T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEY BATI KARADENİZ KIYILARININ DENİZ SEVİYESİ YÜKSELMELERİNE KARŞI KIRILGANLIĞININ BELİRLENMESİ

TAHSİN GÖRMÜŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KIYI VE LİMAN MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. BERNA AYAT AYDOĞAN

İSTANBUL, 2017

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEY BATI KARADENİZ KIYILARININ DENİZ SEVİYESİ YÜKSELMELERİNE KARŞI KIRILGANLIĞININ BELİRLENMESİ

Tahsin GÖRMÜŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 15.12.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Berna AYAT AYDOĞAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Berna AYAT AYDOĞAN

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Esin ÇEVİK

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Veysel Şadan Özgür KIRCA

İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu - TÜBİTAK tarafından 116M061 numaralı ve “Changes in storminess and coastal erosion induced variability along the Black Sea coasts: Management and adaptation” isimli uluslararası ERANET Rus Plus projesi kapsamında desteklenmiştir. Çalışmamıza verdiği destekten dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederiz.

ÖNSÖZ

Öncelikle tez çalışmam boyunca bana bilgileriyle ve manevi açıdan destek olarak büyük imkanlar sağlayan tez danışmanım Doç. Dr. Berna Ayat ve Yrd. Doç. Dr. Burak Aydoğan'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana emek veren hocalarım Prof. Dr. Yalçın Yüksel ve Prof. Dr. Esin Çevik'e, Yrd. Doç. Dr. Cihan Şahin'e, Yrd. Doç. Dr. Mehmet Öztürk'e, Prof. Dr. Ahmet Doğan'a ve diğer hocalarımıza teşekkür ederim.

Değerli yardımlarından dolayı Prof. Dr. Bülent Bayram'a ve Yrd. Doç. Dr. Tolga Görüm'e teşekkür ederim. Lisans tezi danışmanım olan ve bütün hayırsızlığıma rağmen benimle ilgilenmeye devam eden hocam Doç. Dr. Murat Kankal'a saygılarımı sunarım.

Araştırma görevlisi arkadaşlarımıza, laboratuvar çalışanlarımıza, aynı odada uzun zaman vakit geçirdiğimiz ve samimiyetlerine inandığım Muhsin Vanolya, Emmanuelle Rukundo ve Müge Paçal'a teşekkür ederim. Arkadaşlıklarından dolayı Selin Sarımahmutoğlu'na, Mert İsa Saktan'a, Büşra Başaran'a ve Arş. Gör. Fulya İşlek'e şükranlarımı sunarım. Okulda uzunca bir süre vakit geçirdiğimiz, benim için kaygılandığını bildiğim, içtenliğinden emin olduğum dostum Uğur Can Türk'e ve tezimin son aşamasında özellikle manevi olarak büyük desteğini gördüğüm çok değerli arkadaşım Özgen Göller'e teşekkür ederim.

Ve her zaman yanımda olarak bana inanan babam Abdullah Görmüş'e, annem Huriye Görmüş'e ve kardeşim Bilal Görmüş'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Aralık, 2017

Tahsin GÖRMÜŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ....vii

KISALTMA LİSTESİ....viii

ŞEKİL LİSTESİ....ix

ÇİZELGE LİSTESİ....xii

ÖZET....xiii

ABSTRACT....xiv

BÖLÜM 1

GİRİŞ....1

1.1 Literatür Özeti....1
1.2 Tezin Amacı....6
1.3 Orjinal Katkı....8

BÖLÜM 2

KIYI ALANI VE KIRILGANLIK....9

2.1 Kıyı Alanını Tehdit Eden Faktörler....9
2.1.1 İklim Değişikliği....11
2.1.2 Deniz Seviyesi Yükselmesi....13
2.1.3 Fırtınalar....14
2.2 Kıyı Yönetimi Uygulamaları....17
2.3 Kıyısal Kırılganlık....18
2.4 Kırılganlık Değerlendirmesinde Kullanılan Yöntemler....21
2.4.1 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Genel Metodu....22
2.4.2 Bruun Kuralı....23
2.4.3 SURVAS....24
2.4.4 DIVA ve DINAS-COAST....25
2.4.5 SimClim....26
2.4.6 CVAT....27
2.4.7 FUND Modeli....27

2.4.8 Karar Yardımcısı Modeller: COSMO 28
2.4.9 SMP 29
2.4.10 Kıyısal Kırılganlık İndeksi (CVI) 30

BÖLÜM 3

ÇALIŞMA ALANI 40

BÖLÜM 4

KARADENİZ KIYISI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ 54

4.1 Coğrafi Bilgi Sistemi Katmanları 55
4.1.1 Plajlar 55
4.1.2 Diğer katmanlar 59

BÖLÜM 5

VERİLERİN HAZIRLANMASI VE ANALİZ 61

5.1 Yöntemin Seçimi ve Kıyısal Kırılganlık İndeksi (CVI) Matrisi 61
5.2 Hücre (Grid) Sistemi 64
5.3 Jeomorfolojik Özellikler 65
5.4 Kıyı Eğimi 70
5.5 Kıyı Çizgisinin Zamansal Değişimi 73
5.6 Dalga Yüksekliği 87
5.7 Nüfus Yoğunluğu 91
5.8 Arazi Kullanımı 93
5.9 Kıyısal Kırılganlık Analizi 105

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER 111

KAYNAKLAR 113

EK-A

SÖZLÜK 123

ÖZGEÇMİŞ 128

SİMGE LİSTESİ

S	deniz seviyesi yükselmesi
H	kapama derinliği
L	kapama derinliğine olan kıyıya dik mesafe
B	kumulların yüksekliği
R	kıyı çizgisi gerilemesi
d	Dünya-güneş uzaklığı (astronomik birim)
$ESUN_\lambda$	Ortalama solar atmosfer dışı irradyans
L_λ	Sensörün ucundaki spektral radyans değeri
$L_{max\lambda}$	$Q_{cal\max}$ değerine karşılık gelen spektral radyans değeri
$L_{min\lambda}$	$Q_{cal\min}$ değerine karşılık gelen spektral radyans değeri
Q_{cal}	Piksel değeri
Q_{calmax}	Piksel değeri için maksimum sınır
Q_{calmin}	Piksel değeri için minimum sınır
θ_s	Solar zenit açısı
ρ_λ	Birimsiz yüzey yansıtma değeri

KISALTMA LİSTESİ

AR3	Üçüncü Değerlendirme Raporu (IPCC)
AR5	Beşinci Değerlendirme Raporu (IPCC)
BKAY	Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
CVI	Kıyısal Kırılganlık İndeksi
ECMWF	Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi
EPR	End Point Rate
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
km	kilometre
m	metre
NDWI	Normalized Difference Water Index
NSM	Net Shoreline Movement
SCE	Shoreline Change Envelope
TUDES	Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi
TÜBA	Türkiye Bilimler Akademisi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
USGS	Birleşik Devletler Jeoloji Araştırmaları Kurumu

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 1 Tezin genel planı 7
Şekil 2. 1 Kıyı sistemi ve onu etkileyen faktörler (IPCC [27])..... 9
Şekil 2. 2 İklim değişikliğinin etkileri hakkında kavramsal bir akış şeması (Sahin [29])11
Şekil 2. 3 Küresel sıcaklık değişimi projeksiyonları (IPCC [30])..... 12
Şekil 2. 4 Deniz seviyesi yükselmesi projeksiyonları (IPCC [32]) 13
Şekil 2. 5 Sandy Kasırgası'nın etkileri (a) Craig [35], b) Earley [36], c) McLoughin [37], d) New York Daily News [38]) 15
Şekil 2. 6 Plaj ve kumullarda fırtına kaynaklı etkiler [39] 16
Şekil 2. 7 Kıyı alanları yönetimi için anahtar faktörler (Kunz [42])..... 17
Şekil 2. 8 Kıyısal kırılganlık için kavramsal bir akış şeması (Klein ve Nicholls [47]) 20
Şekil 2. 9 Bruun kuralı..... 24
Şekil 2. 10 ABD Doğu kıyılarının kırılganlık dağılımı (Thieler ve Hammar-Klose [96])... 33
Şekil 2. 11 Fethiye Koyu için bütün kıyısal kırılganlık indeksleri (Atalay [13])..... 39
Şekil 2. 12 Fethiye Koyu için bütün kıyısal kırılganlık etkileri (Atalay [13])..... 39
Şekil 3. 1 Çalışma alanı 40
Şekil 3. 2 Yalıköy plajları 42
Şekil 3. 3 Taş ocakları/madencilik sebebiyle değişkenlik gösteren kıyı çizgisi (Görüntüler Google Earth [103] üzerinde alınmıştır.)..... 43
Şekil 3. 4 Ağva'daki plaj ve falezler..... 44
Şekil 3. 5 Kefken plajları 45
Şekil 3. 6 Aydeniz metodu ile Türkiye iklim sınıflandırması [104]..... 45
Şekil 3. 7 ECMWF ERA-Interim veri seti [105] kullanılarak 41.25 Kuzey 29.25 Doğu koordinatları için elde edilen dalga iklimi 47
Şekil 3. 8 ECMWF ERA-Interim veri seti [105] kullanılarak 41.25 Kuzey 29.25 Doğu koordinatları için elde edilen rüzgâr iklimi 48
Şekil 3. 9 42.00 Kuzey ve 28.10 Doğu koordinatları için rüzgâr ve dalga iklimi [106] . 49
Şekil 3. 10 41.25 Kuzey ve 29.30 Doğu koordinatları için rüzgâr ve dalga iklimi [106] . 50
Şekil 3. 11 41.50 Kuzey ve 31.70 Doğu koordinatları için rüzgâr ve dalga iklimi [106] . 51
Şekil 3. 12 Karasu'da dalgaların etkisiyle yıkılan evler [111]..... 53
Şekil 4. 1 Karadeniz Kıyısı CBS katmanları (Görmüş vd. [113])..... 55
Şekil 4. 2 Plaj çokgenlerine ait bazı örnekler..... 57
Şekil 4. 3 Ortalama plaj genişliğinin dağılımı (Görmüş vd. [113]) 58
Şekil 4. 4 Plajların üzerinde yer alan kıyı yapılarının sayı ve dağılımları (Görmüş vd. [113])..... 59
Şekil 4. 5 Plaj, akarsu ağzı ve limanların dağılımı (Görmüş vd. [113])..... 59
Şekil 5. 1 Çalışma alanı ve CVI analizinde kullanılacak hücre sistemi..... 65

Şekil 5. 2 Kıyı tipleri (Görüntüler Google Earth Pro [103] üzerinde alınmıştır.) 67
Şekil 5. 3 Kıyı tiplerinin çalışma alanı boyunca dağılımı 68
Şekil 5. 4 Jeomorfolojik kırılganlığın çalışma alanı boyunca dağılımı 69
Şekil 5. 5 Jeomorfolojik kırılganlığın çalışma alanı boyunca dağılımı - Bölümler 69
Şekil 5. 6 Çalışma alanına ait yükselti ve batimetri verileri (GEBCO [116]) 70
Şekil 5. 7 Çalışma alanına ait eğim değerleri (GEBCO [116]) 71
Şekil 5. 8 Eğim değişkeni açısından kırılganlığın dağılımı 72
Şekil 5. 9 Eğim değişkeni açısından kırılganlığın dağılımı - Bölümler 72
Şekil 5. 10 Kıyı çizgilerinin elde edilmesinde takip edilen akış diyagramı 74
Şekil 5. 11 QGIS – SACP eklentisinden bir ekran alıntısı 76
Şekil 5. 12 NDWI görüntüsünden kıyı çizgilerinin elde edilmesi 76
Şekil 5. 13 Shoreline Change Envelope (SCE) analizi (Thieler vd. [114]) 77
Şekil 5. 14 Net Shoreline Movement (NSM) analizi (Thieler vd. [114]) 77
Şekil 5. 15 End Point Rate (EPR) analizi (Thieler vd. [114]) 78
Şekil 5. 16 Kıyı çizgisi analizinde ele alınan bölgeler 78
Şekil 5. 17 Hücre sistemine kıyı çizgisindeki değişim değerlerinin işlenmesi 79
Şekil 5. 18 Kıyı çizgisi analizi 1. Bölüm için kıyı çizgileri ve ortogonaller 80
Şekil 5. 19 Kıyı çizgisi analizi 1. Bölüm için sonuçlar (m/yıl) 81
Şekil 5. 20 Kıyı çizgisi analizi 2. Bölüm için kıyı çizgileri ve ortogonaller 81
Şekil 5. 21 Kıyı çizgisi analizi 2. Bölüm için sonuçlar (m/yıl) 82
Şekil 5. 22 Kıyı çizgisi analizi 3. Bölüm için kıyı çizgileri ve ortogonaller 82
Şekil 5. 23 Kıyı çizgisi analizi 3. Bölüm için sonuçlar (m/yıl) 83
Şekil 5. 24 Kıyı çizgisi analizi 4 ve 5. Bölüm için kıyı çizgileri ve ortogonaller 83
Şekil 5. 25 Kıyı çizgisi analizi 4 ve 5. Bölüm için sonuçlar (m/yıl) 84
Şekil 5. 26 Kıyı çizgisi analizi 6. Bölüm için kıyı çizgileri ve ortogonaller 85
Şekil 5. 27 Kıyı çizgisi analizi 6. Bölüm için sonuçlar (m/yıl) 85
Şekil 5. 28 Kıyı çizgisindeki değişim açısından kırılganlığın dağılımı 86
Şekil 5. 29 Kıyı çizgisindeki değişim açısından kırılganlığın dağılımı - Bölümler 86
Şekil 5. 30 ECMWF ERA-Interim [105] ortalama belirgin dalga yüksekliğinin çalışma alanındaki dağılımı 88
Şekil 5. 31 Çalışma alanında ECMWF ERA-Interim [105] maksimum dalga yüksekliğinin dağılımı; a)orjinal, b)enterpole edilmiş 89
Şekil 5. 32 Çalışma alanında en yüksek belirgin dalga yüksekliği açısından kırılganlık sınıfları 90
Şekil 5. 33 Çalışma alanında en yüksek belirgin dalga yüksekliği açısından kırılganlık sınıfları - Bölümler 90
Şekil 5. 34 TÜİK 2015 nüfus yoğunluğu verileri (TÜİK ve ÇŞB [118]) 91
Şekil 5. 35 Nüfus yoğunluğu açısından kırılganlığın dağılımı 92
Şekil 5. 36 Nüfus yoğunluğu açısından kırılganlığın dağılımı - Bölümler 92
Şekil 5. 37 Corine 2012 veri tabanında [117] çalışma alanı 94
Şekil 5. 38 Arazi kullanımı açısından kırılganlığın dağılımı 104
Şekil 5. 39 Arazi kullanımı açısından kırılganlığın dağılımı - Bölümler 104
Şekil 5. 40 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmemiş) 105
Şekil 5. 41 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmemiş) – Bölümler 106
Şekil 5. 42 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmiş) 107
Şekil 5. 43 Güneybatı Karadeniz CVI değerleri histogramı 107
Şekil 5. 44 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmiş) - Bölüm 1 108

Şekil 5. 45 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmiş) - Bölüm 2 108
Şekil 5. 46 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmiş) - Bölüm 3 109
Şekil 5. 47 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmiş) - Bölüm 4 109

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1. 1 Dünya genelinde yapılmış bazı kıyısal kırılganlık çalışmaları..... 2
Çizelge 2. 1 Kıyısal kırılganlık indeksi (CVI) matrisi (Thieler ve Hammar-Klose [96])..32
Çizelge 2. 2 Kanada kıyıları için SI değişkenlerinin sınıflandırılması (Shaw vd. [98])..34
Çizelge 2. 3 Değişkenler ve sınıfları (Alsahli ve AlHasem [24])..... 35
Çizelge 2. 4 Kırılganlık değişkenleri (Duriyapong ve Nakhapakorn [6])..... 36
Çizelge 2. 5 Kırılganlık değişkenlerinin ağırlıkları (Duriyapong ve Nakhapakorn [6]). 37
Çizelge 2. 6 Fiziksel değişkenler (Özyurt [3])..... 37
Çizelge 2. 7 İnsan kaynaklı değişkenler (Özyurt [3])..... 38
Çizelge 3. 1 Çalışma alanına ait bilgiler..... 40
Çizelge 4. 1 Karadeniz Kıyısı CBS – çalışma alanına ait bilgiler..... 60
Çizelge 5. 1 Değişkenlerin elde edilmesinde kullanılan veriler..... 62
Çizelge 5. 2 Kıyısal kırılganlık indeksi (CVI) matrisi..... 64
Çizelge 5. 3 Kıyı çizgisinin jeomorfolojik sınıflandırılması..... 66
Çizelge 5. 4 Bölüm 1 için kullanılan uydu görüntüleri ile ilgili bilgiler..... 80
Çizelge 5. 5 Bölüm 2 için kullanılan uydu görüntüleri ile ilgili bilgiler..... 81
Çizelge 5. 6 Bölüm 3 için kullanılan uydu görüntüleri ile ilgili bilgiler..... 82
Çizelge 5. 7 Bölüm 4 ve 5 için kullanılan uydu görüntüleri ile ilgili bilgiler..... 84
Çizelge 5. 8 Bölüm 6 için kullanılan uydu görüntüleri ile ilgili bilgiler..... 85
Çizelge 5. 9 Corine Land Cover (CLC 2012) veri tabanının özellikleri (Copernicus [126])..... 94
Çizelge 5. 10 Çalışma alanında mevcut Corine Land Cover 2012 [117] sınıfları..... 95
Çizelge 5. 11 Arazi kullanımı sınıfları ve kırılganlık düzeyleri 103

ÖZET

GÜNEY BATI KARADENİZ KIYILARININ DENİZ SEVİYESİ YÜKSELMELERİNE KARŞI KIRILGANLIĞININ BELİRLENMESİ

Tahsin GÖRMÜŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Berna AYAT AYDOĞAN

Bu çalışmada kıyı alanlarının iklim değişikliğinin etkisi ile artan deniz seviyelerine karşı kırılganlığı örnek bir bölge üzerinde incelenmiştir. Bu maksatla Güneybatı Karadeniz kıyılarında deniz seviyesi yükselmesi durumunda kıyı alanındaki kırılganlığı belirleyecek fiziksel ve sosyal özellikler incelenmiş ve uzamsal bir kırılganlık analizi gerçekleştirilmiştir. Kırılganlığı belirleyen değişkenler jeomorfoloji, kıyı eğimi, kıyı çizgisindeki değişim, dalga yüksekliği, nüfus yoğunluğu ve arazi kullanımıdır. Değişkenleri ve Karadeniz kıyısı hakkında ek bilgileri içeren bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) oluşturulmuştur. Analiz metodu olarak kıyısal kırılganlık indeksi (CVI) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar çalışma alanı içerisinde Karasu-Akçakoca kıyılarının en yüksek seviyede kırılganlığa ve Ereğli-Zonguldak kıyılarının en düşük seviyede kırılganlığa sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, deniz seviyesi yükselmesi, kırılganlık, Güneybatı Karadeniz, coğrafi bilgi sistemi

ABSTRACT

VULNERABILITY OF THE SOUTH-WESTERN BLACK SEA COASTS TO SEA LEVEL RISE

Tahsin GÖRMÜŞ

Department of Civil Engineering
MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Berna AYAT AYDOĞAN

In this study, vulnerability of the coastal areas to the rising sea levels due to climate change has been investigated with a case study conducted in the Southwestern Black Sea. On the purpose of achieving this goal, physical and social parameters which are determining the vulnerability of the coast has been investigated, afterwards a spatial vulnerability analysis made. Geomorphology, coastal slope, shoreline change, wave height, population density and land use are the determinitive parameters. A geographic information system (GIS) consisting of the parameters and additional information about coastal zones of Black Sea is created. Coastal Vulnerability Index (CVI) used as vulnerability assessment method. Results showed that, in the study area; highly vulnerable areas are located around Karasu-Akçakoca and the least vulnerable areas are located on the coasts lying between Ereğli and Zonguldak.

Keywords: Climate change, sea level rise, vulnerability, SW Black Sea, GIS

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Kıyı alanları, dünya nüfusunun büyük bir çoğunluğunu ve dünya ticaretinin akışını sağlayan limanları barındıran, insan topluluklarının sosyal ve ekonomik hayatlarında oldukça önemli bir konuma sahip alanlardır. Bu alanların korunması ve geliştirilmesi de buna paralel olarak büyük bir önem taşımaktadır.

Dünya atmosferi ve buna bağlı birçok süreçte tesirlerinin yoğun olarak hissedildiği ve hissedileceği iklim değişikliği, kıyı alanlarına da yoğun olarak etki etmektedir. Kıyı alanlarının bu etkilere uyum sağlayacak şekilde planlanması büyük önem taşımaktadır. Kıyı alanlarının iklim değişikliğinin etkilerine olan 'kırılganlığı' çeşitli yöntemlerle belirlenmeli ve kıyı alanları planlama ve yönetimi çalışmaları yürütülmelidir.

Bu bölümde dünya genelinde çeşitli çalışma alanları için ve farklı yöntemler kullanılarak yapılmış olan kıyısal kırılganlık çalışmalarının bir envanteri çıkarılmıştır (Çizelge 1.1). Ağırlıklı olarak kıyısal kırılganlık indeksinin kullanıldığı çalışmalar taranmış ve kullanılan değişkenlerin türü (fiziksel veya sosyo-ekonomik) belirtilmiştir.

