea-level rise. *Science*, 265:228–231. <https://doi.org/10.1126/science.265.5169.228>.
- Stanley, D.J. ve Warne, A.G., 1993. Nile delta: recent geological evolution and human impact. *Science*, 260 (5108), 628.
- Stelling, G. S. 1983. *On the construction of computational methods for shallow water flow problems*. Ph. D. thesis, Delft University of Technology
- Syvitski, J. P. M. ve Milliman, J. D. 2007. Geology, geography and humans battle for dominance over the delivery of sediment to the coastal ocean. *J. Geol.* 115 (1), 1–19.
- Temitope D. T. Oyedotun, 2014. *Shoreline Geometry: DSAS as a Tool for Historical Trend Analysis, Geomorphological Techniques*. Chap. 3. Sec. 2.2.

- Tessler, Z. D. Vörösmarty, C. J., Overeem, I. ve Syvitski, J. P. M. 2018. A model of water and sediment balance as determinants of relative sea level rise in contemporary and future deltas, *Geomorphology*, 305, 209–220.
- Thang, N.T.X., Thu, T.V. ve Woodroffe, C. D. 2017. *Coastal erosion vulnerability of Kien Giang - the Western Mekong River Delta Coast in Vietnam*, International Conference on Globalisation, Climate Change and Sustainable Development, 26-28 April 2017, Hatinh University.
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., Ergul, A. 2009. *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/>
- URL-1 <https://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/DSAS/> Erişim tarihi, 06 Temmuz 2018.
- URL-2 https://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/DSAS/version4/data/DSASv4_4_manual.pdf Erişim tarihi, 06 Temmuz 2018.
- URL-3, HYDROTAM-3D (Üç Boyutlu Hdrodinamik, Taşınım ve Su Kalitesi Modeli), <http://hydrotam.com> Erişim tarihi, 10 Haziran 2017.
- URL-4 <https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/uluslararasi-iliskiler.aspx?k=ECMWF> Erişim tarihi, 02 Agustos 2018.
- URL-5, <http://www.ntv.com.tr/turkiye/paradeniz-lagunu-tehlikede,QhMiaRkjuE2Al0wTUtGsNQ>, Erişim tarihi, 15 Haziran 2017.
- URL-6, <http://www.internethaber.com/mersinde-sel-felaketi-can-aldi-1742885h.htm> Erişim tarihi, 15 Haziran 2017.
- URL-7 <https://ctmirror.org/2013/07/01/storm-surge-hurricane-seasons-least-understood-threat/> Erişim tarihi, 15 Haziran 2017.

URL-8 <https://tudes.hgk.msb.gov.tr/tudesportal/> Erişim tarihi, 02 Agustus 2018.

Uzun, A. 2006. *Samsun Deltaları ve Beklenen Değişmeler*. Geçmişten Geleceğe Samsun 2006,

1. Kitap (541-548), Samsun Büyükşehir Belediyesi Kültür ve Eğitim Hizmetleri Daire Başkanlığı, Samsun.

Uzun, M. 2015. İzmit Körfezi Kıyılarında, Kıyı Jeomorfolojisi- Kıyı Kullanımı İlişkisinin

Coğrafi Analizi, *Zeitschrift für die Welt der Türken Journal of World of Turks (ZfWT)*, Vol. 7, No. 2.

Vörösmarty, C. J., Meybeck, M., Fekete, B., Sharma, K., Green, P. ve Syvitski, J. P. M. 2003.

Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. *Glob. Planet. Chang.* 39:169–190. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181\(03\)00023-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00023-7).

Wang, H. J., Bi. N., Saito, Y., Wang, Y., Sun, X., Zhang, J. ve Yang, Z. 2010. Recent changes

in sediment delivery by the Huanghe (Yellow River) to the sea: causes and environmental implications in its estuary. *J. Hydrol.* 391 (3–4), 302–313.

Winarso, G., Budhiman, S., 2001. *The potential application of remote sensing data for coastal*

study, Proc. 22 nd. Asian Conference on Remote Sensing, Singapore.