Çizelge 1. 1 Dünya genelinde yapılmış bazı kıyısal kırılganlık çalışmaları

Çalışma başlığı	Çalışmayı yapan kişi(ler) / kurum(lar)	Çalışma tarihi	Çalışma alanı	Çalışma alanı uzunluğu	Kullanılan yöntem(ler)	Değişkenler (F: Fiziksel, S: Sosyo-ekonomik)
The development of a coastal risk assessment database: Vulnerability to sea-level rise in the U.S. Southeast [1]	Vivien M. Gornitz vd.	1994	ABD'nin 1.Atlantik, 2. Meksika Körfezi kıyıları		İndeks (CVI)	F
National assessment of coastal vulnerability to sea level rise [2]	Birleşik Devletler Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS)	1999, 2000	ABD'nin 1.Atlantik, 2. Meksika Körfezi, 3. Pasifik kıyıları		İndeks (CVI)	F
Vulnerability of coastal areas to sea level rise: A case study on Göksu delta [3]	Gülizar Özyurt	2007	Göksu Deltası, Türkiye		İndeks (CVI)	
Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia [4]	Pamela A. O. Abuodha ve Colin D. Woodroffe	2010	Illawarra, Avustralya		İndeks (CSI)	F
Preliminary coastal vulnerability assessment for KwaZulu-Natal, South Africa [5]	B. J. Palmer	2011	KwaZulu-Natal, South Africa	580 km	İndeks (CVI)	F

Çizelge 1. 1 Dünya genelinde yapılmış bazı kıyısal kırılganlık çalışmaları (devamı)

Coastal vulnerability assessment: a case study of Samut Sakhon coastal zone [6]	Farida Duriyapong ve Kanchana Nakhapakorn	2011	Samut Sakhon, Tayland	41.8 km	İndeks (CVI)	F, S
Coastal vulnerability assessment of Puducherry coast, India, using the analytical hierarchical process [7]	R. Mani Murali vd.	2013	Puducherry, Hindistan	33.6 km	Analitik Hiyerarşi İşlemi (AHP)	
GIS-based approach to the assessment of coastal vulnerability to storms. Case study in the Bay of Cádiz (Andalusia, Spain) [8]	María Santos vd.	2013	Cádiz Koyu, İspanya	12 km	İndeks (CVI/CVSI)	F, S
GIS-Based approach to the assessment of coastal vulnerability to sea level rise: Case study on the Eastern Mediterranean [9]	Ghaleb vd.	2013	Suriye	183 km	İndeks (CVI)	F
Assessing coastal vulnerability index to climate change: the case of Accra – Ghana [10]	Kwasi Appeaning Addo	2013	Accra, Gana	40 km	İndeks (CVI)	F
Vulnerability of sandy coasts to climate variability [11]	Déborah Idier vd.	2013	Sète Lido, Truc Vert, La Tresson ve Dewulf plajları; Fransa		Modelleme	
Vulnerability assessment of Massaguaçú Beach (SE Brazil) [12]	Paulo H.G.O. Sousa vd.	2013	Massaguaçú Plajı, Brezilya		İndeks	F

Çizelge 1. 1 Dünya genelinde yapılmış bazı kıyısal kırılganlık çalışmaları (devamı)

Assessment of sea level rise for coastal zone management: vulnerability of Fethiye Bay [13]	Aysim Damla Atalay	2014	Fethiye Koyu, Türkiye	9.74 km	İndeks (CVI, Bulanık mantık ile geliştirilmiş CVI)	F
Multi-hazards coastal vulnerability assessment of Goa, India, using geospatial techniques [14]	Pravin D. Kunte vd.	2014	Goa, Hindistan	105 km	İndeks (CVI)	F, S
Preliminary coastal vulnerability assessment for Pico Island (Azores) [15]	Philip Borges vd.	2014	Pico Adası, Portekiz	167 km	İndeks (CVI)	F
Coastal vulnerability assessment for Egypt's mediterranean coast [16]	Mohamed E. Hereher	2015	Mısır'ın Akdeniz kıyıları	1000 km	İndeks (CVI)	F
Mapping of coastal vulnerability using the coastal vulnerability index and geographic information system [17]	Frida Aprilia Loinenak vd.	2015	Doreri Koyu, Endonezya		İndeks (CVI)	F
Coastal vulnerability assessment: a case study in Kien Giang western part of Mekong River Delta in Vietnam [18]	Thang Thi Xuan Nguyen	2015	Kien Giang, Vietnam		Analitik Hiyerarşi İşlemi (AHP)	
Coastal vulnerability assessment: a case study on erosion and coastal change along Tuticorin, Gulf of Mannar [19]	Anitha Parthasarathy ve Usha Natesan	2015	Mannar Körfezi, Hindistan	84 km	İndeks (CVI)	F, S
Black Sea beaches vulnerability to sea level rise [20]	Karin Allenbach vd.	2015	Karadeniz kıyısındaki plajlar		Modelleme	-

Çizelge 1. 1 Dünya genelinde yapılmış bazı kıyısal kırılganlık çalışmaları (devamı)

Assessment of the Ivorian coastal vulnerability [21]	Rene A. Tano vd.	2016	Fildişi Sahilleri	566 km	İndeks (CVI)	F
A climate change vulnerability ındex and case study in a Brazilian coastal city [22]	Vitor Baccarin Zanetti vd.	2016	Santos, Brezilya		İndeks (SEVICA)	F, S
Coastal vulnerability assessment using geoindicators case study of Rio Grande do Sul coastline [23]	Priscila Emerich Souza ve João Luiz Nicolodi	2016	Rio Grande do Sul, Brezilya	620 km	Geo-Göstergeler	
Vulnerability of Kuwait coast to sea level rise [24]	Mohammad M. M. Alsahli ve Ahmed M. AlHasem	2016	Kuveyt	500 km	İndeks (CVI)	F, S
Assessment of vulnerability to storm induced flood hazard along diverse coastline settings [25]	Nikolay Valchev vd.	2016	Varna, Bulgaristan		Göstergeler ve Kıyısal İndeks (CI)	F, S
Assessment of vulnerability of the Eastern Cretan beaches [26]	Isavela N. Monioudi vd.	2016	E.Crete/Yunanistan kıyısındaki plajlar		Modellem e	-

Kıyı alanlarındaki kırılganlığın değerlendirilmesinde indeks tabanlı yöntemler (CVI) çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem ilk olarak Gornitz vd. [1] tarafından ortaya konulmuştur. Daha sonra Amerikan Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) tarafından yöntem A.B.D. kıyıları için uygulanmıştır [2]. Gornitz vd. [1] kıyı çizgisinde bir hücre sistemi oluşturarak yedi adet değişken belirlemişlerdir. USGS [2] tarafından yapılan çalışmada Gornitz vd. [1]'nin kullandığı jeoloji (kaya tipi) değişkenini kullanılmamıştır, diğer değişkenler aynıdır. Bu altı değişken yalnızca fiziksel değişkenleri içermektedir ve yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak sosyal değişkenleri de içeren çalışmalar nüfus ve

arazi kullanımı gibi özellikleri de kullanmışlardır. Bazı çalışmalar analitik hiyerarşi gibi yöntemlerle indeks tabanlı yöntemleri geliştirerek kullanmışlardır.

İndeks tabanlı yöntemleri uygulamak göreceli olarak kolaydır ve kıyı alanıyla ilgili planlar yapacak ve karar alacak kişilere bölge özellikleri ve doğal veya antropojenik etkilerden etkilenebilirliği (kırılganlığı) hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Çizelge 1.1).

Valchev vd. [25] tarafından yapılan çalışmada arazi kullanımı, nüfus, ulaşım sistemleri, kamu hizmetleri ve ticari büyüklük göstergeleri kullanılmıştır. Kısımlara ayrılan çalışma alanında, her bir kısım için alanla göstergenin kırılganlık düzeyi çarpılarak kısımların zarara uğrayabilirlik düzeyleri belirlenmiştir. Bu çalışma, kullanılan değişkenler ve yöntem itibariyle indeks tabanlı yöntemin kullanıldığı çalışmalardan ayrılmaktadır.

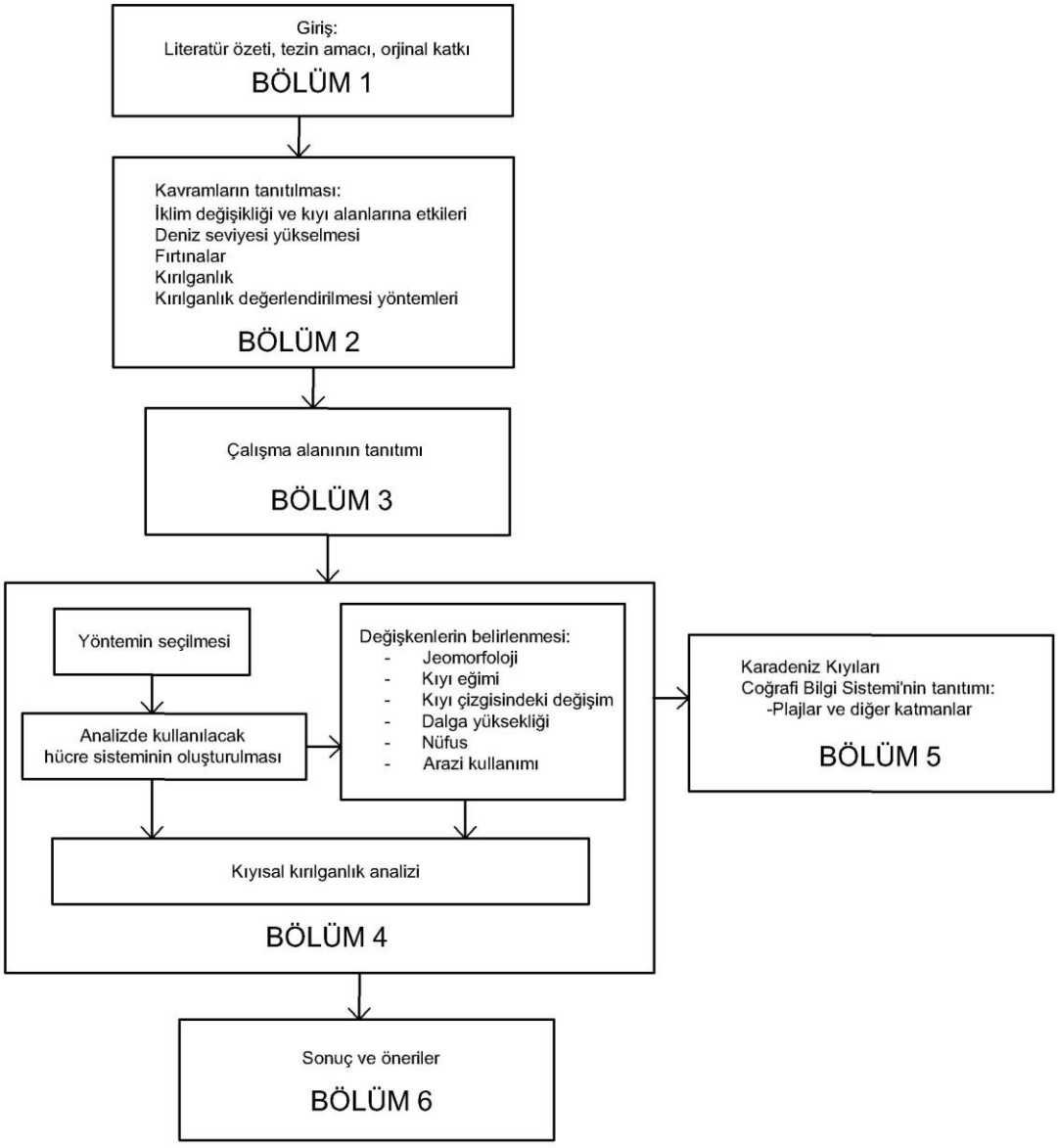
Çizelge 1.1'de ayrıca modelleme ismiyle belirtilen çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmalar (Allenbach vd. [20] gibi) belli bir hadise (örn. deniz seviyesi yükselmesi) karşısında kıyı alanındaki değişimleri sayısal olarak sunmaktadır. Bu kapsamda kırılganlık çalışması olarak değerlendirilmişlerdir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada Güneybatı Karadeniz kıyılarının iklim değişikliğine bağlı etkilere karşı kırılganlığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla Güneybatı Karadeniz kıyılarında deniz seviyesi yükselmesi durumunda kıyı alanındaki kırılganlığı belirleyecek fiziksel ve sosyal özellikler incelenmiş ve uzamsal bir kırılganlık analizi gerçekleştirilmiştir.

Tez boyunca izlenecek adımların akış diyagramı Şekil 1.1'de verilmiştir. Tezin ikinci bölümünde kıyı alanları, iklim değişikliği ve kırılganlık üzerine temel bilgiler verilecek, bu tezde de kullanılacak olan kıyısal kırılganlık indeksi yöntemi üzerinde özellikle durulacaktır. Konu hakkında temel çerçevenin çizildiği bu bölümün ardından üçüncü bölümde çalışma alanı hakkında çeşitli bilgiler verilecektir. Dördüncü bölümde tez verilerini ve Karadeniz kıyı alanları hakkında ek bilgileri içeren Karadeniz Kıyısı Coğrafi Bilgi Sistemi hakkında bilgiler verilecektir.

Beşinci bölümde kullanılacak yöntem açıklanıp, gerekli veriler ve elde edilme yöntemleri açıklanacak; ardından kıyısal kırılganlık analizi gerçekleştirilecektir. Altıncı ve son bölüm, değerlendirme ve önerilerin yer aldığı bölümdür.



Şekil 1. 1 Tezin genel planı

1.3 Orjinal Katkı

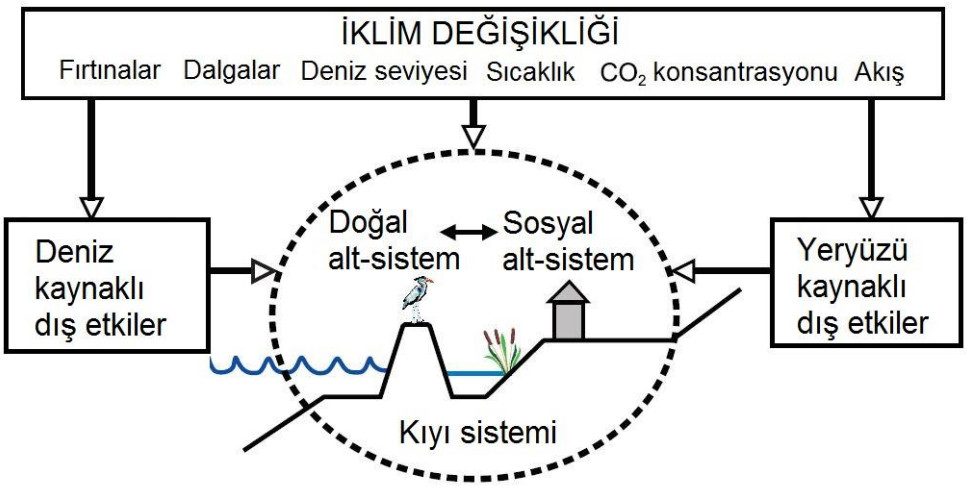
Güneybatı Karadeniz; İstanbul gibi büyük bir şehri barındırması, Karadeniz'de dalga yüksekliklerinin büyük ve fırtınaların etkili olduğu bölgelerden birisi olması, bölgede Terkos ve Karaburun gibi erozyon geçmişi bulunan kıyıların ve birçok plajın yanında İğneada Longoz Ormanları gibi korunması gereken alanların bulunması gibi sebeplerle çevresel açıdan kritik bir konumdadır. Önceki çalışmalarda Güneybatı Karadeniz bölgesini kapsayan bir kırılganlık analizi çalışması gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışmada çevresel açıdan kritik bu bölgedeki fiziksel ve sosyal bazı süreçler incelenip iklim değişikliğine bağlı bir kırılganlık analizi gerçekleştirilerek bu çalışma bölgesi için karar verici, yönetici ve planlayıcılara bilimsel bir altlık hazırlanması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

KIYI ALANI VE KIRILGANLIK

2.1 Kıyı Alanını Tehdit Eden Faktörler

Kıyı alanları, insan bileşenini de içeren, düşük yükseltili alanların sığ deniz suyuyla buluştuğu alanlardır. Yerel etmenlerin yanında, kıyılar insan aktivitelerini ve ekolojik dengeyi olumsuz etkileyen ve kıyı sisteminin doğal işleyişini aksatan dış etmenlere de maruzdurlar (Şekil 2.1; IPCC [27]).



Şekil 2. 1 Kıyı sistemi ve onu etkileyen faktörler (IPCC [27])

İklim değişikliği fırtına karakteristikleri, dalga iklimi, deniz seviyesi, sıcaklık ve karbondioksit konsantrasyonundaki artış olarak kendini göstermektedir. Bu değişimler doğal ve sosyal bileşenlerinin birbiriyle etkileşim içinde olduğu kıyı sistemini etkilemektedir (Şekil 2.1).

Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Üçüncü Değerlendirme Raporu'ndan (AR3) bu yana iklim değişikliğinin kıyı alanlarına etkisi üzerine kavrayışımızın belirgin bir ölçüde arttığını ve altı önemli sonucun ortaya çıktığını belirtmektedir (IPCC [27]):

Kıyılar iklim ve deniz seviyesine bağlı tehlikelerin olumsuz sonuçlarını yaşamaktadırlar. Kıyılar, fırtına gibi ekstrem olaylar karşısında son derece kırılgandırlar. 20. Yüzyıl boyunca küresel olarak yükselen deniz seviyesi; kıyı taşkınları, erozyon ve ekosistem kayıplarındaki artışa katkıda bulunmuştur (IPCC [27]).

Kıyılar, iklim değişikliği ve deniz seviyesi yükselmesi nedeniyle, kıyı erozyonu da dahil artan risklerle karşılaşmaya devam edeceklerdir. Beklenilen iklim kaynaklı değişiklikler; 2100 yılına kadar deniz seviyesinde 0.6 m'ye kadar hızlı bir artış, deniz yüzeyi sıcaklığında 3°'ye kadar bir ek artış, tropikal ve ekstra-tropikal kasırgaların yoğunlaşması, daha büyük ekstrem dalgalar ve fırtına kabarmaları, dengesi bozulan yağış/akış ve deniz asitlenmesi şeklindedir. Bu olaylar yerel ve bölgesel ölçekte değişkenlik göstereceklerdir, ancak etkilerin olumsuz olacağı kesindir. Özellikle kara tarafında sınırlandırılmış veya katı maddeye muhtaç durumda bulunan tuz bataklığı ve mangrove gibi kıyı sulak alanları tehdit altındadırlar. Bilhassa sulak alan ve mercan kayalıkları gibi kıyı ekosistemlerinin bozulmasının, bu ekosistemlerden sağlanan yararlara muhtaç olan kıyı toplulukları üzerinde ciddi etkileri olacaktır. Artan taşkınlar ve tatlı su, balıkçılık ve diğer kaynakların bozulması, milyonlarca insanı etkileyecek ve bunun sonucunda iklim değişikliği nedeniyle sosyo-ekonomik maliyetler yükselecektir (IPCC [27]).

İklim değişikliğinin kıyılar üzerindeki etkileri, artan insan kaynaklı baskılar sebebiyle şiddetlenmektedir (IPCC [27]).

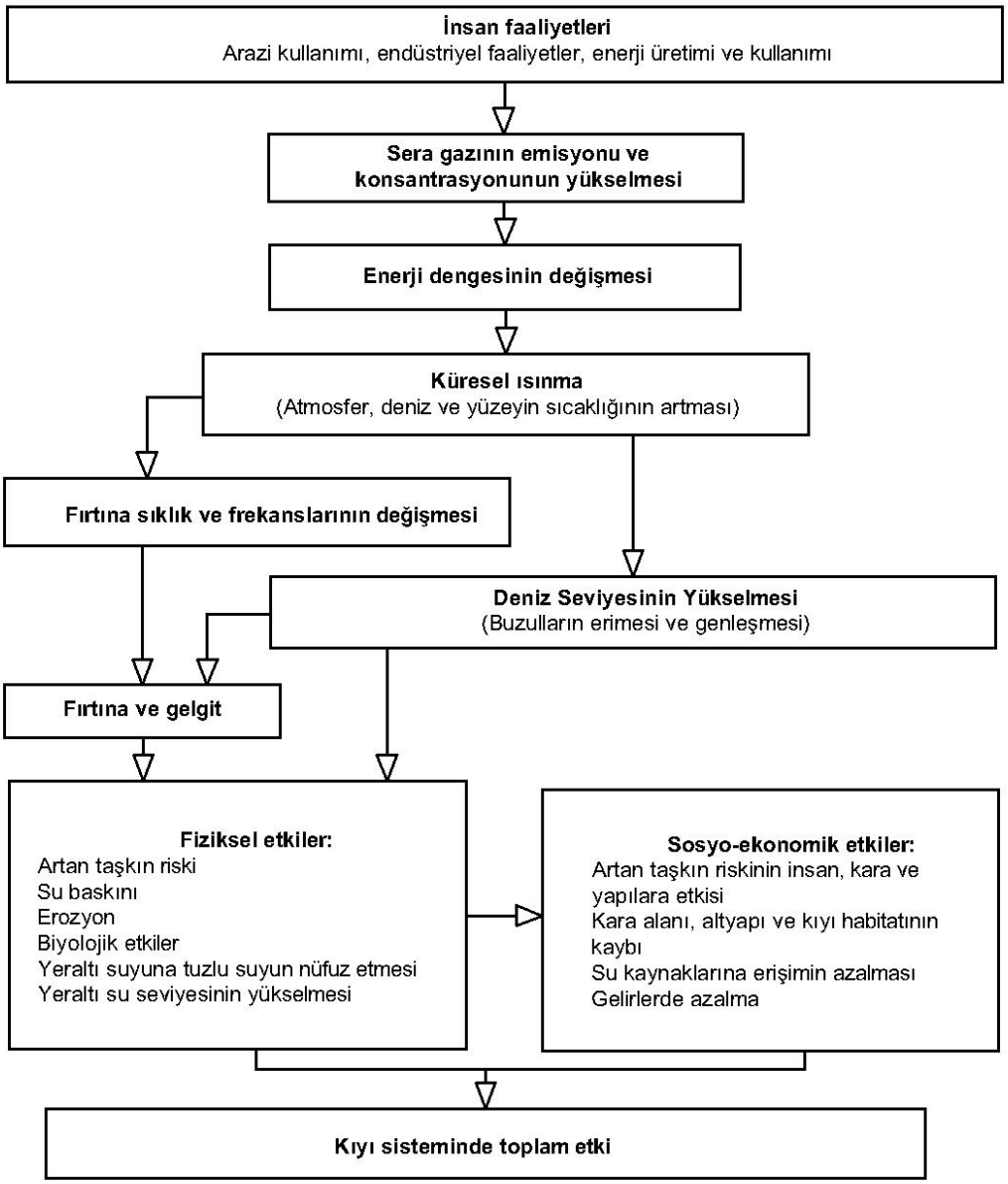
Gelişmekte olan ülkelerde iklim değişikliğinin kıyılarda oluşturduğu bu değişikliklere uyum sağlamak, uyum kapasitesindeki sınırlamalara bağlı olarak gelişmiş ülkelere nispetle daha zorlayıcı olacaktır (IPCC [27]).