Woth, K., Weisse, R., ve Storch, H. V. 2006. Climate change and North Sea storm surge

extremes: an ensemble study of storm surge extremes expected in a changed climate projected by four different regional climate models. *Ocean Dyn.* 56(1):3–15

Yang, S. L., Milliman, J. D., Li, P. ve Xu, K. 2011a. 50,000 dams later: erosion of the Yangtze

River and its delta. *Global Planet. Change*, 75 (1–2), 14–20.

Young, A. P., Guza, R. T., Flick, R. E., O'Reilly, W. C. ve Gutierrez, R. 2009. Rain, waves

and short-term evolution of composite sea cliffs in southern California. *Marine Geology*, 267, 1-7. DOI: 10.1016/j.margeo.2009.08.008

- Yunus Ali, P. ve Narayana, A. C. 2015. Short-Term Morphological and Shoreline Changes at Trinkat Island, Andaman and Nicobar, India, After the 2004 Tsunami. *Marine Geodesy*, 38:26-39.
- Zecchetto, S., Antonio, D. A. ve Francesco, D. B. 2015. Mitigation of CMWF–scatterometer wind biases in view of storm surge applications in the Adriatic Sea, *Advances in Space Research*, 55, 1291– 1299.
- Zhang, S., Lu, X. X., Higgitt, D. L., Chen, C. T. A., Han, J. ve Sun, H. 2008. Recent changes of water discharge and sediment load in the Zhujiang (Pearl River) Basin, China. *Glob. Planet. Change*, 60 (3–4), 365–380.

ÖZET

GÖKSU DELTASINDA KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMLERİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ

Kıyı çizgisi, 3621 sayılı Kıyı Kanununda deniz, göl ve akarsularda suyun taşkın durumları dışında kara parçasına değdiği noktaların birleşmesinden oluşan çizgi olarak tanımlanmaktadır.

Kıyı çizgilerinin belirlenmesi kara ve su tarafındaki kaynakların tanımlanması sağlamakla birlikte kıyı bölgelerinde meydana gelen değişimlerin tespit ve kontrol edilmesini de sağlamaktadır. Son yıllarda, fiziki ve beşeri faktörlerdeki ekstrem koşullar delta alanlarında hızlı kıyı çizgisi değişimlerinin meydana gelmesine neden olmaktadır. Göksu deltası, Akdeniz kıyıları içerisinde kıyı çizgisi değişiminin en hızlı gerçekleştiği alanlardan biridir. Göksu deltası kıyılarında meydana gelen kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimleri delta kıyılarında morfolojik değişimlerin meydana gelmesine neden olmakla birlikte; delta kıyılarının arazi kullanımında da önemli değişimlerin gerçekleşmesine neden olmaktadır.

Göksu deltası kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun belirlenmesi çalışma sahası ile ilgili etkili kararların alınması ve uzun dönemli planlama çalışmalarının hazırlanması açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Göksu deltasının 1984-2017 yılları arasında meydana gelen kıyı çizgisi değişim değerlerinden yola çıkarak çalışma sahasının 25 ve 50 yıl sonraki pozisyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda, Göksu deltası kıyılarında mevcut koşulların devam etmesi durumunda 25 ve 50 yıl sonraki kıyı çizgisinin pozisyonunda önemli değişimlerin meydana geleceği ve bu durumun delta kıyılarının morfolojik ve ekolojik yapısında değişimlere neden olmakla birlikte delta kıyılarının arazi kullanımında da önemli değişimlerin meydana gelmesine neden olacaktır.

Delta kıyıları kıyı çizgisi değişimlerinin incelenmesi ve kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerin tespit edilmesi açısından oldukça kompleks bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, Göksu deltası kıyılarında meydana gelen kıyı çizgisi değişimlerinin nedenlerinin incelenmesi oldukça