Kırılgan kıyılardaki uyum maliyetleri, bir eylem yapmamanın maliyetinden çok daha az olacaktır (IPCC [27]).

2.1.1 İklim Değişikliği

İklim değişikliği; karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğa kaynaklı iklim değişikliğine ek olarak, atmosfere salınan sera gazlarındaki artış ve ormanların yok edilmesi sonucu arazi kullanımındaki farklılaşmalar gibi doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik olarak tanımlanmaktadır (TÜBA [28]).

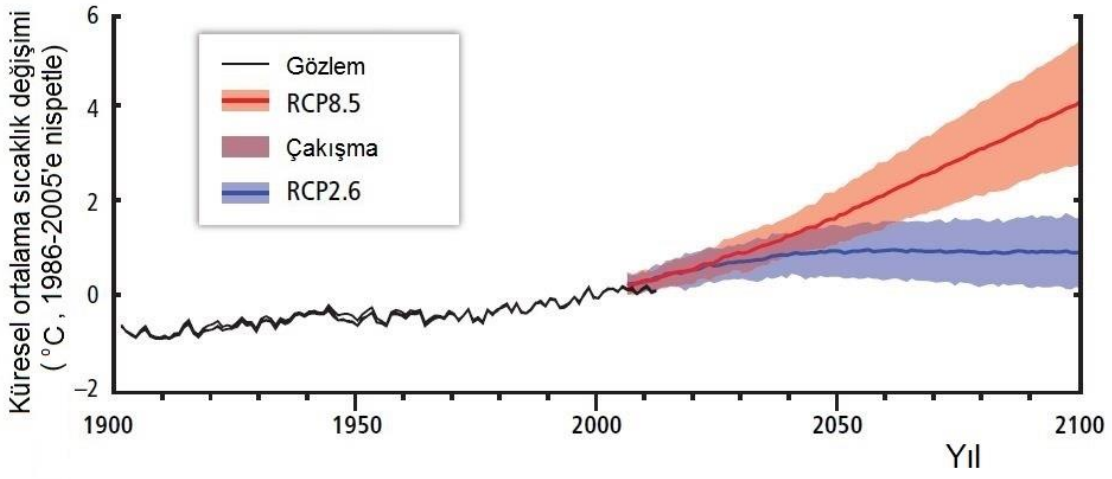
İnsan faaliyetleri, iklim değişikliğinin oluşması ve sistemdeki etkilerini özetleyen bir şema Sahin [29] tarafından verilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2. 2 İklim değişikliğinin etkileri hakkında kavramsal bir akış şeması (Sahin [29])

İnsanların üretme ve tüketme faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan karbon dioksit, metan, ozon ve azot oksitler gibi sera gazlarının konsantrasyonu artmakta; bu durum atmosfer, deniz ve yüzeyde sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Yeryüzündeki enerji dengesinin değişmesi ve küresel ısınmayla birlikte özellikle deniz seviyesinde artış ve fırtına parametrelerinde değişiklikler meydana gelmektedir. Bu olaylar kıyı alanlarında fiziksel ve sosyo-ekonomik çeşitli etkilere sebep olmaktadır (Şekil 2.2).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 1988 yılında Birleşmiş Milletler tarafından insan kaynaklı iklim değişikliğini bilimsel ve teknik yönünü araştırmak üzere kurulmuştur (TÜBA [28]). İklim değişikliği hakkında detaylı çalışmalar gerçekleştiren ve bu konuda bir farkındalık oluşturmaya çalışan uluslararası kurum, bu amaç doğrultusunda farklı disiplinlerden uzmanları bir araya getirmekte, yayınlanan raporlar dünya kamuoyunun dikkatine sunulmaktadır. Kurumun 2014 tarihli Beşinci Değerlendirme Raporu'nda (AR5), küresel ortalama sıcaklıktaki beklenebilecek değişim modellenmiştir (Şekil 2.3).



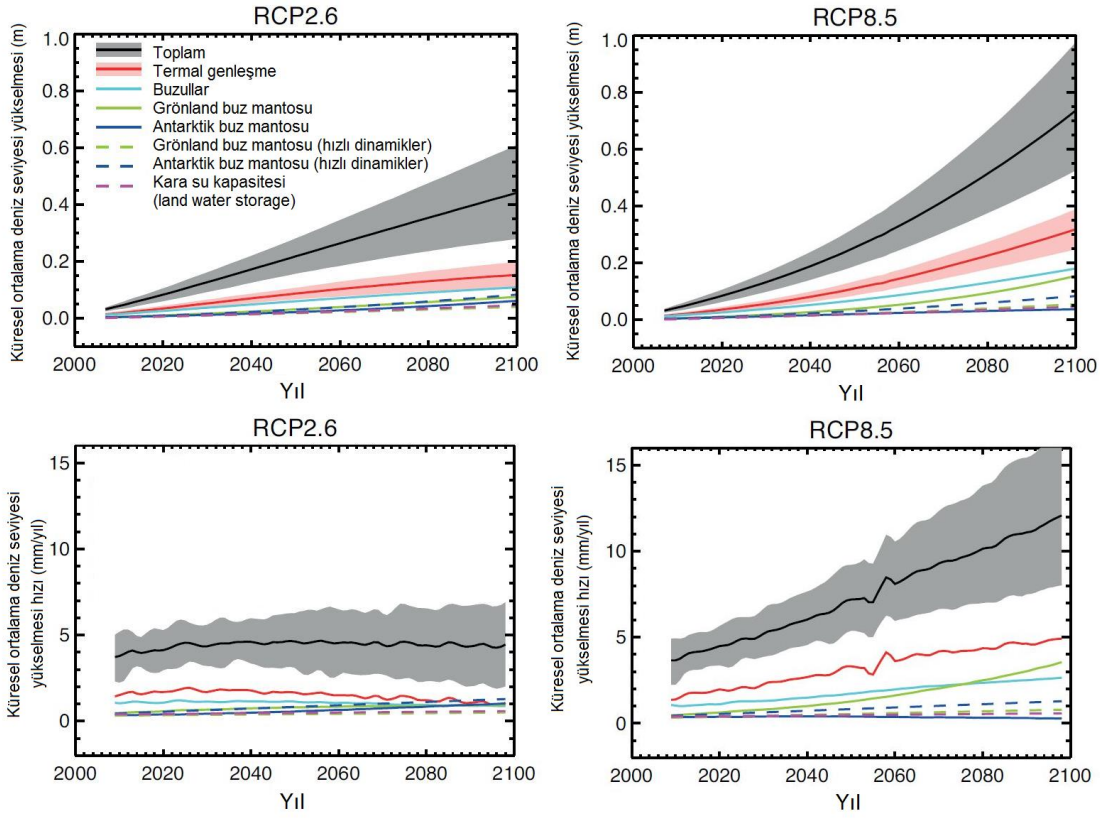
Şekil 2. 3 Küresel sıcaklık değişimi projeksiyonları (IPCC [30])

Küresel ortalama sıcaklığın, 2100 yılında 1986-2005 referans aralığına oranla yaklaşık 5.5 °C kadar daha yüksek olabileceği tahmin edilmektedir (Şekil 2.3). Şekil 2.3'deki grafiklerde RCP (Representative Concentration Pathways) değerleri dört büyük sera gazının atmosferdeki konsantrasyonlarını temsil etmektedir. RCP2.6 en olumlu ve RCP8.5 en olumsuz senaryoyu belirtmektedir.

2.1.2 Deniz Seviyesi Yükselmesi

Son 100-150 yılda, dünya genelinde yerleştirilmiş su seviyesi ölçerler deniz seviyesindeki yerel değişimlerin ölçümlerini sağlamaktadırlar. 1992'den beri bu ölçümler TOPEX/Poseidon ve Jason uydularından sağlanan açık deniz su seviyesi altimetre ölçümleri ile desteklenmektedirler (Ewing [31]). Bu durum geçmişten günümüze değişimin takip edilebilmesine ve ileriye dönük tahminlerin yapılmasına olanak vermektedir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 2014 tarihli AR5'te, 1986-2005 aralığını baz alarak, 2100 yılına kadar deniz seviyelerinde çeşitli senaryolar doğrultusunda beklenebilecek yükselmeleri model sonuçlarına dayanarak vermiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2. 4 Deniz seviyesi yükselmesi projeksiyonları (IPCC [32])

Şekil 2.4'te, deniz seviyesi yükselmesine neden olan etmenler ve tüm bu etmenlerin birleşimi ile beklenen genel toplam su seviyesi artışı gösterilmiştir. Bu grafiklerden görülebileceği gibi, 2100 yılında deniz seviyesinin 1986-2005 aralığındakine oranla 0.25 - 1 m daha yüksek olacağı ve yükselme hızının 2 - 16 mm/yıl arasında seyredeceği

öngörülmektedir (Şekil 2.4). Bu değerlerin küresel değerler olduğu ve yerel farklılıkların olacağı unutulmamalıdır.

Deniz seviyesindeki en küçük değişiklikler dahi kıyılarda erozyon, su baskını, taşkın, fırtına hasarları ve yeraltı sularının tuzlanması gibi doğrudan veya dolaylı etkilerle sonuçlanacaktır. Bu etkilerin altyapı, yaşam kalitesi ve sağlık üzerinde ikincil etkileri olacaktır (Abuodha ve Woodroffe [4]). Büyük deniz seviyesi yükselmesinin en bariz sonucu su altında kalan alanlardaki değişikliklerdir. Günümüzde yalnızca yüksek gelgit zamanında su altında kalan kara alanları kalıcı olarak su altında kalacak, suyun üzerinde inşa edilen rıhtım ve iskele gibi yapılar suya daha yakın hale gelecek veya su altında kalacaklardır. Bu yapılardaki bütün yatay elemanlar daha yüksek yukarı yönde kuvvetlere maruz kalacaklardır. Bir diğer sonuç, su derinliğinin bir fonksiyonu olan dalga yüksekliğinin artmasıyla onun karesinin fonksiyonu olan dalga enerjisinin de artmasıdır. Plaj gibi açık kıyı oluşumları daha büyük ve daha sık dalgalara maruz kalacaklar, potansiyel olarak erozyon ve kıyı çizgisinin gerilemesi olayları gerçekleşecektir. Küçük eğimli plajlar için, Bruun kuralına göre her bir m'lik deniz seviyesi yükselmesinde 50-100 m'lik bir plaj genişliği kaybedilecektir (Ewing [31]).

2.1.3 Fırtınalar

İklim değişikliği ve deniz seviyesinin yükselmesi tedrici olarak gerçekleşen süreçlerdir. Bununla birlikte kıyılar ekstrem fırtınalar ve fırtına serileri gibi ekstrem ve bölgesel ölçekte olaylarlardan da etkileneceklerdir (Burvingt vd. [33]). Kıyı alanlarında yoğun olarak artan şehirleşmeden dolayı, bu alanlarda nüfus artması beklenmektedir. Bu durum yeni altyapıların yapılmasına yol açacak ve fırtına olayları sırasında potansiyel yüksek maliyetlere neden olacaktır. Bu maliyetler altyapının fiziksel olarak zarar görmesi, ekosistem kaybı ve bozulması, iş hayatı ve sosyal hayatta aksaklıklar ve yaşam kaybı gibi maddi ve manevi kayıpları içerebilir (Smalegan vd. [34]).

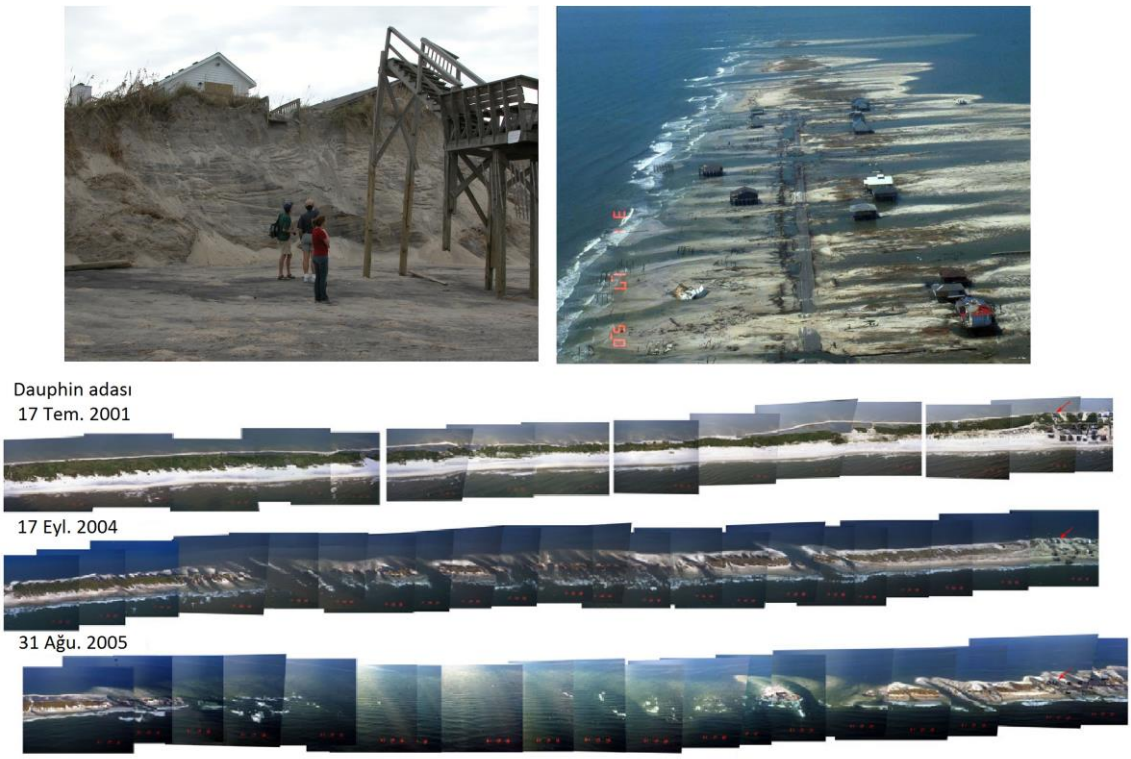
A.B.D.'de 1980-2014 yılları arasında doğrudan ekonomik kayıpların %50'si tropik kasırgalara bağlı doğal afetlerden kaynaklanmıştır. 29 Ekim 2012'de Sandy Kasırgası Atlantic City yakınlarında karaya geçiş yapmış ve A.B.D. Kuzeydoğu kıyıları boyunca büyük zararlara sebep olmuştur (Şekil 2.5). Kasırganın çapı 280 km'yi, rüzgâr hızı 130 km/saat'i bulmuştur. Sandy Kasırgası ayrıca fırtına kabarmaları ve birkaç yüksek gelgit

periyodu süresince devam eden uzun dalgalara yol açmıştır. Kasırganın A.B.D.'de 67 milyar $ maliyetinde zarara yol açtığı tahmin edilmektedir. Sandy Kasırgası 8.5 milyon insanı haftalarca elektriksiz bırakmış, insanlarda çeşitli sağlık problemlerine yol açmıştır. Fiziksel zararlar plaj ve kumul erozyonu, bariyer adalarının zarar görmesi olarak sıralanabilir (Smalegan vd. [34]).



Şekil 2. 5 Sandy Kasırgası'nın etkileri (a) Craig [35], b) Earley [36], c) McLoughin [37], d) New York Daily News [38])

Plaj ve kumul erozyonu gibi fırtına kaynaklı doğal çevreyi oldukça tahrip eden olağanüstü olayların, geçmişte Sandy Kasırgası benzeri birçok örneği mevcuttur (Şekil 2.6).



Şekil 2. 6 Plaj ve kumullarda fırtına kaynaklı etkiler [39]

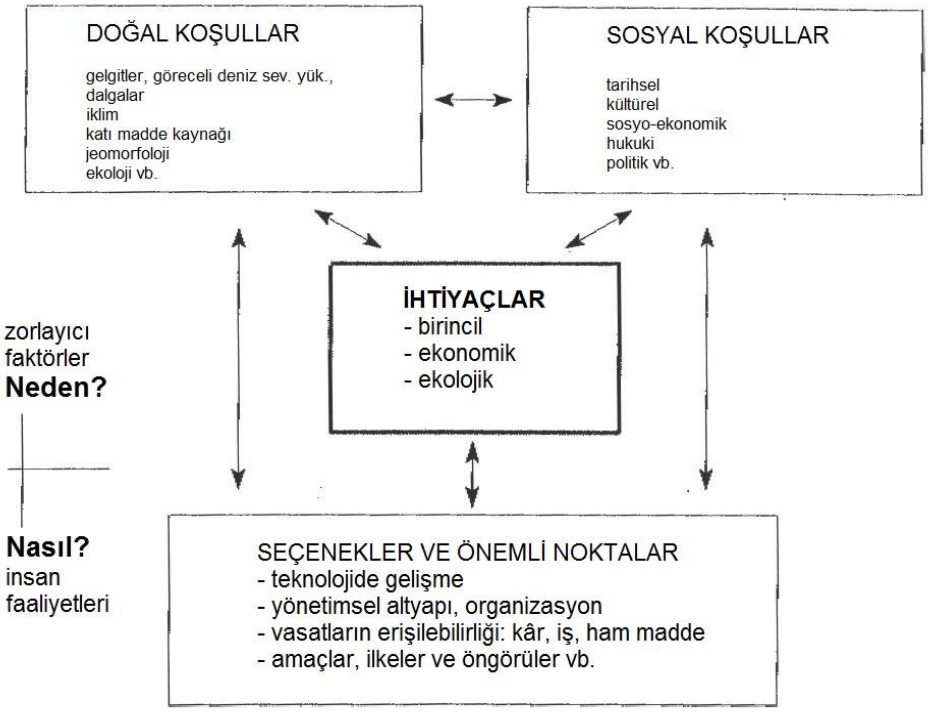
Fırtına nedeniyle dalgaların kumulu aşması sonrasında, katı madde kumulun tepesinden karaya doğru da taşınabilmektedir. Bu olay 'overwash' olarak bilinmektedir. 'Overwash', kıyıya yakın yerleşim bölgelerinde evlerin ilk katlarının kumla dolması gibi olaylara dahi sebep olabilmektedir. Fırtınalar özellikle doğal özelliği nedeniyle düşük yükseltili olan plaj ve bariyer adalarında su baskınlarına neden olmaktadırlar. Su baskınları esnasında, akıntılar ve dalgalar adanın deniz tarafından kara tarafına doğru katı madde taşımaktadırlar. Su seviyesi ilk haline döndüğünde, karaya taşınan katı madde çok güçlü akıntılarla tekrar açık denize doğru taşınmakta ve bu durum bariyer adalarında yarıklara neden olmaktadır. Kimi durumlarda bu yarıklar kalıcı olmaktadır ([39], Şekil 2.6).

İklim değişikliğinin etkisi ile deniz seviyesinde meydana gelecek artışın, su baskınlarını ve ekstrem olayların sıklığını (fırtınalar gibi) artıracağı yönünde kabul görmüş bir görüş mevcuttur [30].

2.2 Kıyı Yönetimi Uygulamaları

Kıyı alanları ve deniz ekosistemlerinde; ekonomik altyapının korunması, bu alanların korunması konusunda halkın farkındalığının arttırılması, plaj güçlendirme ve kıyı duvarlarının inşa edilmesi ve mercan resiflerinin, mangrovların, deniz ve kıyı bitkilerinin korunması gibi geçici önlemler alınabilir. Bununla birlikte; Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetiminin (BKAY) geliştirilmesi, kıyısal planlamanın daha iyi hale getirilmesi, kıyı koruma üzerine yasal mevzuatın geliştirilmesi, kıyıların ve kıyı ekosisteminin araştırılması ve gözlemlenmesi gibi ileriye dönük uzun vadeli önlemler daha iyi sonuç verecek ve iklim değişikliğine karşı kırılgan toplumları daha güçlü kılacaktır (UNFCCC [40]).

BKAY yaklaşımı, "kıyı alanlarında sürdürülebilir bir gelişme için, sürekli, önlem alıcı ve uyarlanmış bir planlama ve kaynak yönetimi" olarak tanımlanmaktadır (ÇŞB ve DAMPO [41]). Kıyı alanları yönetimi konusunda anahtar faktörler Şekil 2.7'de sunulmaktadır (Kunz [42]).



Şekil 2. 7 Kıyı alanları yönetimi için anahtar faktörler (Kunz [42])

İyi bir kıyı alanları yönetimi doğal ve sosyal koşulları göz önüne alarak, ihtiyaçları en uygun şekilde karşılamak yönünde yapılacak planları içermelidir. Planlanmaya konu

olacak doğal koşullar iklim, rüzgâr ve dalga iklimi, deniz, katı madde, jeomorfoloji olabilir. Tarihi, kültürel, sosyo-ekonomik, hukuki ve politik koşullar da planlamada belirleyici olacaktır (Şekil 2.6).

ÇŞB (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) tarafından Samsun, Antalya, İzmit, İskenderun ve Bursa için taslak halinde bulunan BKAY düzenlemeleri oluşturulmuştur. Ancak Türkiye genelinde ve Karadeniz'de BKAY çalışmaları sınırlı sayıdadır.

Karadeniz ülkeleri 'koruma alanları' kategorilerini geliştirme yoluna gitmişlerdir, ulusal eylemler ve değişik uluslararası sistemlere uyum sağlamak amacıyla koruma alanları belirlenmiştir. Birçok koruma alanının nadir bilimsel faaliyetler haricinde gözlemlenmediği, kıyı ve deniz koruma alanlarının korunmasının kâğıt üzerinde kaldığı belirtilmektedir. Kıyı koruma bazı alanlarda ağırlık tipi dalgakıranlar ve beton bloklu basamaklarla sağlanmış; bu durum plaj malzemesinin tutulması için uygun olmamıştır. Genel olarak bütün Karadeniz kıyıları için yaygın olarak kullanılmış betonarme yapıların kıyıların stabilizasyonunu sağlamadığı söylenmektedir. Paradoksal biçimde daha uzun süre kıyı korumaya sahip olan kıyıların daha fazla kötüleştiğini belirtilmektedir (Kosyan ve Velikova [43]).

Karadeniz ülkeleri tarafından uzamsal planlamanın önemi fark edilmiş ve denizcilik politikaları geliştirilmek üzere girişimler gerçekleştirilmiştir, ancak bu çalışmalar entegre olmaktan çok uzakta kalmıştır. Bütünleşik kıyı alanları yönetimi ile ilişkili gözlem ve değerlendirmeler ulusal ve bölgesel düzeyde çok yetersizdir (Kosyan ve Velikova [43]).

2.3 Kıyısal Kırılganlık

United Nations International Strategy for Disaster Reduction [44] kırılganlığı; 'bir topluluk, sistem veya varlığı tehlikenin zarar verici etkilerine karşı hassas hale getiren karakteristikleri ve durumları' olarak tanımlamaktadır.

McLaughlin ve Cooper [45] bir kıyı alanının kırılganlığını; kıyının fiziksel doğası (baskı unsuruna karşılık verme kabiliyetini kontrol eden), baskı unsurunun doğası (zorlayıcı faktörlerin sıklık ve büyüklüğü) ve böyle değişikliklerin insan aktiviteleri ve malları üzerindeki etkilerinin derecesiyle ilişkilendirmiştir. Buna göre kırılganlık; kıyısal

karakteristikler (esneklik ve duyarlılık), kıyısal zorlayıcılar ve sosyo-ekonomik faktörlerin fonksiyonudur.

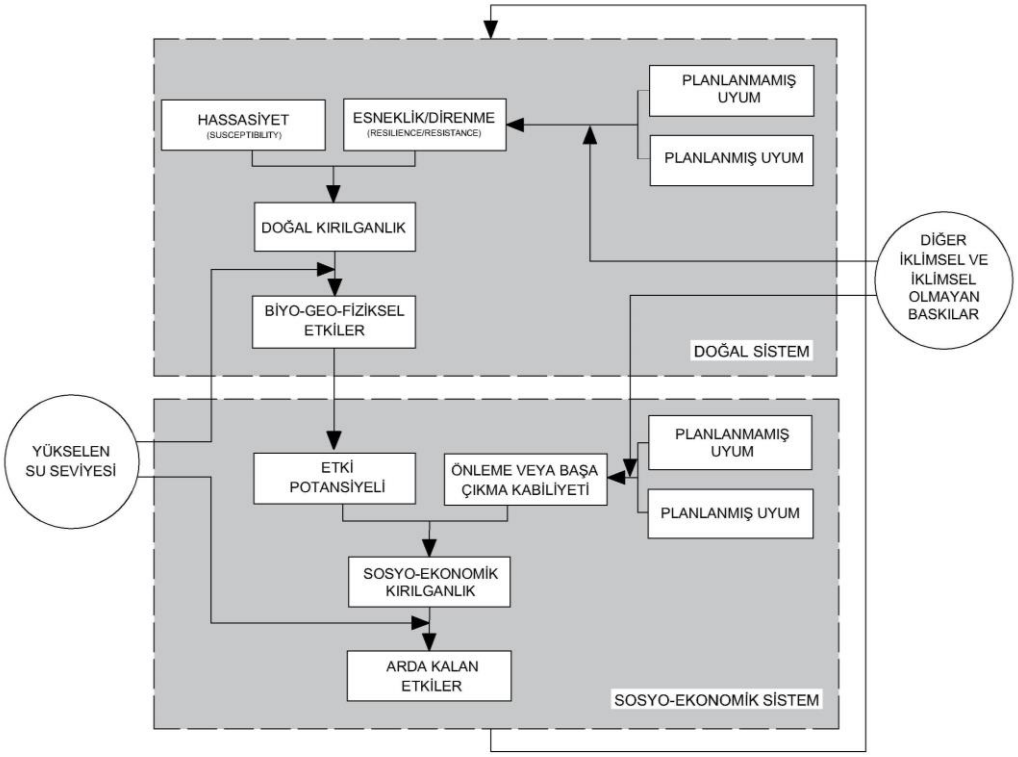
Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2001 tarihli "etkiler, adaptasyon ve kırılganlık" konularını irdeleyen bir raporu kırılganlığı (vulnerability), 'bir sistemin hassas olduğu ve üstesinden gelemediği iklimsel değişkenlik ve ekstrem olayları da içeren iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin derecesi' olarak tanımlanmaktadır (IPCC [46]). Bu, kırılganlığın iklim değişikliği penceresinden yaygın olarak kabul görmüş bir tanımıdır. Buna göre kırılganlık; iklim değişikliğinin karakteri, büyüklüğü ve sistemin maruz kaldığı iklim değişkenliğinin derecesi ve yine sistemin hassasiyeti ve uyum kapasitesinin bir fonksiyonudur (IPCC [46]).

Yine aynı raporda hassasiyet (sensitivity), 'bir sistemin iklim kaynaklı uyarıcılar (stimuli) nedeniyle olumlu veya olumsuz yönde etkilenme derecesi' olarak tanımlanmaktadır (IPCC [46]). İklim kaynaklı uyarıcılar; ortalama iklim karakteristikleri, iklim değişkenliği (climate variability) ve ekstrem olayların sıklık ve büyüklüğü gibi elemanları içermektedir. Etki doğrudan (ör. sıcaklığın ortalaması, aralığı veya değişkenliğindeki değişikliklere karşılık ürün verimindeki değişiklikler) veya dolaylı (ör. deniz seviyesi yükselmesine bağlı olarak kıyısal taşkınların sıklığındaki artışın vermiş olduğu zarar) olabilir (IPCC [46]).

Uyum, 'doğal veya yapay sistemde, mevcut veya beklenen iklimsel uyarıcılara veya etkilerine karşı zararları yumuşatmaya veya yarar sağlanabilecek fırsatları kullanmaya yönelik düzenlemeler' olarak tanımlanmaktadır (IPCC [46]). Uyum kapasitesi (adaptive capacity) ise, 'bir sistemin iklim değişkenliği ve ekstrem olaylardan orta düzeyde zararlara kadar çeşitli durumlar karşısında fırsatların avantajını kullanmasını veya sonuçlarla başa çıkmasını kapsayan iklim değişikliğine ayak uydurma kapasitesi' olarak tanımlanmaktadır (IPCC [46]).

Mitigation (hafifletme), sera gazı emisyonunun kayıplarını arttırmaya veya kaynaklarını azaltmaya yönelik antropojenik müdahalelerdir (IPCC [46]).

Kıyısal kırılganlık ve onu ilgilendiren birçok kavram ve durumun birbirleriyle ilişkilerini veren kıyısal kırılganlığa ait kavramsal altyapı Klein ve Nicholls [47] tarafından verilmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2. 8 Kıyısal kırılganlık için kavramsal bir akış şeması (Klein ve Nicholls [47])

Şekil 2.8'den görülebileceği gibi doğal ve sosyo-ekonomik kırılganlık ilişki içerisindedir ve sosyo-ekonomik kırılganlığın anlaşılabilmesi, doğal sistemin nasıl etkilendiğine ilişkin bilgi birikimi gerektirmektedir. Bu nedenle, kıyısal kırılganlığın analizi için çalışmalar daima deniz seviyesi yükselmesinin fiziksel etkileri karşısında doğal sistemin hassasiyeti ve bu etkilerle başa çıkmak konusundaki doğal kapasitesi (esneklik ve direnme) ile başlamaktadır. Hassasiyet (susceptibility) sistemin deniz seviyesi yükselmesinden etkilenme derecesini göstermekte; esneklik (resilience) sistemin etki öncesi orijinal haline geri dönme hızını ve direnme (resistance) ise sistemin etkilere maruz kalmadan bunları engelleme kabiliyetini göstermektedir. Hassasiyet, esneklik ve direnme kıyısal sistemin doğal kırılganlığını belirleyen kavramlardır (Klein ve Nicholls [47]).

Esneklik ve direnme, sistemin planlanmamış uyumunun ortaya çıkardığı kavramlardır ve genellikle insan aktivitelerinden etkilenmektedirler. Ancak insan aktivitelerinin her zaman olumsuz olması gerekmez. Planlanmış uyum sistemin doğal kırılganlığını azaltacak yönde hizmet edebilir (Klein ve Nicholls [47]).

2.4 Kırılganlık Değerlendirmesinde Kullanılan Yöntemler

Kıyı alanlarında kırılganlığın değerlendirilmesi için çok çeşitli yöntemler mevcuttur (Ramieri vd. [48]):

1. İndeks tabanlı yöntemler

1.1 Kıyısal kırılganlık indeksi (CVI)

1.2 Deniz seviyesi yükselmesi için CVI (SLR)

1.3 Kompozit Kırılganlık İndeksi

1.4 Çok boyutlu kıyısal kırılganlık indeksi

2. Gösterge tabanlı yöntemler

3. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) temelli karar almaya yardımcı sistemler

3.1 DESYCO (DEcision Support SYstem for Coastal Climate Change Impact Assessment)

3.2 DITTY-DSS (Development of an Information Technology Tool for the Management of Southern European Lagoons under the Influence of River-Basin Runoff – Decision Support System)

4. Dinamik bilgisayar modellerine dayanan yöntemler

4.1 RACE

4.2 DIVA (Dynamic Interactive Vulnerability Assessment Model)

4.3 SimClim (Simulator of Climate Change Risks and Adaptation Initiatives)

4.4 RegIS

4.5 Delft3D

İndeks ve gösterge tabanlı yöntemler, genellikle çalışma alanı hakkında bir öndeğerlendirme sunmaktadırlar. Kıyı alanlarında planlama faaliyetlerinde bulunacak kişilere bu yöntemlerden elde edilen sonuçlar riskli bölgelerin tespit edilmesi konusunda bilgi sunmaktadırlar.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), son yıllarda birçok farklı alanda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadırlar. CBS temelli karar almaya yardımcı sistemler, çeşitli uyum

seçeneklerinin karşılaştırılması yoluyla, bu alternatifler arasında seçim yapılması konusunda karar alıcılara yardımcı olmaktadır.

Dinamik bilgisayar modellerine dayanan yöntemler, çevresel ve iklimsel olayların bilgisayar ortamında ileriye dönük benzeşimlerini yaparak; analizi yapanlara karşılaşılabilecek koşullar hakkında bilgi sunmaktadırlar.

Kıyı alanlarındaki kırılganlığın değerlendirilmesinde kullanılan bazı yöntem ve yaklaşımlara dair detaylı bilgiler Bölüm 2.4.1-2.4.10'da sunulmaktadır.

2.4.1 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Genel Metodu

Kırılganlık değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan sistem ilk olarak 1991'de önerilmiştir. Genel Metot, uzman görüşleriyle sosyo-ekonomik ve fiziksel karakteristik bilgilerini harmanlayarak kullanıcılara deniz seviyesi yükselmesine yol açan geniş bir yelpazedeki etkileri (kaybedilen kara ve sulak alanların değeri de dahil) tahmin etmekte yardımcı olması için önerilmiştir. Yapılması gereken analizlerin bir listesini sunmaktadır, ancak kullanıcıyı analizleri nasıl yapacağı konusunda açıkça yönlendirmemektedir. Bu metottan elde edilen bilgiler genellikle ileriki fiziksel ve ekonomik modellemeler için temel oluşturmaktadır. Kullanıcı yedi aşamayı takip etmektedir: (1) çalışma alanının sınırlarını belirlemek; (2) çalışma alanı karakteristiklerinin envanterini çıkartmak; (3) ilgili sosyo-ekonomik gelişme faktörlerini saptamak; (4) fiziksel değişiklikleri tahmin etmek; (5) tepki stratejilerini formüle etmek; (6) kırılganlık profilini tahmin etmek; (7) gelecekteki ihtiyaçları belirlemek. Uyum üç genel seçenek üzerinde yoğunlaşmaktadır: geri çekilme, uyum sağlama veya koruma (UNFCC [40]; Abuodha ve Woodroffe [4]).

Genel Metot, ülke içi bölgesel (sub-national), ulusal, bölgesel ve küresel analizlerde kullanılabilir. Bu yaklaşım en çok; kıyısal kırılganlık hakkında çok az bilginin olduğu ülke çapındaki ilk ve temel oluşturacak çalışmalar için yararlıdır. Deniz seviyesi yükselmesi ve uyumun biyofiziksel ve sosyo-ekonomik etkilerini tahmin edebilmek için bir dizi teknikler üzerinde ciddi bilgi birikimine ihtiyaç duyulmaktadır (UNFCC [40]; Abuodha ve Woodroffe [4]).

Anahtar girdiler çalışma alanının fiziksel ve sosyo-ekonomik karakteristikleridir. Anahtar çıktılar ise kırılganlık profili, fiziksel ve ekonomik uyum için gereken

politikaların bir listesi ve deniz seviyesi yükselmesine yol açan geniş bir yelpazedeki etkiler (kaybedilen kara ve sulak alanların değeri de dahil) vb. şeklindedir (UNFCCC [40]; Abuodha ve Woodroffe [4]).

1991'deki orijinal belge mevcut değildir. Güncelleme IPCC CZMS [49] ile sağlanmıştır. Bu yöntemi kullanan bazı uluslararası çalışmalar şu şekildedir: IPCC CZMS [49], Nicholls [50], Nicholls [51], Nicholls [52], Bijlsma vd. [53], Nicholls ve Mimura [54], Klein ve Nicholls [47]. Yedi aşamayı tamamlamak için kayda değer bir eğitim gerekmektedir (haftalar veya aylar); ve eğitimler genellikle ülke içindeki uzmanlardan ziyade dışarıdan gelen danışmanlarca gerçekleştirilmektedir (UNFCC [40]; Abuodha ve Woodroffe [4]).

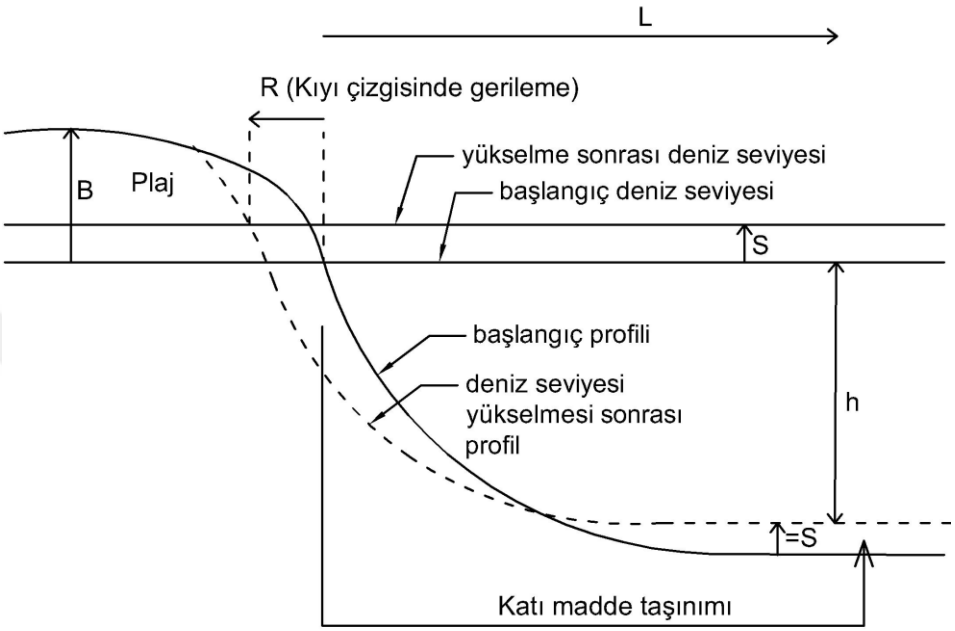
2.4.2 Bruun Kuralı

Yerel su seviyesindeki bir yükselmeye karşılık kıyı çizgisindeki gerilemeye ilişkin ilk ve en bilinen model Bruun [55] tarafından 1962'de önerilmiştir. IPCC su seviyesindeki 1 cm'lik bir yükselmenin plajları yatayda 1 m civarında erozyona uğrattığını rapor etmiştir. Bu denize 5 m'den daha yakın gelişmiş plajlar için büyük bir meseledir (IPCC [56]). Bruun kuralı tipik bir konveks plaj profilinin sabit su derinliğini korumak için dış plajdan kumu alarak açıkta depoladığını belirtmektedir. Bruun kuralı plajların erozyona uğramasıyla su seviyesi yükselmeleri arasında korelasyon kurmak için uygulanabilir. Bruun kuralı kıyı profilinin deniz seviyesi yükselmesine olan tepkisini tahmin eder. Bu basit model kıyı profilinin, parametreleri tamamen ortalama su seviyesi ve kum tane çapı tarafından kontrol edilen parabolik bir fonksiyon olduğunu belirtmektedir. Bruun tarafından yapılan analizler, su seviyesindeki bir yükselme durumunda, plajda ve sığ açık denizdeki denge profilinin yukarı ve karaya doğru hareket ettiğini varsayar. Analiz iki boyutludur ve şunları varsayar: (1) plaj profilin üst kısmı kara tarafına doğru erozyona uğrar; (2) plajın üst kısmında erozyona uğrayan malzeme anında sığ açık denize taşınır ve depolanır (erozyona uğrayan ve depolanan malzeme birbirine eşitmiş gibi); (3) depolanmadan dolayı yakın kıyı tabanında oluşan yükselme su seviyesindeki yükselmeye eşittir, böylelikle açık denizde sabit bir su derinliği sağlanmış olunur (SCOR [57]).

Bruun Kuralı Denklem 2.1 ile verilmektedir.

$$R=\frac{S*L}{h+B} \qquad (2.1)$$

Bu denklemde S deniz seviyesi yükselmesi, h hareketli katı maddelerin var olduğu kapama derinliği, L bu derinliğe olan kıyıya dik mesafe ve B kumulların yüksekliğidir. Sonuç olarak R kıyı çizgisi gerilemesi elde edilmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Bruun kuralı

Bruun kuralı sadece küçük çaplı yerel uygulamalarda uygulanabilirdir. Uzun kıyılar boyunca, Bruun kuralı ve ilgili kıyıya dik taşınım modelleri kompleks hale gelmektedir. Birçok eleştiri gelmiştir (ör. Cooper ve Pilkey [58]). Bu yöntemi kullanan bazı uluslararası çalışmalar şu şekildedir: Bruun [55], Bruun [59]. Çeşitli varsayımlarla kullanılması kolaydır, ancak incelenilen kıyı alanına aşinalık gerektirmektedir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

2.4.3 SURVAS

SURVAS (Deniz Seviyesi Yükselmesi Kırılganlığının Değerlendirilmesi Çalışmalarının Birleştirilmesi ve Genişletilmesi) projesi geleneksel bir değerlendirme yöntemi kullanarak kıyı alanlarındaki kırılganlığın küresel bir değerlendirmesini gerçekleştirmiş, kıyının doğal hassasiyeti ve sosyo-ekonomik kırılganlık ile iklim değişikliğinin etkilerini

geri çevirebilme kabiliyetinin (özellikle artan deniz seviyesi yükselmesine karşı) değerlendirilmesindeki anahtar göstergeleri tanımlamıştır (Abuodha ve Woodroffe [4]).

Atölye bağlamında uzman bilgi birikimi gerektirmektedir. Atölyeler Mısır, Almanya ve Birleşik Krallık'ta gerçekleştirilmiştir (Abuodha ve Woodroffe [4]). Çalışma örnekleri; SURVAS [60], SURVAS [61], SURVAS [62], Nicholls [63] olarak verileblir. SURVAS metodu, ülke içi bölgesel (sub-national), ulusal, bölgesel ve küresel analizlerde kullanılabilir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

2.4.4 DIVA ve DINAS-COAST

DIVA (Dinamik Etkileşimli Kırılganlık Değerlendirmesi), AB tarafından desteklenen DINAS-Coast konsorsiyumu tarafından 2004'te kıyı alanlarının entegre değerlendirilmesi için bir araç olarak geliştirilmiştir. Özellikle kıyı alanlarının deniz seviyesi yükselmesine karşı kırılganlığını araştırmak için geliştirilmiştir. Doğal sistem ve sosyo-ekonomik faktörler, ilgili senaryolar, bir dizi etki-uyum algoritmaları ve özelleştirilmiş grafiksel kullanıcı ara yüzünü içeren küresel bir veri tabanını kapsamaktadır. Dikkate alınan faktörler erozyon, taşkınla toprağın tuzlanması ve sulak alan kaybını içermektedir. DIVA bir makaleyle ortaya çıkan Küresel Kırılganlık Değerlendirmesi'nden (Hoozemans vd. [64]) esinlenmiştir. Ancak veriler açısından, dikkate alınan faktörler (uyumu da içermektedir) açısından ve bilgisayar teknolojisinin kullanımı açısından temel gelişmeler içermektedir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

DIVA kapsamlı biçimde uyum meselelerini de dikkate alan; ulusal, bölgesel ve küresel ölçekte kıyı alanlarının kırılganlığını analiz etmek için tasarlanmıştır. 12148 kıyısal bölüm içinde 180'den fazla kıyı ülkesini kapsamaktadır. Kullanıcının seçtiği senaryolar girdi olarak kullanılmakta ve bazı uyum seçenekleri de dâhil, kullanıcı tarafından belirlenen bir dizi değişik senaryo altında deniz seviyesi yükselmesinin etkileri elde edilmektedir. Ciddi bir eğitime gerek kalmadan kullanılması için tasarlanmıştır, ilgili bir kullanıcı bu aracı hiç eğitime gerek kalmadan kullanabilir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

DIVA sulak alan kaybı ve hafifletmenin (mitigation) etkileri için değerlendirme geliştirmekte kullanılmıştır (Abuodha ve Woodroffe [4]). Çalışma örnekleri; Hoozemans vd. [64], Nicholls [65], Hinkel ve Klein [66], Vafeidis vd. [67], Vafeidis vd. [68], Vafeidis vd. [69] olarak verilebilir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

2.4.5 SimClim

SimClim (İklim değişikliği riskleri simülatörü ve uyum girişimleri) yazılımı gelecekteki iklim senaryolarının incelenmesine birçok bağlamda olanak vermektedir. Yöntem, deniz seviyesi yükselmesini iklim değişikliği ve küresel ısınma ile yerel toprak hareketlerine bağlı olarak ayrı ayrı dikkate almaktadır. Yazılımı kullanmanın belirgin avantajlarından birisi konuma bağlı su seviyesi senaryolarının hızlıca üretilmesine olanak vermesidir; bu durumda emisyon senaryolarıyla ilişkili bazı belirsizlikler açıklanmakta, ancak izostatik değişimler açıklanamamaktadır. SimClim ayrıca bir dizi gelişkin etki modellerini içermektedir. Kıyı alanları için, odak noktası erozyon ve taşkınlardır. En basit erozyon modeli, seçilen bölgelerde kıyı çizgisinin deniz seviyesi yükselmesine karşı zamana bağlı tepkisini ortaya koyabilmek için fırtına etkileri, yerel su seviyesi eğilimleri ve gecikme etkilerini dikkate alan Bruun Kuralı'nın modifiye edilmiş bir şeklidir. Kıyı taşkın modeli uzamsaldır ve kullanıcının deniz seviyesi yükselmesi ve ekstrem fırtına olaylarının etkisinden kaynaklanan potansiyel su baskını bölgelerindeki değişimleri incelemesine olanak vermektedir. SimClim'in amacı, ekstrem iklim olayları da dahil iklim değişkenliğinin biyofiziksel ve sosyo-ekonomik etkilerini zamansal ve uzamsal olarak simüle etmek için karmaşık düzendeki veri ve modeller arasında bağlantı kurup birleştirmektir. Bu yolla, riski düşürmek ve değişikliklere uyum için değerlendirme seçeneklerini oluşturmanın temeli sağlanmaktadır. SimClim, iklim ve iklim değişikliğinin risk ve belirsizlikler gösterdiği çeşitli şartlarda karar verme ve önlem almaya yardımcı olması için tasarlanmıştır (Abuodha ve Woodroffe [4]).