geniş ve detaylı bir araştırma konusu içermektedir. Bu çalışmada, Göksu deltası kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerden “fırtına kabarmaları, deniz seviyesi değişimleri ve Göksu Nehri akım ve sediment değerleri değişimleri” incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, Göksu deltası kıyılarında etkili olan fırtına kabarmaları çalışma sahasında en fazla BG ve BGB yönlerinde meydana gelen kıyı çizgisi değişimleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Deniz seviyesi değişimlerinin Göksu deltası kıyı çizgisi değişimi üzerindeki etkisinin incelenmesi sonucunda ise sadece deniz seviyesinde 2014 yılında anlamlı bir artış gözlemlenmiş bunun dışındaki diğer dönemlerde anlamlı artış ve azalma eğilimleri tespit edilmemiştir. Göksu Nehri akım ve sediment değerlerinde meydana gelen değişimlerin çalışma sahası kıyı çizgisi değişimi üzerindeki etkisinin incelenmesi sonucunda, 1967 yılından 2012 yılına kadar ki 45 yıllık zaman diliminde Göksu Nehrinin hem akım hem de sediment değerlerinde önemli düşüşlerin meydana geldiği ve bunun çalışma sahası kısa ve uzun dönemli kıyı çizgisi değişimlerini önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Göksu deltası kıyıları uzun ve kısa dönemli kıyı çizgisi değişimleri açısından oldukça dinamik bir yapıya sahiptir. Delta kıyılarında meydana gelen hızlı kıyı çizgisi değişimleri mevcut koşulların devam etmesi durumunda gelecekte delta kıyı çizgisinin pozisyonunda önemli değişimlerin ortaya çıkmasına neden olacaktır. Bu nedenle, Göksu deltası kıyı çizgisi değişiminin belirli aralıklarla ve farklı yöntemlerle belirlenmesi, kıyı çizgisinin gelecekteki pozisyonun modellenmesi ve kıyı çizgisi değişimine neden olan faktörlerin belirlenmesi çalışma sahası kıyıları ile ilgili etkili kararlar alma ve uzun dönemli planlama çalışmalarının hazırlanması açısından son derece önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Kıyı Çizgisi Değişimi, Sayısal Kıyı Çizgisi Analizi Sistemi (DSAS), HYDROTAM-3D, Mann-Kendall

ABSTRACT

ANALYSIS OF SHORELINE CHANGES USING MULTI-TEMPORAL SATELLITE IMAGES IN GÖKSU DELTA

According to coastal law, the shoreline is defined as a point where water from the sea, natural and artificial lakes or rivers touches the land, not considering flood conditions. By defining shorelines, land and water resources have been identified and also changes in coastal area can be observed. In recent years, extreme conditions in physical and anthropological factors cause rapid shoreline changes in coastal areas. The Göksu delta is one of the areas along the Mediterranean coast that has experienced such rapid shoreline changes. Short- and long-term shoreline changes in the Göksu delta coast cause morphological changes and alter the coastal land use of the study area.

Determining the future position of the Göksu delta shoreline is important for policy making and long-term planning studies about the study area. This study aims to predict the future position of Göksu delta (25 and 50 years later) by observing the historical shoreline change of the study area between the years 1984-2017. A key finding of this study is that important changes in the Göksu delta may be observed after 25 and 50 years. These changes significantly effect the coastal morphological and ecological structures and the land use of the study area.

Investigating the shoreline changes and determining the factors that causes shoreline changes in the delta coasts is very complicated. Examining the factors that cause shoreline changes in the Göksu delta requires detailed analysis. This study examines factors such as storm surges, sea level changes, river discharges and sediment changes that can effect the shorelines of the Göksu delta. Another key finding of this study is that the most forceful storm surges that effect the shoreline area of the Göksu delta occur from the SW and WSW directions of the study area. As a result of examining the effect of sea level changes on the Göksu delta coastline, a significant increase was observed only at sea level in 2014. No significant changes in sea levels

were detected in other periods. A third key finding of this study is that decreases in discharges and sediment changes of the Göksu river had significant impacts on the short- and long-term shoreline changes of the Göksu delta between the years 1967 and 2012.

In conclusion, short- and long-term shoreline changes of the Göksu delta have very dynamic structures. Rapid shoreline changes on the delta coast will lead to future shoreline changes if the factors discussed above continue to play a significant role. Determining the short- and long-term shoreline changes of Göksu delta with different methods, modelling the future shoreline position and defining the factors that influence shoreline changes can improve policymaking and long-term planning for the study area.

Keywords: Shoreline Change, Göksu Delta, Digital Shoreline Change Analysis System (DSAS), HYDROTAM-3D, Mann-Kendall