SimClim ülke içi bölgesel (sub-national), ulusal, bölgesel ve küresel analizlerde uygulanabilir. Kıyı erozyonu model bölümü için şunlara ihtiyaç duyulur: kıyı tepki süresi, kapama mesafesi (m), kapama derinliği (m), kumul yüksekliği (m), sediment hareketi (m/yıl) ve fırtına parametreleri. Çıktı olarak mevcut kıyı çizgisi (m) elde edilmektedir. SimClim açık sisteminin belirgin avantajı, bir CBS gibi kullanıcılara kendi veri ve modellerini ekleyerek sistemi özelleştirmelerine imkân verecek esnekliğe sahip olmasıdır. Çalışma örnekleri; Kenny vd. [70], Kenny vd. [71], Warrick vd. [72], Warrick vd. [73] olarak verilebilir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

2.4.6 CVAT

CVAT (Topluluk kırılganlığı değerlendirme aracı), kıyı alanındaki çevresel, sosyal ve ekonomik veriler arasında ilişki kurmaya yardımcı olur. Kıyı topluluklarının bir dizi var olan tehdide karşı (özellikle iklim değişikliği vurgulanmamaktadır) göreceli risk veya kırılganlık analizini ortaya koyan CBS tabanlı yöntemdir. CVAT yöntemi 7 aşamayı içermektedir: (1) Tehlike tanımlanması ve önceliklendirilmesi, (2) Tehlike analizi, (3) Kritik kurumların analizi, (4) Sosyal analiz, (5) Ekonomik analiz, (6) Çevresel analiz ve (7) Hafifletme olanaklarının (mitigation oppurtinities) analizi. Topluluğu kapsayan bir risk ve kırılganlık analizi, adım adım rehber bir CD ROM ile sağlanmaktadır. Ayrıca bu CD ile yerel düzeyde tehlikelere karşı fiziksel, sosyal, ekonomik ve çevresel kırılganlığın analiz sürecini gösteren bir örnek çalışma sağlanmaktadır. New Hanover/North Carolina'daki bu detaylı örnek çalışma CVAT metodolojisinin özel bir toplulukta kullanımını örneklemektedir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

Bazı uluslararası çalışmalar; NOAA-CSC [74], NOAA-CSC [75], Albury [76], Clark vd. [77], Cutter [78], Cutter vd. [79], Cutter vd. [80], Emrich [81], Morrow [82] olarak verilebilir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

2.4.7 FUND Modeli

FUND (Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distrubition), bağlantılı birkaç modülüyle birlikte iklim değişikliğinin etkileri ve uyum analizi için bütünleşik bir değerlendirme modelidir. Model, Nicholls vd. [83] tarafından rastgele ekstrem deniz seviyesi yükselmesi senaryolarına uyarlanmış ve uygulanmıştır. Bu model 1995'ten 2100'e kadar (veya daha uzun) beş yıllık adımlarla çalışmaktadır. Etkiler birbirleriyle etkileşime geçmektedir. FUND kıyısal modülü, potansiyel deniz seviyesi yükselmesini kuru ve sulak alan kaybı açısından ele almakta, daha sonra korumanın yararlarının ekonomik olarak optimum bir değerlendirmesini sunmaktadır. Analizin önemli bir mesajı; ekstrem senaryolar altında bile fayda-maliyet gelişiminin, bazı alanlar terk edilirken gelişmiş kıyılardaki yaygın korumanın devam edeceğini göstermesidir. Birim koruma maliyetlerinin bugünkünün 100 misli olduğu farz edilse bile, FUND fayda-maliyet analizine göre dünya kıyılarının yaklaşık üçte biri (veya 250000 km civarındaki kısmı) korunacaktır. FUND senaryoları 2100 sonrası senaryolarına bir örnektir.

Projeksiyonlar dünyadaki 16 bölge içindir ve kişi başına nüfus değişimindeki büyümenin bölgedeki bütün ülkeler için üniform olduğu varsayılmıştır. Sonuçlar, koşula bağlı analizlerde geleneksel senaryo analizlerine oranla daha iyi gözükmektedir. FUND simülasyonları 1950'den 2200'e kadar yıllık adımlarla çalışmaktadır. Model, toprak veya sermaye değerleriyle (optimum seviyelerde) ilgili değişik tahminlerin etkilerini belirlemek ve değerlendirmekte kullanılır (Abuodha ve Woodroffe [4]).

FUND sosyo-ekonomik bir etki değerlendirmesi modelidir ve küresel ölçekte 16 bölgeyi kapsamaktadır. Karbondioksit konsantrasyonları, küresel ortalama sıcaklık ve deniz seviyesi yükselmesi FUND modeliyle hesaplanmaktadır. FUND deniz seviyesi yükselmesinin şu etkilerini dikkate almaktadır: (1) toprak kaybı, (2) sulak alan kaybı, (3) koruma maliyeti, (4) zorunlu göç. Nüfus, gelir, enerji kullanımı ve emisyon için oluşturulmuş IMAGE veri tabanı (Batjes ve Goldewijk [84]) modelin 1950-1990 dönemine kalibrasyonu için temel oluşturmaktadır (Abuodha ve Woodroffe [4]).

Bazı uluslararası çalışmalar; Darwin ve Tol [85], Leggett vd. [86], Link ve Tol [87], Tol ve Dowlatabadi [88], Tol [89], Tol [90] olarak verilebilir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

2.4.8 Karar Yardımcısı Modeller: COSMO

COSMO (Kıyısal simülasyon modeli), kıyı alanları yöneticilerinin uzun dönemli iklim değişikliği de dahil farklı senaryolar altında potansiyel yönetim stratejileri geliştirmelerine izin veren bir karar yardımcısı modeldir. COSMO, kıyı alanları yönetimi planlarının hazırlık, analiz ve geliştirme aşamalarının ana adımlarını gösterir. Program, kıyı alanları yöneticilerinin geliştirme projeleri ve çevre ve kıyıyla ilgili koruma önlemlerinin etkilerini keşfetmelerini sağlayan etkileşimli bir araçtır. Kıyı alanının kullanımını yansıtan iklim değişikliğinin uzun vadedeki etkilerini de içeren çeşitli kriterleri hesaplar. Kullanıcı bir eğitim aracı olarak önceden tanımlanmış bir dizi olayı keşfedebilir veya karar almaya yardımcı bir araç olarak yeni geliştirme senaryoları ve önlem kombinasyonlarını belirleyebilir. COSMO'nun daha karmaşık bir versiyonu başka bazı gerçekçi karakteristikleri; sınırlamalar ve kıyı alanları için kurumsal anlaşmaların kısıtlayıcılığını ortaya koyabilmesi için geliştirilmiştir. Program dört farklı kurumun bakış açısından kıyı alanlarının yönetimini günlük olarak simüle eder: (1) Şehir idaresi, (2) Kamu işleri birimi, (3) Çevre birimi, (4) Özel sektör. Bu dört rolün her biri, hedeflerini

ilerletmek için, yetki alanları ve niyet/bütçeleri nispetinde yıllık kararlar alırlar (Abuodha ve Woodroffe [4]).

COSMO bölgeye has örnek olaylarda veya ulusal ölçekte uygulanabilir. Kıyı alanları yönetiminde iklim değişikliğine uyumda yer alan ilişkiler hakkında bir eğitim aracı olarak yararlıdır. Bir eğitim veya karar almaya yardımcı araç olarak, uyum alternatifleri arasındaki avantaj ve dezavantajların belirlenmesine yardım eder. Kullanıcı tarafından seçilen yönetim stratejisi girilerek bir dizi farklı yönetim seçeneklerinin sonuçları elde edilmektedir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

İklim değişikliğine uyum da dahil, kıyı alanları yönetimi eğitiminde kullanılmıştır. Örnek bir çalışma Hoozemans vd. [64] tarafından gerçekleştirilmiştir. Eğitim amacıyla kullanmak kolaydır, ancak gerçek yönetim planlarının analizi için uygun değildir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

2.4.9 SMP

SMP (Kıyı yönetimi planlaması), kıyı alanlarında iklim değişikliği ve deniz seviyesi yükselmesi açısından temel ilgi alanı olan erozyon ve taşkının birleşik risklerinin stratejik yönetimi için kullanılan kapsamlı bir yaklaşımdır. Son 10 yılda Birleşik Krallık'ta kıyı yönetimi üzerine yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar İngiltere ve Galler kıyılarını bir dizi doğal ünitelere (hücreler ve alt hücreler) bölmeyi içermektedir. Bu ünitelere dayanarak, bütün kıyı uzunluğunu kapsayan bir dizi kıyı yönetim planları geliştirilmiştir. Ayrıca her kıyı yönetim planı kıyıyı arazi kullanımı açısından da bölümlendirmekte ve ilerideki 50-100 yıl içerisinde uygulanabilecek birkaç stratejik seçenek sunmaktadır: (1) çizgiyi ilerletmek, (2) çizgiyi tutmak, (3) kontrollü yeniden düzenleme, (4) sınırlı etkileşim ve (5) hiç aktif etkileşimin gerçekleştirilmemesi. Bu seçeneklerin pratikte doğrudan uygulamasının olacağı düşünülmemekte, planlamanın ilk aşamaları için ele alınmaktadır (Abuodha ve Woodroffe [4]).

SMP yaygın kıyı koruma altyapıları olan gelişmiş ülkeler için tasarlanmıştır. Ancak bu yaklaşımlar, özellikle yerel koşullara uyarlanırsa, dünya genelindeki kıyılarda geniş uygulama olanakları bulabilmelidir. Kıyı yönetimi planları, 'yaşayan' planlar olarak tasarlanmışlardır. Düzenli güncellemelerle bütün yöntem, iklim değişikliği ve deniz

seviyesi yükselmesine en uygun tepkiyi verecek uzun vadeli kıyı alanları yönetiminin gelişimini canlı tutacaktır (Abuodha ve Woodroffe [4]).

SMP tipik olarak, ülke içi bölgeselden (sub-national) ulusal ölçeğe, taşkın ve erozyonun stratejik yönetimi için uygundur. İdeal olarak; tarihsel kıyı çizgisi değişimi, günümüzdeki kıyısal işlemler, kıyı alanlarının kullanımları ve değişim için uygun senaryolar da dahil bir dizi bilgiye ihtiyaç vardır. Ancak SMP'nin İngiltere ve Galler'deki ilk uygulamalarında yetersiz veriler kullanılmıştır. Çıktı olarak gelecek 50-100 yıldaki taşkın ve erozyon yönetimi için stratejik yaklaşımlar sunulmaktadır. Bu metotlar kayda değer uzmanlığın mevcut olacağı düşünülerek tasarlanmıştır, en iyi şekilde danışmanlarca uygulanabilirler (Abuodha ve Woodroffe [4]).

Bazı uluslararası çalışmalar; DEFRA [91], MAFF [92], Leafe vd. [93], Burgess vd. [94] olarak verilebilir (Abuodha ve Woodroffe [4]).

2.4.10 Kıyısal Kırılganlık İndeksi (CVI)

Kıyısal kırılganlık indeksi (CVI), özellikle erozyon ve su baskını nedeniyle deniz seviyesi yükselmesine karşı kıyısal kırılganlığı değerlendirmekte yaygın olarak kullanılan, basit yöntemlerden birisidir. CVI, kıyı çizgisi bölümlerini değişime uğrama potansiyelleri açısından sıralayarak, risklerin göreceli olarak yüksek olduğu bölgelerin yöneticiler tarafından belirlenebilmesi için basit bir sayısal yöntem sunmaktadır (Ramieri vd. [48]).

Yöntemde analizin gerçekleştirilmesi için, çalışma bölgesi bazı çalışmalarda kıyı boyunca yerleştirilmiş hücrelere bölünmekte (Pendleton vd. [95]; Palmer vd. [5]), bazı çalışmalarda ise kıyı boyunca bir çizgi çizilerek bu kıyı çizgisi eşit bölümlere ayrılmaktadır (Mani Murali vd. [7]; Hereher [16]; Santos vd. [8]). Kıyı çizgisinin bölümlere ayrılması konusunda çok farklı yaklaşımlar söz konusudur. 2.8km'lik 12 bölüme (Mani Murali vd. [7]), 5 km'lik 200 bölüme (Hereher [16]), 200 m'lik 81 bölüme (Santos vd. [8]) sahip kıyı çizgileri; 580 km'lik kıyı boyunca 50*50m'lik hücreler (Palmer vd. [5]) ve 180 km'lik kıyı boyunca 1.5*1.5km hücreler (Pendleton vd. [95]) yapılmış çalışmalardan örnek olarak verilebilir.

Bölümlere ayrılan çalışma alanı için alanda etkin olan, kırılganlığı etkileyecek bazı faktörler 'değişken' olarak belirlenmekte, bu değişkenler risk seviyelerine göre sınıflandırılarak analiz gerçekleştirilmektedir. Her bir bölümde, değişkenler risk

seviyelerine göre sınıflandırılarak, CVI değerlerinin elde edileceği denklem hesaplanmaktadır. Analiz sonucunda, çalışma alanı boyunca her bir değişkenin ve CVI değerlerinin değişimi uzamsal olarak elde edilmektedir.

Birleşik Devletler Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS), A.B.D. kıyıları boyunca deniz seviyesi yükselmelerine karşı kıyısal kırılganlık çalışmaları (Thieler ve Hammar-Klose [96], Pendleton vd. [95]) gerçekleştirmiştir. Kırılganlığa etkiyen değişkenler kurum tarafından aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Gelgit aralığı: Su baskını tehlikelerinde payı vardır.
- Dalga yüksekliği: Su baskını tehlikeleriyle ilişkilidir.
- Kıyı eğimi (Kıyı bölgesinin dik veya düz oluşu): Bir kıyının taşkın ve kıyı çizgisinin geri çekilmesine bağlı su baskını hassasiyetiyle ilişkilidir.
- Kıyı çizgisinin erozyon değerleri: Kıyı çizgisinin bir kısmının hangi hızda erozyona uğradığını gösterir.
- Jeomorfoloji: Kıyı çizgisinin bir kısmının göreceli olarak erozyona uğrayabilirliğini belirler.
- Su seviyesi yükselmesinin tarihsel değişimi: Küresel su seviyesi yükselmesi ve yerel tektonik süreçlerin (yükselme ve alçalma gibi yer hareketleri) kıyı çizgisinin bir kısmını nasıl etkilediğini açıklar (USGS [97]).

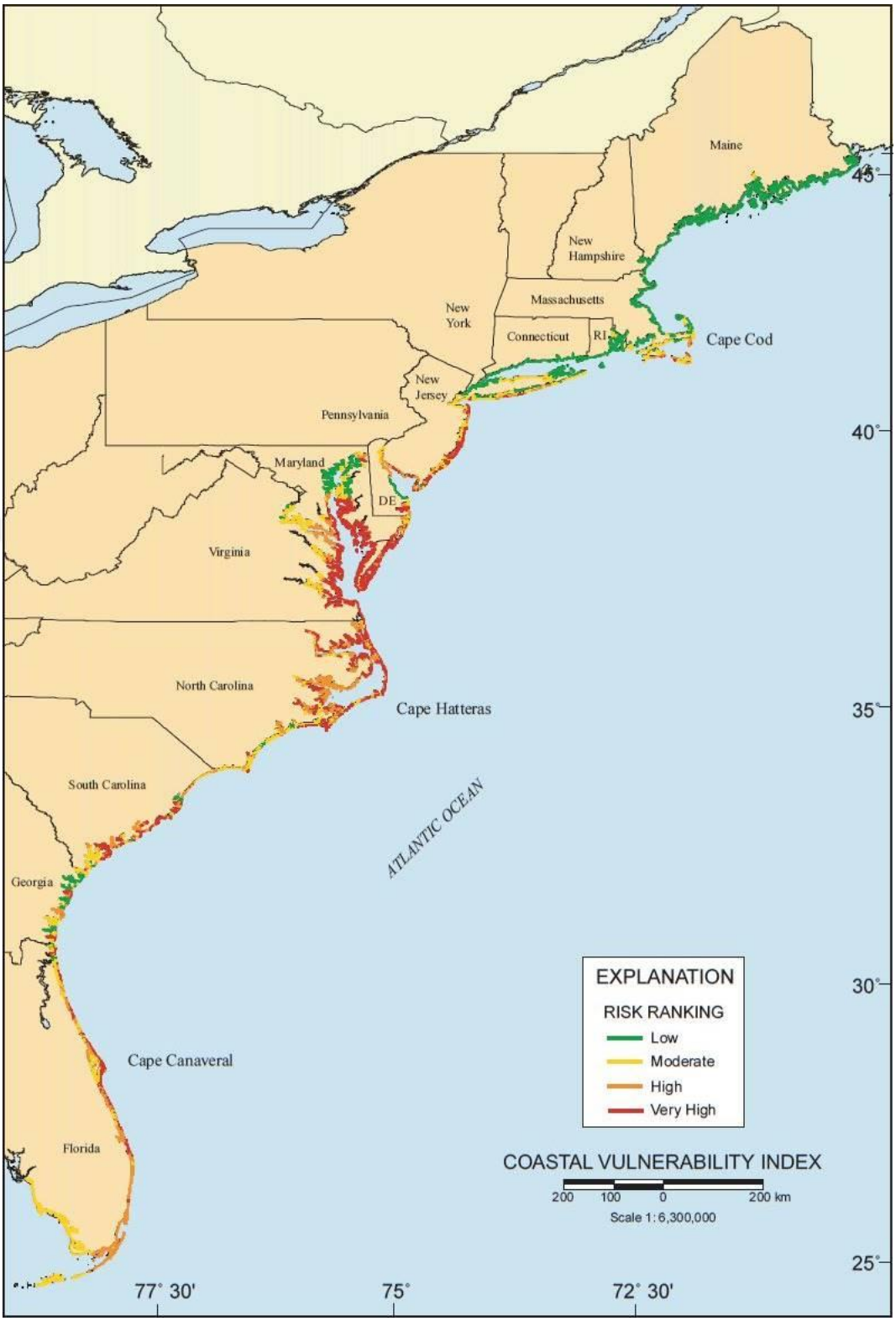
Thieler ve Hammar-Klose [96] ABD Doğu kıyılarının kırılganlığını inceledikleri çalışmada Denklem 2.2'de verilen CVI indeksini kullanmışlardır. Değerlendirmede dikkate alınan değişkenler Çizelge 2.1'de verilmiştir [96].

$$CVI=\sqrt{(a*b*c*d*e*f)/6} \tag{2.2}$$

Çizelge 2. 1 Kıyısal kırılganlık indeksi (CVI) matrisi (Thieler ve Hammar-Klose [96])

Değişken	**1- Çok düşük**	**2- Düşük**	**3- Orta**	**4- Yüksek**	**5- Çok yüksek**	**Veri kaynağı**
Jeomorfoloji (a)	Kayalık, falez kıyılar Fiyortlar	Ortalama falezler Girintili kıyılar	Düşük falezler Buzul drift Alüvyon ovalar	Çakıl plajlar Haliç Lagün	Bariyer plajları Kumsal plajlar Tuz bataklığı Çamur düzlükleri Deltalar Mangrov Mercan kayalıkları	*USGS tarafından hazırlanmış 1/250000 ölçekli jeolojik haritalar*
Kıyı eğimi yüzdesi (b)	> .2	.2 - .07	.07 - .04	.04 - .025	< .025	*3 saniye çözünürlüklü NGDC verileri*
Göreceli su seviyesi değişimi (mm/yıl, c)	< 1.8	1.8 – 2.5	2.5 – 2.95	2.95 – 3.16	> 3.16	*28 Ulusal Deniz Servisi Gelgit Ölçüm İstasyonu'nun verileri*
Kıyı erozyonu/yığılma (m/yıl, d)	> 2.0 (yığılma)	1.0 – 2.0	-1.0 - +1.0 (denge)	-1.1 - - 2.0	< -2.0 (erozyon)	*Kıyı Erozyonu Bilgi Sistemi (CEIS)*
Ortalama gelgit aralığı (m, e)	> 6.0	4.1 – 6.0	2.0 – 4.0	1.0 – 1.9	< 1.0	*657 NOS Gelgit Ölçüm İstasyonu'nun verileri*
Ortalama dalga yüksekliği (m, f)	< .55	.55 - .85	.85 – 1.05	1.05 – 1.25	> 1.25	*ABD Dalga Bilgi Çalışması (1976-1995)*

Çalışma sonucunda ABD doğu kıyıları için elde edilen CVI dağılım haritası Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2. 10 ABD Doğu kıyılarının kırılganlık dağılımı (Thieler ve Hammar-Klose [96])

İndeks tabanlı kırılganlık değerlendirilmesi yine Shaw vd. [98] tarafından Kanada kıyıları için uygulanmıştır. Bu çalışmada hassasiyet indeksi (sensitivity index, SI) ismiyle kullanılan yönteme ait değişkenler ve sınıflandırmaları Çizelge 2.2'de sunulmaktadır.

Çizelge 2. 2 Kanada kıyıları için SI değişkenlerinin sınıflandırılması (Shaw vd. [98])

Değişkenler	**Kıyısal hassasiyet indeks sınıfı**				
	Çok düşük	**Düşük**	**Orta**	**Yüksek**	**Çok yüksek**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Yükseklik (m)	> 30	21 - 30	11 - 20	6 - 10	0 - 5
Kaya tipi	Plütonik kayalar, yüksek düzeyde metamorfik ve volkanik kayalar	Metamorfik kayalar	Çoğunlukla sedimentary kayalar	Düşük konsolide olmuş katı maddeler	Konsolide olmamış katı maddeler, buz
Jeomorfoloji	Fiyort, yüksek falezler, fiard	Ortalama ve düşük yükseltili falezler	Plaj, kaya taban üzerinde konsolide olmamış katı madde	Bariyer, bluffs, tuz bataklığı, peat, çamur düzlüğü, delta, spit, tombolo	Buz kaplı katı madde, buzca zengin katı madde, buz shelf, tidewater buzulu
Su seviyesi değişimi (cm/100 yıl)	> -50	-50 - -20	-19 - +20	21 – 40	> 40
Kıyı çizgisi değişimi (m/yıl)	> +0.1 (yığılma)	0 (denge)	-0.1 - -0.5 (erozyon)	-0.6 - -1.0 (erozyon)	> -1.0 (erozyon)
Gelgit aralığı	< 0.5	0.5 – 1.9	2.0 – 4.0	4.1 – 6.0	> 6.0
Yıllık maksimum dalga yüksekliği (m)	0-2.9	3.0 - 4.9	5.0 - 5.9	6.0 - 6.9	> 6.9

Alsahli ve AlHasem [24] tarafından Kuveyt kıyılarını kapsayan bir CVI tabanlı kıyısal kırılganlık çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 0.5 m, 1 m, 1.5 m, 2 m olmak üzere dört farklı deniz seviyesi yükselmesi senaryosu, su baskınına uğrayacak potansiyel alanların ve risk altındaki insan sayılarının tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Su baskınına uğrayan alanlar yüksek gelgit dönemindeki kıyı çizgisinin kıyıya komşu alanların yükseltileriyle karşılaştırılması sonucunda tahmin edilmiştir. Beklenilen deniz seviyesi yükselmesinin altında kalan yükseltiye sahip ve denizle bağlantılı alanlar su baskınına uğramış alanlar olarak değerlendirilmiştir. Risk altındaki insan sayısı, bu alanların nüfus yoğunluğuyla çarpılması neticesinde elde edilmiştir [24].

Alsahli ve AlHasem [24] Kuveyt kıyıları için, en düşük senaryoyu (0.5 m deniz seviyesi yükselmesi) baz alarak; dört fiziksel değişkene bağlı CVI değerleri ile dört sosyo-ekonomik değişkene bağlı CVI değerlerini elde etmiştir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2. 3 Değişkenler ve sınıfları (Alsahli ve AlHasem [24])

Değişkenler		**Sınıf**				
		4	**3**	**2**	**1**	**0**
Fiziksel	Yükselti (m)	-	-	-	≤ 0.5	> 0.5
	Kıyı eğimi (%)	≤ 0.5	0.5 - 1.5	1.5 -	> 3	-
	Jeomorfoloji	Çamur düzlükleri ve kil ve kaya/kum karışımı	Kum	Kum ve kaya karışımı	Kayalık	-
	20 m eşderinlik eğrisine uzaklık	< 1 km	1 - 2 km	2 - 4 km	> 4 km	-
Sosyo-ekonomik	Nüfus	8837 - 23200	3790 - 8836	1117 - 3789	1 - 1116	-
	Arazi kullanımı	Şehir ve sanayi alanları	Rekreasyonel alanlar ve spor alanları	-	Çamur düzlükleri, boş alanlar, çıplak arazi, çevresel koruma alanı ve yeşil alanlar	-
	Kültürel miras	Tarihi mekanlar	-	-	-	-
	Ulaşım	A-sınıfı yollar	-	-	-	-

Standart kıyısal kırılganlık indeksi (CVI) kullanımına ilişkin çalışmalar, değişkenleri risk seviyelerine göre gruplandırarak yürütülmektedir. Ancak değişkenlerin birbirlerine göre

önem seviyeleri dikkate alınmamaktadır. Bu durum araştırmacıları CVI yöntemlerini geliştirmeye itmiştir.

Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) yöntemi, Saaty [99] ve Saaty ve Vargas [100] tarafından önerilmiştir. Problemi hiyerarşik bir yapıda ayrıştırarak karmaşık kararlar öncesinde daha iyi değerlendirme imkânı sunmaktadır. AHP, karar elemanları arasında bir karşılaştırma yöntemi uygulayarak mevcut alternatifler arasında belli bir seviyede önceliklendirme elde etmektedir (Ju vd. [101]).

Duriyapong ve Nakhapakorn [6] tarafından yapılmış olan çalışma bu yönteme örnek olarak verilebilir. Çizelge 2.4'te kullanılan matris ve Çizelge 2.5'de kullanılan değişkenler arası ağırlıklandırma işlemi görülmektedir. Belirlenen değişkenler ve bölge hakkında bilgiye sahip dört adet uzmana bir anket uygulanmış ve değişkenlerin genel CVI puanındaki ağırlıkları belirlenmiştir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2. 4 Kırılganlık değişkenleri (Duriyapong ve Nakhapakorn [6])

Değişkenler	**Kıyısal kırılganlık sınıfı**				
	Çok düşük	**Düşük**	**Orta**	**Yüksek**	**Çok yüksek**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Kıyı eğimi (%)	> 0.2	0.2 - 0.07	0.07 - 0.04	0.04 - 0.025	< 0.025
Ortalama gelgit aralığı (m)	< 1.0	1.0 - 1.94	2.0 - 4.0	0.1 - 6.0	> 6.0
Ortalama dalga yüksekliği (m)	< 0.55	0.55 - 0.85	0.85 - 1.05	1.05 - 1.25	> 1.25
Kıyı erozyonu oranı (m/yıl)	> 2.0	1.0 -2.0	-1.0 - 1.0	-2.0 - -1.0	< -2.0
Nüfus yoğunluğu	Nüfus yok	1-200	201 - 500	501 - 1000	> 1001
Kültürel miras	Yok				Mevcut
Yollar	Yok				Mevcut
Arazi kullanımı	Su kaynakları, gölcük, açık alanlar	Çimenlik kıyı alanı	Mangrove	Aquaculture, tuz işletmesi, tarım	Şehir, endüstriyel topluluk, seyahat cazibesi

Çizelge 2. 5 Kırılganlık değişkenlerinin ağırlıkları (Duriyapong ve Nakhapakorn [6])

Değişken	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Ağırlık
Eğim	0.51	0.54	0.08	0.25	0.35
Gelgit	0.05	0.10	0.04	0.25	0.11
Dalga	0.28	0.09	0.55	0.25	0.29
Erozyon	0.17	0.27	0.31	0.25	0.25
Nüfus	0.13	0.41	0.11	0.32	0.24
Kültürel miras	0.09	0.16	0.52	0.32	0.27
Yollar	0.07	0.10	0.06	0.03	0.07
Arazi kullanımı	0.71	0.34	0.31	0.32	0.42

Özyurt [3] tarafından bulanık mantık ilkeleriyle kurulan FCVAM deniz seviyesi yükselmesine karşı kıyısal kırılganlık bu tür çalışmalara bir başka örnektir. Atalay [13] bu yöntemi Fethiye Koyu için uygulamıştır. Özyurt [3] tarafından kırılganlığı etkileyen değişkenler ve aralıkları Çizelge 2.6-2.7'de; yapılan kırılganlık analizinin sonuçları Şekil 2.10-2.11'de verilmiştir. Şekil 2.10'da kıyısal kırılganlığın kıyı boyunca dağılımı gösterilmekte, Şekil 2.11'de ise etkilerin kıyısal kırılganlıktaki ağırlıkları görülebilmektedir.

Çizelge 2. 6 Fiziksel değişkenler (Özyurt [3])

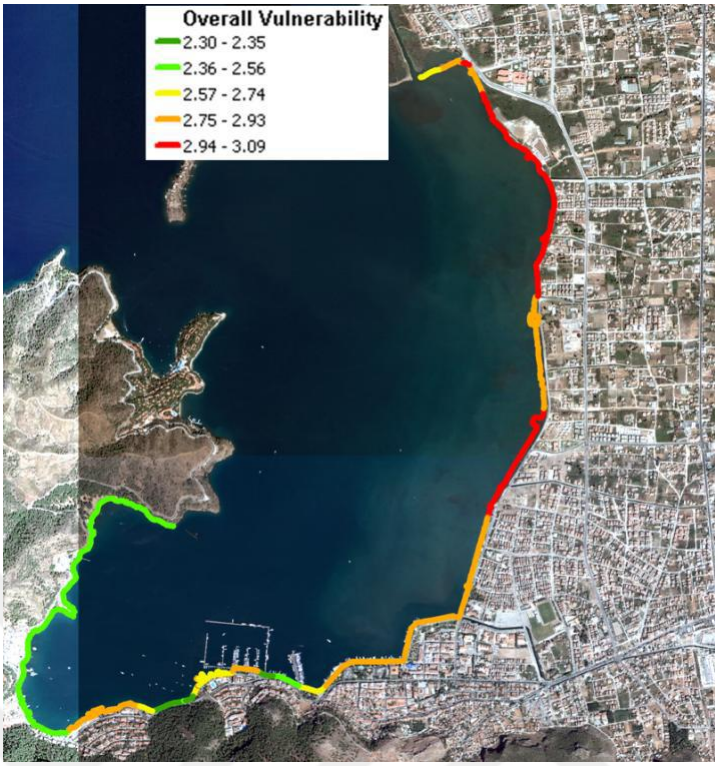
Parametreler		Aralık				
		Çok düşük (1)	Düşük (2)	Orta (3)	Yüksek (4)	Çok yüksek (5)
Su seviyesi yükselmesi	mm/yıl	<1	1-2	2-5	5-7	>7
Jeomorfoloji		Kayalık, falez kıyılar Fiyortlar	Ortalama falezler Girintili kıyılar	Düşük falezler Buzul drift Alüvyon ovalar	Çakıl plajlar Haliç Lagün	Kumsal ve bariyer plajları Tuz bataklığı Çamur düzlükleri Deltalar Mangrov Mercan kayalıkları

Çizelge 2. 6 Fiziksel değişkenler (Özyurt [3]) (devamı)

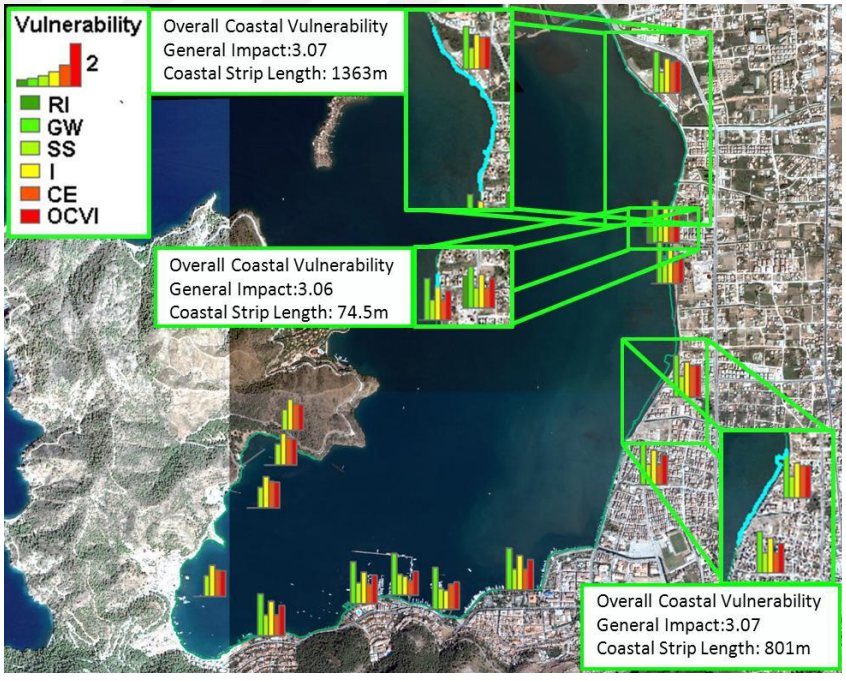
Kıyı eğimi		>1/10	1/10-1/20	1-20-1/30	1/30-1/50	1/50-1/100
Belirgin dalga yüksekliği	m	<0.5	0.5-3.0	3.0-6.0	6.0-8.0	>8.0
Sediment bütçesi		>%50 kıyı çizgisi yığılmaya maruz	%10-30 kıyı çizgisi yığılmaya maruz	<%10 kıyı çizgisi yığılmaya maruz	%10-30 kıyı çizgisi erozyona maruz	>%50 kıyı çizgisi erozyona maruz
Gelgit aralığı	m	>6.0	4.0-6.0	2.0-4.0	0.5-2.0	<0.5
Kıyıya yakınlık (yeraltı suyu kütlesinin ağırlık merkezinin)	m	>1000	700-1000	400-700	100-400	<100
Akifer tipi		Kısmen basınçlı		Basınçlı		Serbest
Hidrolik iletkenlik	m/gün	0-12	12-28	28-41	41-81	>81
Yeraltı suyu derinliği (suyun üzerindeki)		>2.0	1.25-2.0	0.75-1.25	0-0.75	0
Akarsu debisi	m^3/s	>500	250-500	150-250	50-150	0-50
Mansaptaki su derinliği	m	<1	2	3	4	>5

Çizelge 2. 7 İnsan kaynaklı değişkenler (Özyurt [3])

Parametreler	**Aralık**				
	Çok düşük (1)	**Düşük (2)**	**Orta (3)**	**Yüksek (4)**	**Çok yüksek (5)**
Sediment kaynağındaki azalma	>%80	%60-80	%40-60	%20-40	<%20
Akarsu akış regülasyonu	Etkilenmemiş		Orta düzeyde etkilenmiş		Fazlasıyla etkilenmiş
Mühendislik yapısı	<%5	%5-20	%20-30	%30-50	>%50
Yeraltı suyu azalması	<%20	%20-30	%30-40	%40-50	>%50
Arazi kullanımı	Korunmuş	Boş	Yerleşim	Endüstri	Tarım
Doğal korumanın bozulmuşluğu	>%80	%60-80	%40-60	%20-40	<%20
Kıyı koruma yapıları	>%50	%30-50	%20-30	%5-20	<%5



Şekil 2. 11 Fethiye Koyu için bütün kıyısal kırılganlık indeksleri (Atalay [13])

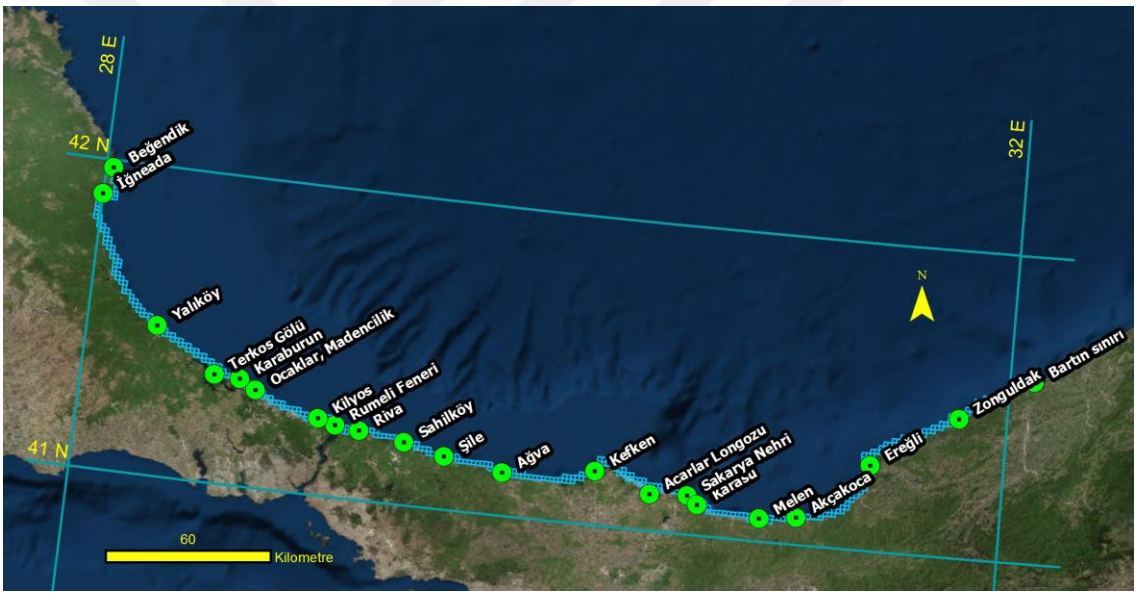


Şekil 2. 12 Fethiye Koyu için bütün kıyısal kırılganlık etkileri (Atalay [13])

BÖLÜM 3

ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı, Karadeniz'in Güneybatı kıyılarında yer alan, Türkiye'nin Bulgaristan sınırından Bartın iline kadar uzanan 517 km'lik kıyı çizgisidir (Şekil 3.1). Yedi adet ili içermektedir. Bu iller ve kıyı çizgisine ait çeşitli bilgiler Çizelge 3.1'de sunulmaktadır.



Şekil 3. 1 Çalışma alanı

Çizelge 3. 1 Çalışma alanına ait bilgiler

İl	Nüfus (TÜİK [102])	Kıyı çizgisi uzunluğu (km)
Kırklareli	340 559	61.8
Tekirdağ	874 475	4.8
İstanbul	14 160 467	81 (Anadolu)
Kocaeli	1 676 202	66.3
Sakarya	917 373	53.3
Düzce	351 509	28.9
Zonguldak	601 567	114
Toplam	18 922 152	517.1

Çizelge 3.1‘de yer alan nüfus bilgileri Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2013 verilerinden alınmıştır (TÜİK [102]). Çalışma alanı kıyı çizgisinde yer alan illerdeki toplam nüfus 18922152’dir. Bölgede nüfusu 14 milyonu aşkın, ekonomik kapasitesi oldukça yüksek, sanayinin oldukça gelişmiş olduğu ve kıyı alanlarındaki nüfus yoğunluğunun fazla olduğu İstanbul ili bulunmaktadır. Bu çalışmada verilerin toplanması ve analiz aşamalarında İstanbul’un yalnızca boğaza kadar olan Karadeniz kıyıları dikkate alınacaktır.

Bölgedeki limanlar incelendiğinde ise büyük çoğunluğunun balıkçılık amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Karaburun, Rumeli Feneri, Şile, Kefken ve Akçakoca bu tip limanlara örnek olarak verilebilir. Ayrıca çalışma alanının doğusunda Ereğli ve Zonguldak’ta sanayi ve ticari amacıyla kullanılan limanlar mevcuttur. Kıyı çizgisi boyunca sanayinin en gelişmiş olduğu bölge de yine Zonguldak’tır.

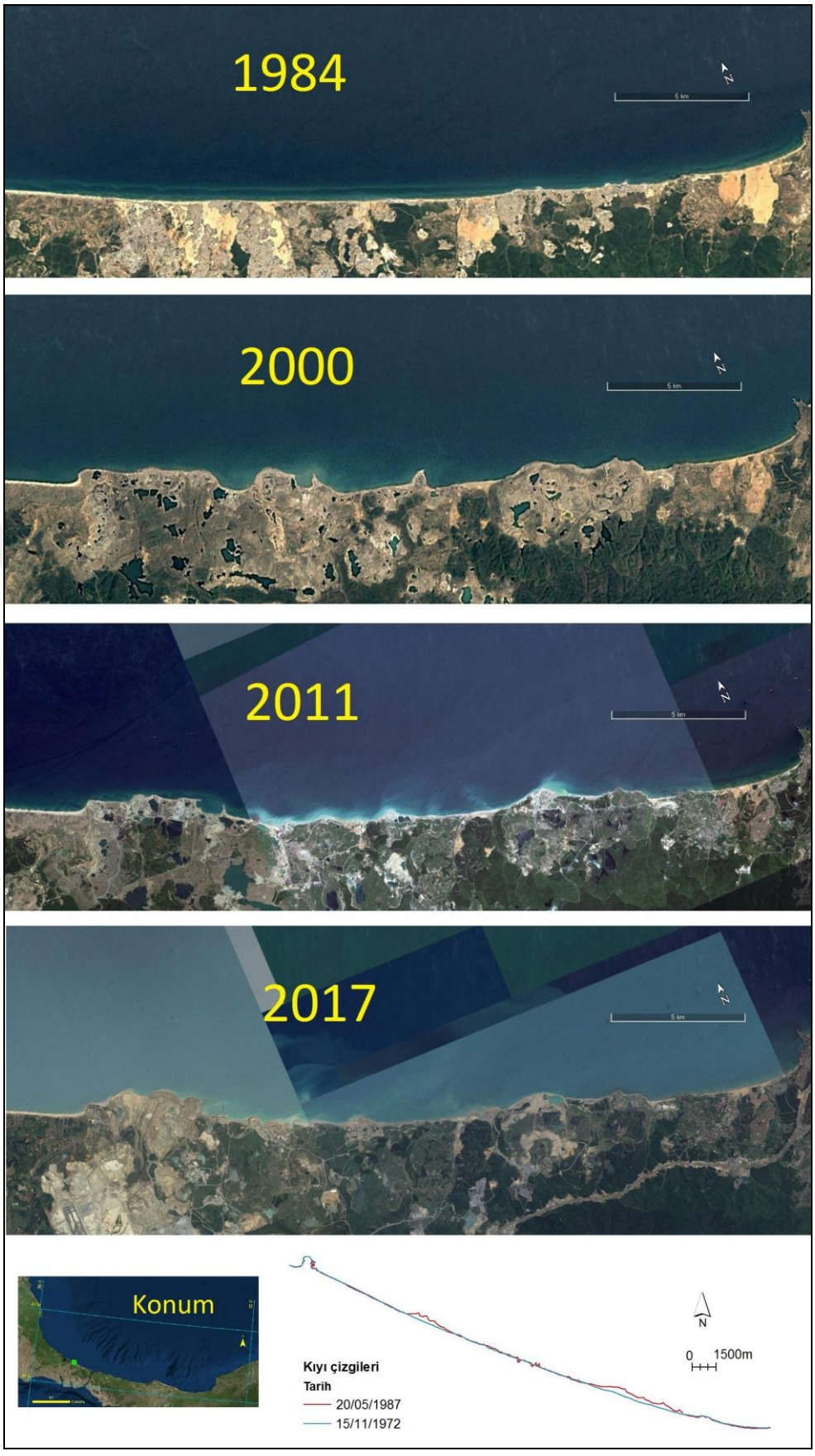
Kıyı boyunca yer alan yerleşim birimlerine ulaşım kolaydır. Bu kıyı çizgisinde yer alan illerin kıyı çizgisinin uzunlukları Çizelge 3.1’de sunulmaktadır. Bu veriler Google Earth [103] uygulaması kullanılarak ölçülmüştür.

Çalışma alanı İstanbul Boğazı’nda Avrupa ve Asya kıyıları olarak ikiye bölünmektedir. Kıyı, çok çeşitli doğal varlıklara ev sahipliği yapmaktadır. Bulgaristan kıyısında Beğendik plajıyla başlayan kıyı çizgisi, İğneada’daki plajlara kadar falezli bir yapı göstermektedir. İğneada Longoz Ormanları Milli Parkları korunması gereken önemli doğal varlıklardandır. İğneada plajlarından sonra Kıyıköy’e kadar falezli bir yapı mevcuttur. Yalıköy’e (Şekil 3.2) kadar falez-plaj döngüsü tekrarlanmaktadır.



Şekil 3. 2 Yalıköy plajları

Yalıköy'den itibaren İstanbul'un Çatalca kıyısı boyunca Terkos Gölü'nü (Durugöl) içeren bölgede 40 km civarında uzunluğa sahip kesintiye uğramadan devam eden büyük bir plaj vardır. Devamında, Karaburun'daki mahmuz sistemine sahip plajın ardından kıyı yakınlarında işletilen kömür ocakları ve madencilik sebebiyle oldukça değişken bir morfolojik yapı mevcuttur. Bu değişken kıyı çizgisine sahip alan üzerinde özellikle durulmuş ve Şekil 3.3'te görülebileceği gibi bu noktanın yıllar boyunca değişimi incelenmiştir. Taş ocakları ve madencilik sebebiyle bölgede zaman zaman çukur ve gölcükler oluşmakta, kıyı çizgisi tez çalışma alanında yer alan diğer bölgelere göre çok daha fazla ölçüde değişim göstermektedir. Şekil 3.3'te farklı yıllardaki kıyı çizgisi, kıyıya yakın alanların durumu ve 1972 ve 1987 yıllarına ait kıyı çizgilerinin arasındaki farklar görülebilmektedir. Kimi bölgelerde 500 m'yi aşkın farklar söz konusudur.



Şekil 3. 3 Taş ocakları/madencilik sebebiyle değişkenlik gösteren kıyı çizgisi (Görüntüler Google Earth [103] üzerinde alınmıştır.)

İstanbul Boğazı'nın ardından Karadeniz'in Asya kıtası kıyılarında falez-plaj-koy döngüleri hâkimdir. Riva, Sahilköy, Şile, Ağva (Şekil 3.4) akarsu ağızlarına sahip önemli plajlardır. Kefken (Şekil 3.5) çevresinde yine çalışma bölgesinde yaygın olarak görülen falez tipi kıyı çizgisi mevcuttur, ardından Sakarya Nehri'nin Karasu'da denize döküldüğü bölge etrafında uzun ve geniş bir plaj mevcuttur. Sakarya Nehri ağzının batısındaki büyük plajın arkasında Acarlar Longozu bulunmaktadır. Melen ağzına kadar baskın olan plaj tipi kıyıları, Bartın sınırına kadar falezin baskın olduğu kıyı tipi izlemektedir (Şekil 3.1).

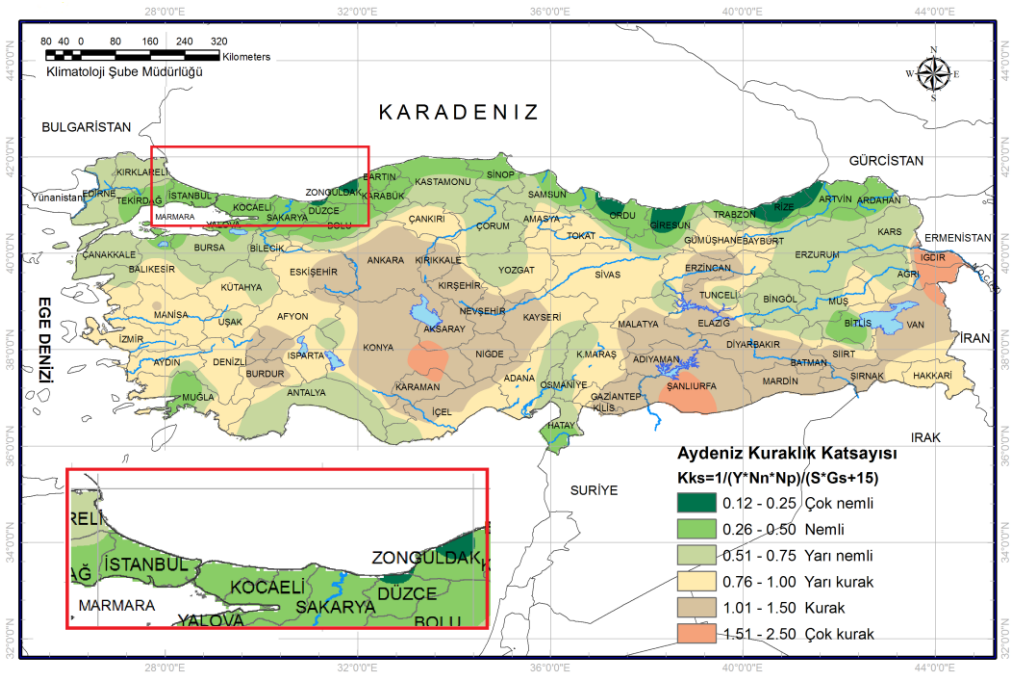


Şekil 3. 4 Ağva'daki plaj ve falezler



Şekil 3. 5 Kefken plajları

Çalışma alanındaki iklimsel özellikler ise Karadeniz iklimine uyum gösermektedir. Bölge, genel olarak Türkiye ortalamasının üzerinde yağış almaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün iklim sınıflandırmasında kullandığı yöntemlerden birisi olan Aydeniz metoduna göre Kırklareli kıyılarında yarı nemli; İstanbul, Kocaeli ve Sakarya kıyılarında nemli, Düzce ve Zonguldak kıyılarında ise çok nemli iklim söz konusudur (Şekil 3.6, [104]).

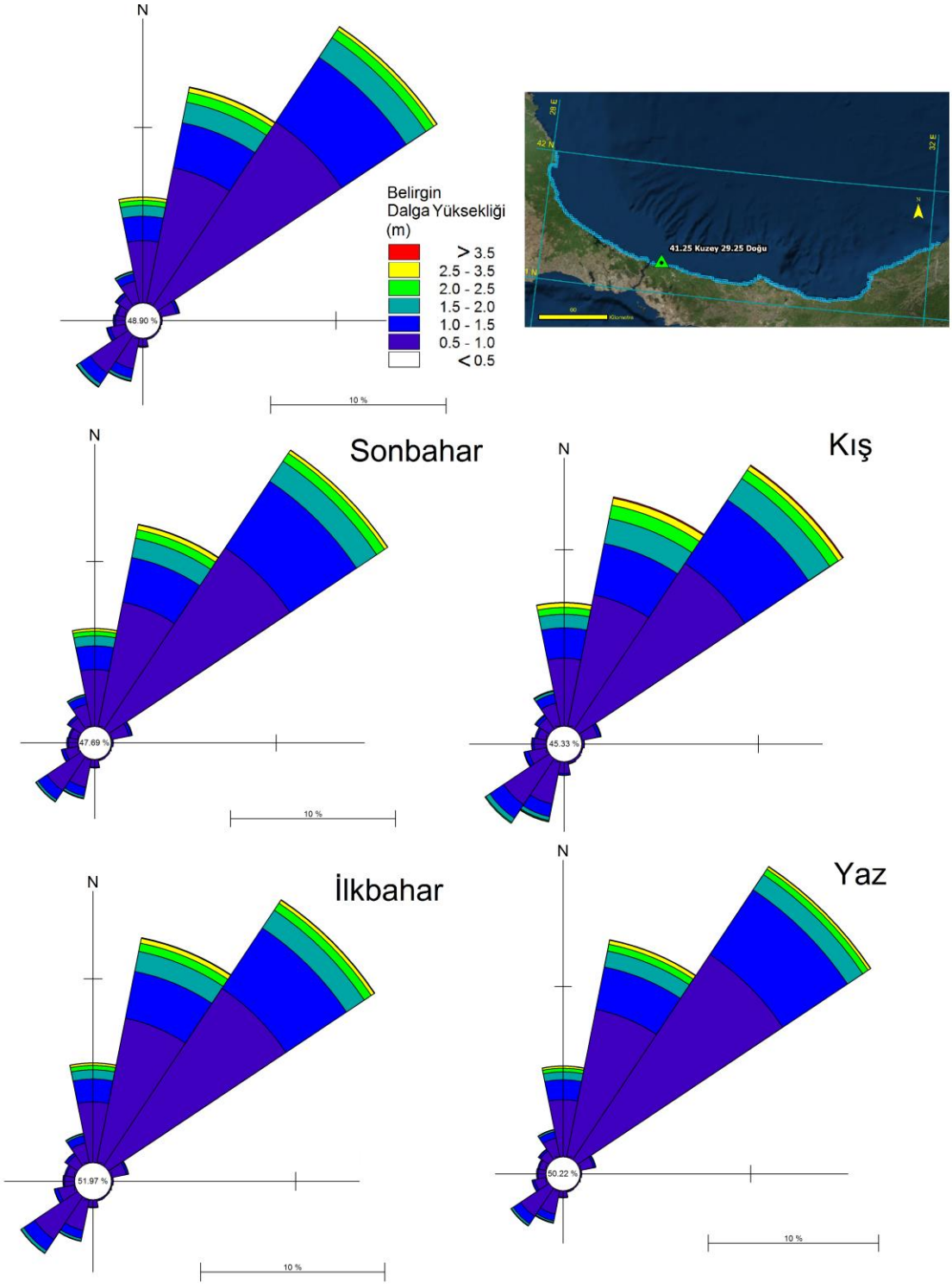


Şekil 3. 6 Aydeniz metodu ile Türkiye iklim sınıflandırması [104]

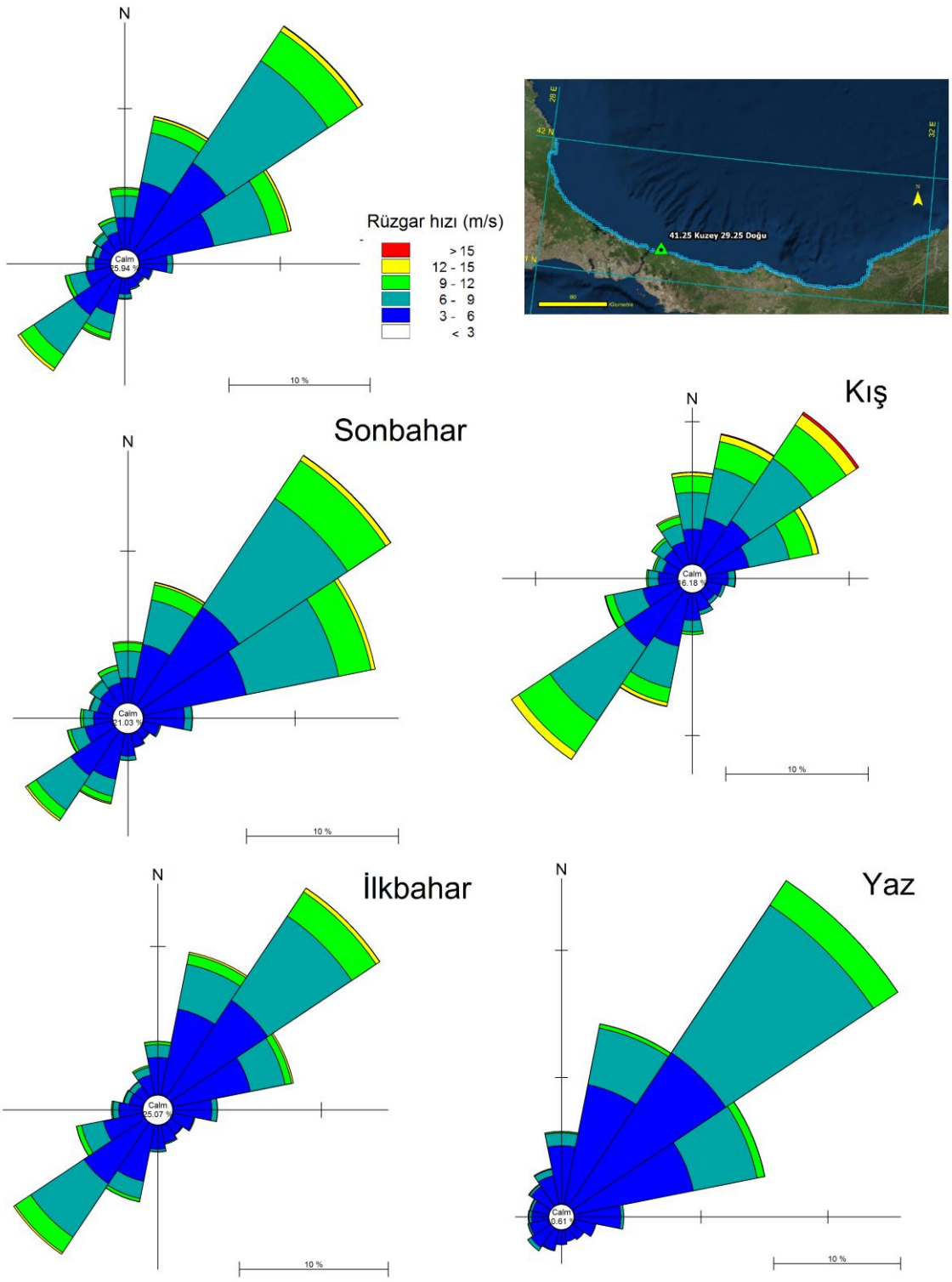
Kıyı alanlarıyla ilgilenen her türlü çalışmada, ilgilenilen bölgedeki rüzgar ve dalgaların genel karakteristiklerinin bilinmesi büyük bir önem taşımaktadır. Bu maksatla çalışma alanındaki rüzgar ve dalga iklimi incelenmiştir.

Güneybatı Karadeniz'deki rüzgar ve dalga ikliminin incelenmesi amacıyla Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF) kuruluşundan temin edilen ERA-Interim veri setinden [105] ve Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Dalga Atlası [106] isimli kaynaktan faydalanılmıştır (Şekil 3.7-3.11).

Her iki kaynakta da, kullanılan rüzgar verileri meteorolojik modellere, dalga verileri ise rüzgar alanları kullanılarak çalıştırılmış spektral WAM dalga modeline dayanmaktadır. Model, iki boyutlu dalga spektrumu üzerinde herhangi bir sınırlama getirmeden, rüzgar dalgalarının değişimini etkileyen fiziksel süreçler üzerindeki mevcut bilgileri kullanmakta ve bir dikdörtgenler ağıyla tanımlanan deniz alanında, her dikdörtgenin iki boyutlu dalga spektrumlarının, kullanılan zaman aralığı sonrasındaki değişimlerini hesaplamaktadır. WAM modeli, dalga enerjisi transfer denkleminin, bir küresel yüzey üzerinde sayısal integrasyonunu temel almaktadır. Model, dalgaların ilerlemesi, sığlaşması ve sapmasıyla birlikte, rüzgardan enerji aktarımını, derin denizde dalga kırılmasıyla enerji sönümlenmesini, spektrumu oluşturan değişik frekanstaki dalga bireyleri arasında zayıf ölçüdeki enerji aktarımını ve taban sürtünmesinin yol açtığı enerji sönümlenmesini içermektedir. Model derin denizde ve belli bir su derinliğine kadar sığlaşan denizlerde kullanılabilmektedir [106].



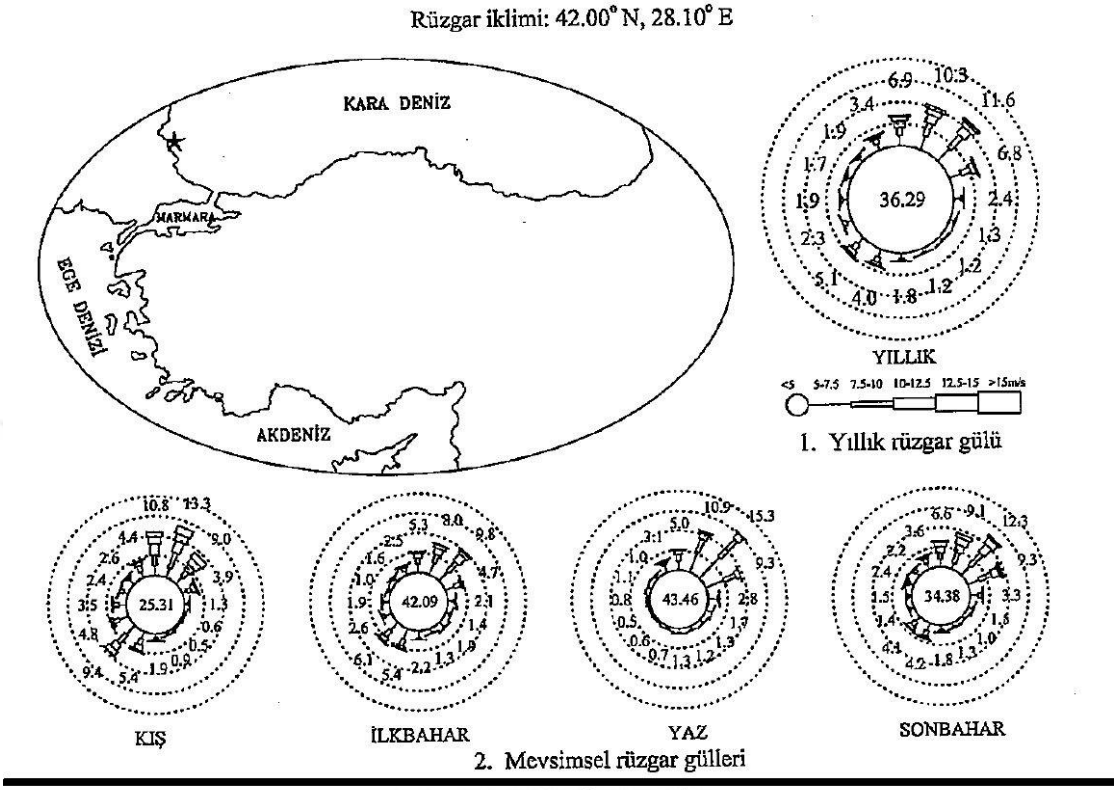
Şekil 3. 7 ECMWF ERA-Interim veri seti [105] kullanılarak 41.25 Kuzey 29.25 Doğu koordinatları için elde edilen dalga iklimi

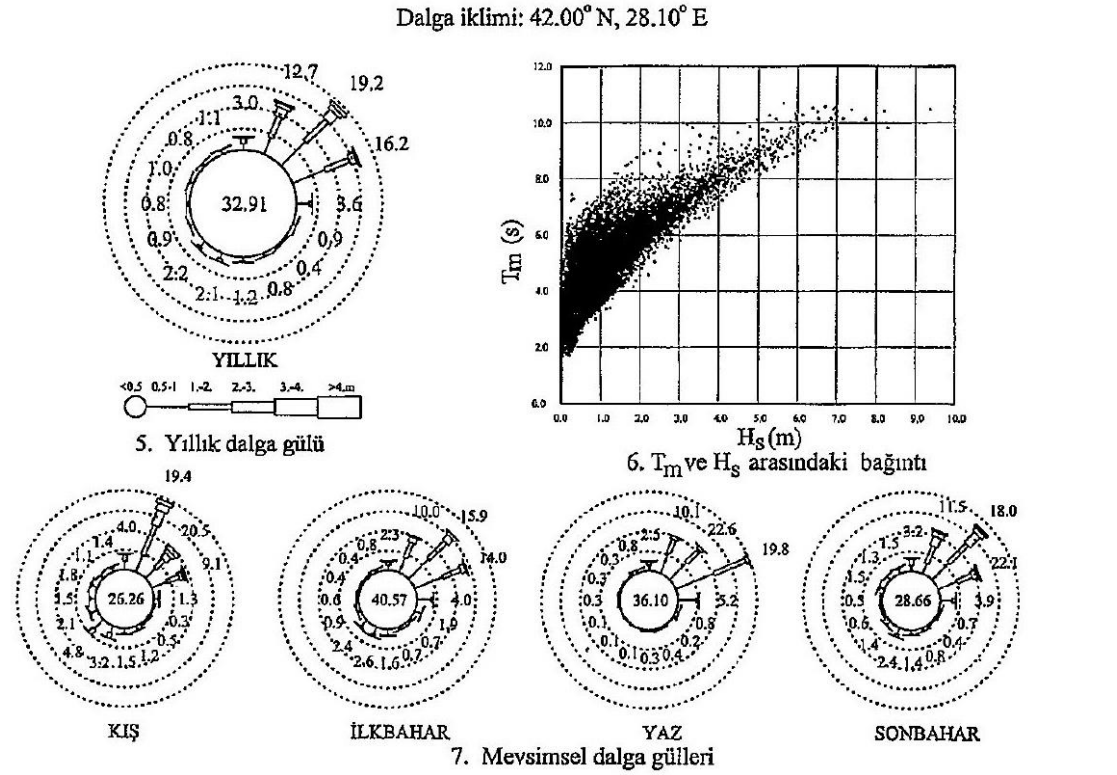


Şekil 3. 8 ECMWF ERA-Interim veri seti [105] kullanılarak 41.25 Kuzey 29.25 Doğu koordinatları için elde edilen rüzgâr iklimi

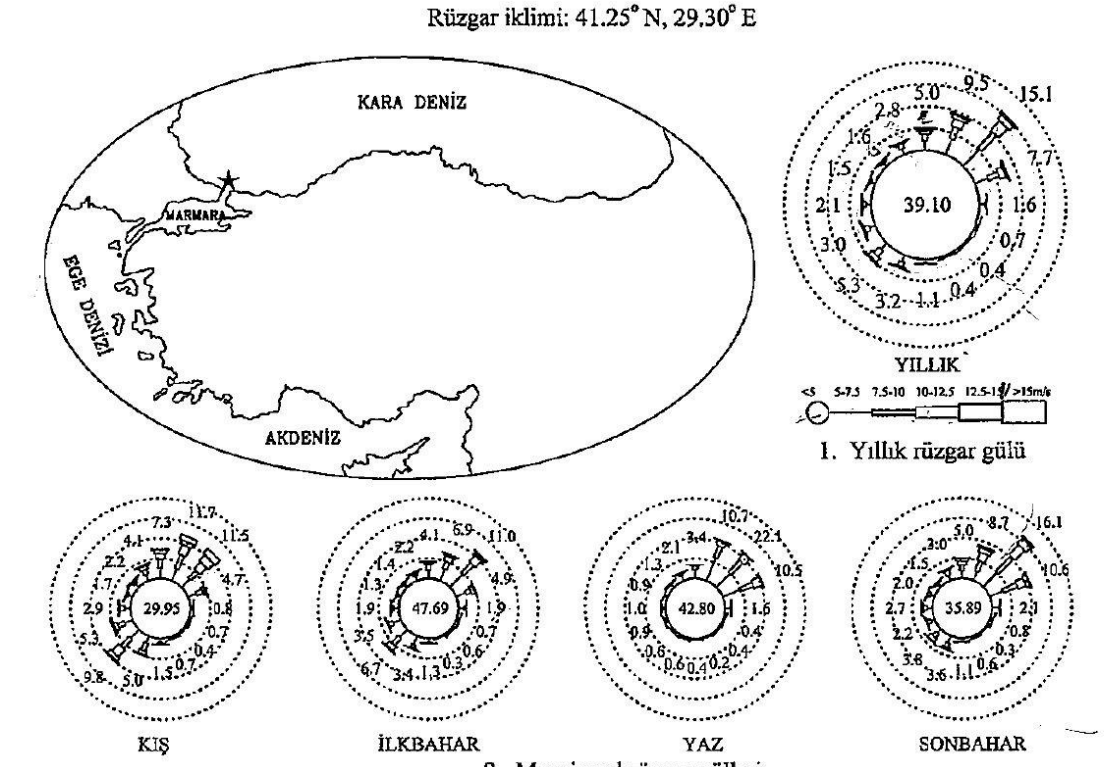
ERA-Interim verileri 01/01/1979-30/04/2016 tarihleri arasında 6 saatlik aralıklarla mevcuttur. Dalga ve rüzgâr gülleri örnek bir noktaya (29.25 Doğu, 41.25 Kuzey) ait zaman serileri kullanılarak elde edilmiştir. Bu zaman serisi mevsimlere göre ayrıştırılarak mevsimlik güller de elde edilmiştir (Şekil 3.7-3.8).

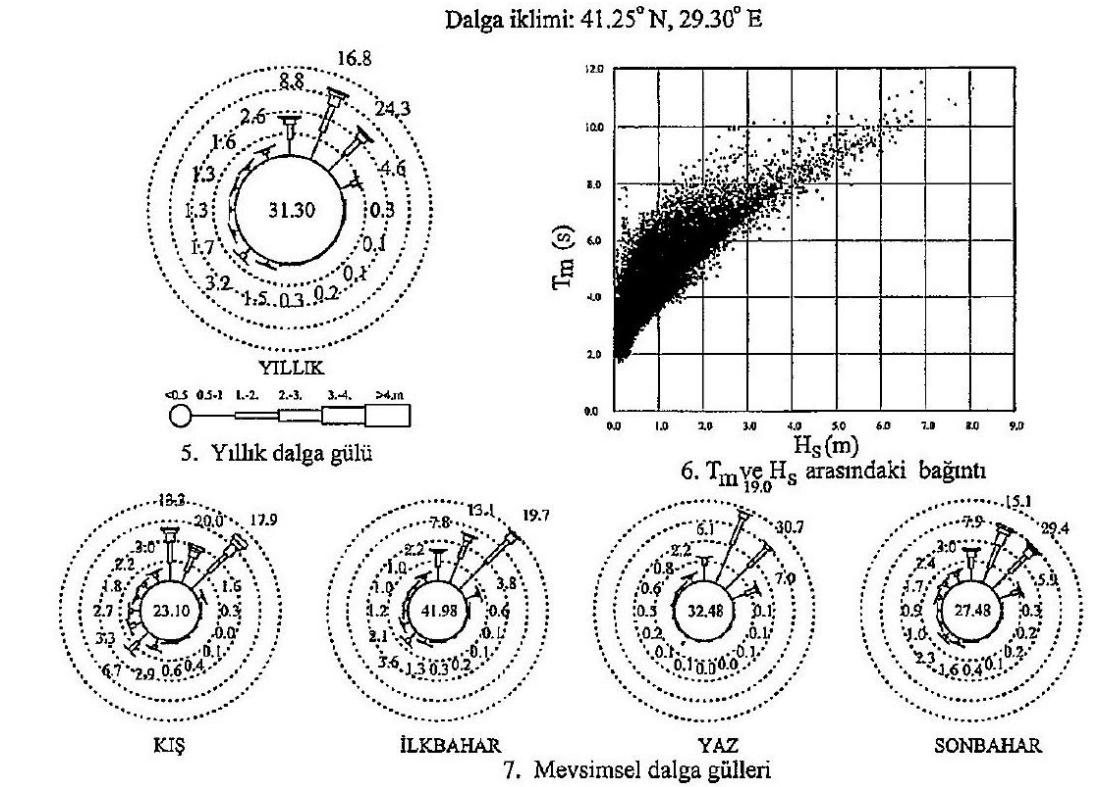
Dalga Atlası'ndan alınan rüzgar ve dalga güllleri ise çalışma alanının Batı ve Doğu bölgesiyle İstanbul Boğazı yakınında bulunan üç ayrı nokta için alınmıştır (Şekil 3.9-3.11).



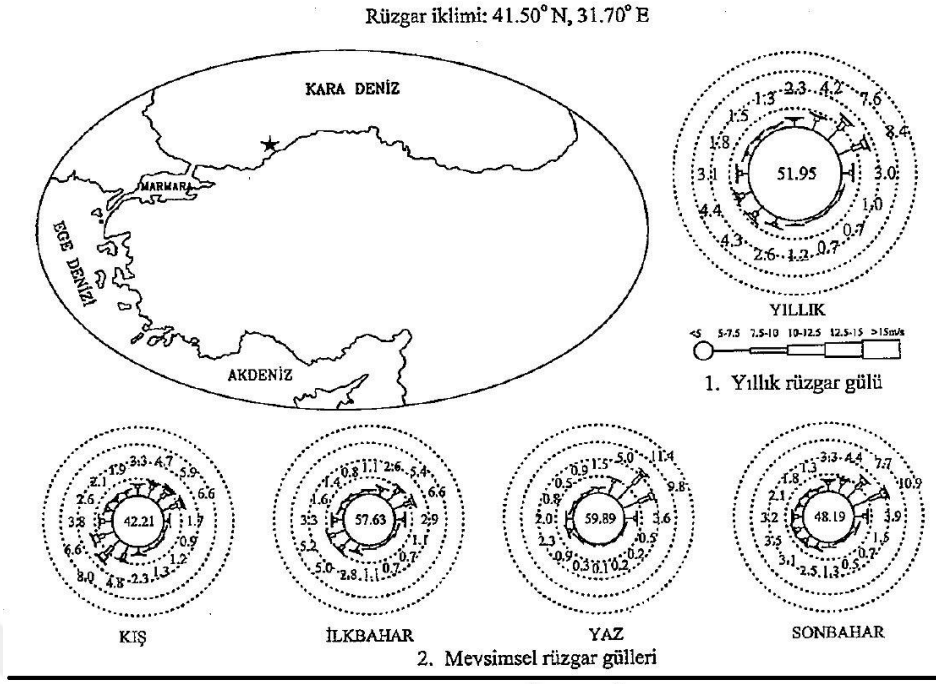


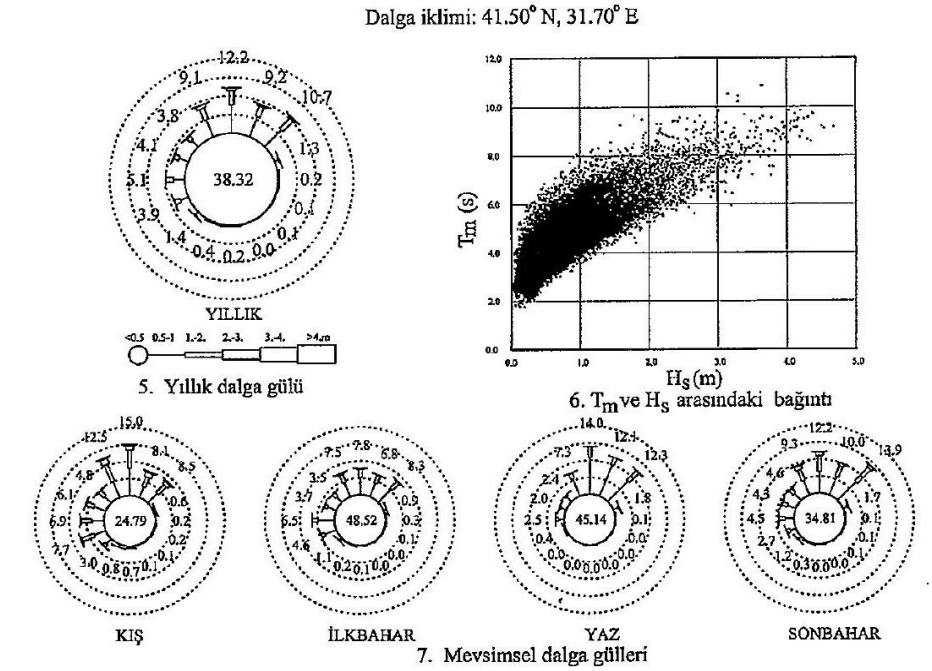
Şekil 3. 9 42.00 Kuzey ve 28.10 Doğu koordinatları için rüzgâr ve dalga iklimi [106]





Şekil 3. 10 41.25 Kuzey ve 29.30 Doğu koordinatları için rüzgâr ve dalga iklimi [106]





Şekil 3. 11 41.50 Kuzey ve 31.70 Doğu koordinatları için rüzgâr ve dalga iklimi [106]

İstanbul Boğazı'na yakın noktadaki dalga iklimi incelendiğinde (Şekil 3.7, Şekil 3.10) etkin dalga yönünün Kuzeydoğu ve Kuzey-Kuzeydoğu yönünde olduğu açıkça görülmektedir. ECMWF verilerinde [105] Kuzeydoğu yönü daha baskınken, Dalga Atlası'nda [106] etkin yönün Kuzey-Kuzeydoğu olduğu görülmektedir. İstanbul Boğazı'na yakın bu noktadaki etkin rüzgâr yönü ise Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusundadır. Genel olarak poyraz (Kuzeydoğu) rüzgârları etkili olurken, kış aylarında lodos (Güneybatı) rüzgârları da etkili olmaktadır (Şekil 3.8, Şekil 3.10).

Batıda yer alan noktada (42.00 Kuzey, 28.10 Doğu) rüzgar ve dalgalar yıl boyunca genel olarak Kuzeydoğu yönünde etkindir. Ancak kış aylarında Kuzey-Kuzeydoğu'dan ve yaz aylarında Doğu-Kuzeydoğu'dan gelen dalgalar daha çok görülmektedir (Şekil 3.9).

Çalışma alanının doğusunda yer alan Bartın sınırına yakın bölgede ise; kış ve yaz aylarında Kuzey, ilkbahar ve sonbahar Kuzeydoğu yönleri daha aktiftir. Bu bölgedeki etkin rüzgâr yönünün ise Doğu-Kuzeydoğu yönünde olduğu görülmektedir. Dalga yükseklikleri 0.5-2 m arasında yoğunlaşmaktadır. Bu bölgede de kış aylarında lodos (Güneybatı) rüzgarları görülmektedir (Şekil 3.11).

Rüzgar ve dalga ikliminin yanında çalışma alanında ve daha genel olarak Karadeniz'de su seviyelerindeki değişim de vurgulanmalıdır. Karadeniz kapalı bir deniz olduğu için okyanuslarda meydana gelen yüksek gelgit seviyeleri bu denizde görülmemektedir. Medvedev vd. [107] tarafından Rusya, Ukrayna ve Gürcistan kıyılarında yer alan 23 ayrı gelgit seviyesi ölçüm istasyonundan elde edilen ve en uzunu 38 yıllık olan (Tuapse) verilere dayanarak Karadeniz'deki gelgit seviyesi belirlenmiştir. Buna göre Karadeniz'de 12 saatik gelgit etkindir ve 100 yıllık periyotta en yüksek gelgit yüksekliğinin 18 santimetre olduğu belirtilmiştir (Medvedev vd. [107]).

Güneybatı Karadeniz bölgesinde ölçülmüş ve yeterli uzunlukta su seviyesi verisi mevcut değildir. Harita Genel Komutanlığı'nın yapmakta olduğu deniz seviyesi ölçümleri çalışma alanında üç istasyonda (İğneada, İstanbul, Şile) mevcuttur ve TUDES [108] sitesi aracılığıyla ücretsiz olarak indirilebilmektedir. Ancak veriler; İğneada için 2002, İstanbul için 2011, Şile için 2008'den günümüze kadar uzanmaktadır.

Çalışma alanı olarak Güneybatı Karadeniz bölgesinin seçilmesinde, özellikle İstanbul ve çevresinin yoğun şehirleşme ve sanayi tesislerinden dolayı üzerinde önemle durulması gereken bir bölge olması etkili olmuştur. Ayrıca çalışma alanında çevresel açıdan kritik öneme sahip bölgeler mevcuttur. Karasu ve Terkos Gölü çevrelerinde yaşanan ve yaşanabilecek olumsuz durumlar araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur (Karasu Çalışma Grubu [109], Bayram vd. [110]).

Karasu kıyı alanında yaşanan kontrolsüz kum alımı, kum midyesi avı, yıllar boyunca inşa edilen baraj gibi su alma yapıları, Karasu limanının inşası gibi sebeplerle kıyı erozyonu problemi yaşanmaktadır. Denizin kara tarafına doğru ilerlemesi sonucunda suyun

etkisiyle yıkılan evler mevcuttur (Şekil 3.12). Erozyona yol açan en önemli sebeplerin; barajlar, taşkın kontrolü ve kanal genişletme gibi su rejimini kontrol altına alan su yapıları ile bitişik sahillerde inşa edilen liman rıhtımları, set ve hendek gibi uygulamalar olduğu belirtilmektedir (Karasu Çalışma Grubu [109]).



Şekil 3. 12 Karasu'da dalgaların etkisiyle yıkılan evler [111]

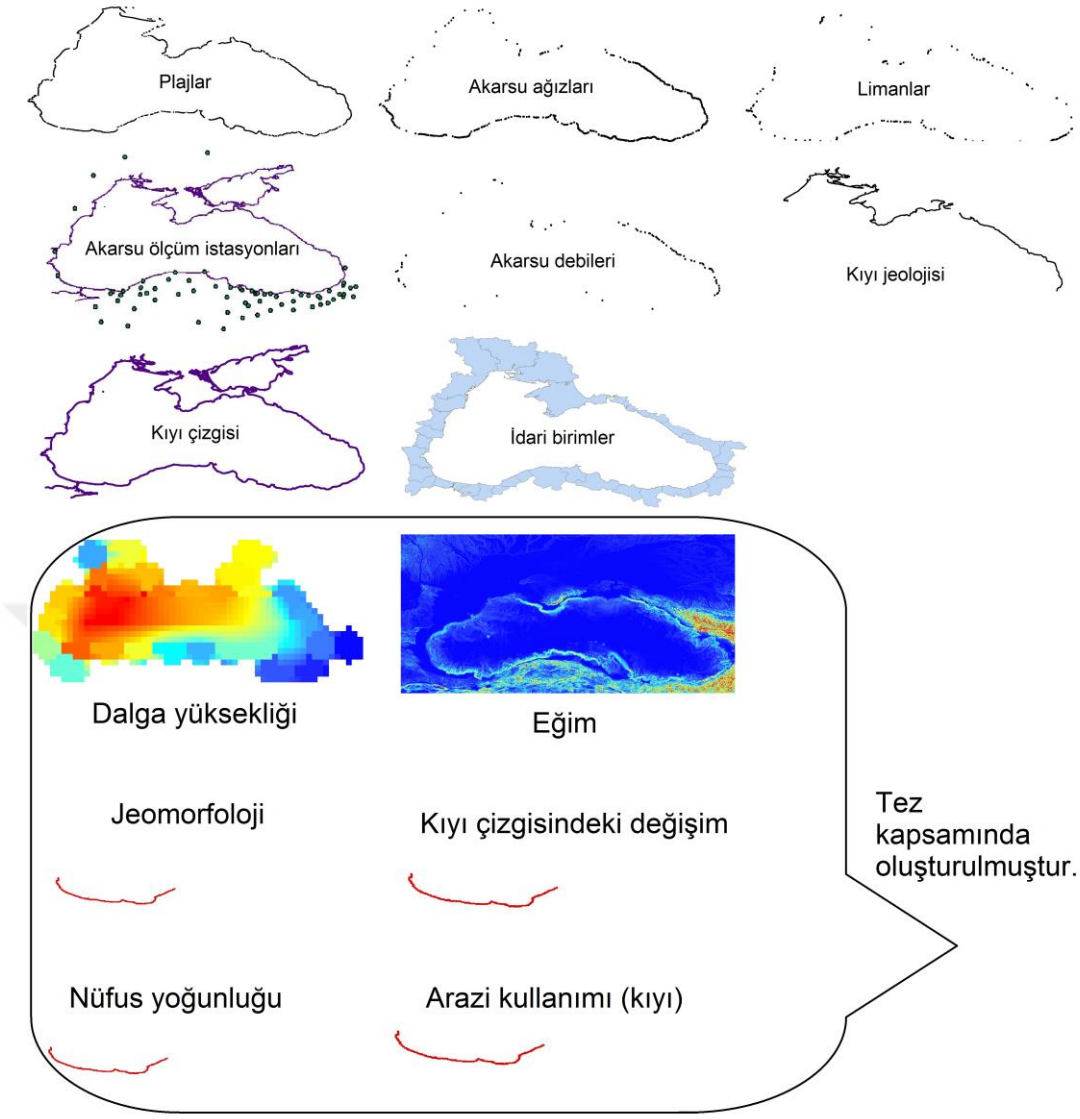
Terkos Gölü çevresinde meydana gelen veya gelebilecek kıyı çizgisi ve arazi kullanımındaki değişimler Bayram vd. [110] tarafından incelenmiştir. Sonuçlar orman alanının azaldığını, açık alan/tarım alanlarının arttığını göstermiştir. Bu artış ve artan şehirleşmenin, gölü ve kıyıyı olumsuz yönde etkileyeceği belirtilmiştir. Göl ile deniz arasında yalnızca 316 m'lik bir mesafenin kaldığını ve gölün denizle buluşmasının sonuçlarının son derece olumsuz olacağı belirtilmiştir. Bu açıdan bölgede şehirleşme büyük bir potansiyel tehlikedir. Ayrıca Bayram vd. [110] Terkos Gölü'nün kıyı kesimlerinde sediment taşınım yönünün doğudan batıya doğru olduğunu, yüksek miktarda kıyıboyu taşınımın gerçekleştiğini ve bu sebeple plansız çözümlerin kıyı mühendisliği açısından kabul edilebilir olmadığını belirtmişlerdir. Uzaktan algılama yöntemleri ve coğrafi bilgi sistemleri, çevresel koşulların izlenmesi ve eylemde bulunacak kişilere bilgi sağlaması açısından Bayram vd. [110] tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da kullanılmış ve önemsenmiştir.

BÖLÜM 4

KARADENİZ KIYISI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), uzamsal verilerin toplanması, kullanımı, görüntülenmesi, yönetimi ve dağıtımı için kullanılan bilgisayar sistemleridir (Gupta [112]). Bilgilerin uzamsal olarak işlenmesiyle; çevresel ve sosyal koşullar izlenmekte, yönetimsel kararlar alınabilmekte, farklı yönetim alternatifleri karşılaştırılabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, bütün Karadeniz kıyı çizgisini kapsayan ve kıyı sistemi hakkında fiziksel ve sosyal veri katmanlarını içeren bir CBS oluşturulmuştur. Sistemin oluşturulmasındaki amaç, özellikle iklim değişikliği hakkında yapılacak çalışmalar, kırılganlık ve kıyı alanları yönetimi çalışmalarında kullanılmak üzere bir altlık oluşturmaktır. Bu tez kapsamında oluşturulan jeomorfoloji, kıyı çizgisindeki değişim, nüfus ve arazi kullanımı katmanları, yalnızca tez çalışma alanı için mevcuttur. Dalga yüksekliği, eğim, plajlar, akarsu ağızları, limanlar, akarsu ölçüm istasyonları, akarsu debi değerleri, kıyı çizgisi, idari birimler katmanları bütün Karadeniz kıyısı için; kıyı jeolojisi katmanı ise yalnızca Rusya ve Ukrayna kıyıları için mevcuttur (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1 Karadeniz Kıyısı CBS katmanları (Görmüş vd. [113])

4.1 Coğrafi Bilgi Sistemi Katmanları

Bu bölümde, tez kapsamında oluşturulmuş olan ve Bölüm 5'te elde edilme yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmış olan katmanlar açıklanmayacaktır. Plajlar katmanı ve bu katmandan elde edilen sonuçlar üzerinde özellikle durulacaktır.

4.1.1 Plajlar

Plajlar, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine en açık kıyı bölgeleridir. Bu sebeple plaj özellikleri belirlenerek oluşturulmuş veri tabanı büyük bir önem taşımaktadır. Karadeniz plajları üzerine bir veri tabanı daha önce Allenbach vd. [20] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Allenbach vd. [20]'nin çalışması incelenmiş ve plaj sınırlarının

belirlenmesi konusunda belirsizlikler göze çarpmıştır. Bu çalışmada daha belirgin ve tutarlı bir yöntem belirlenerek plajlar hakkındaki özellikler elde edilmiştir.

Her bir plaj için onu temsil eden bir çokgen çizilmiş ve plaj özellikleri bu çokgene işlenmiştir. Plajları temsil eden çokgenlerin çizilmesinde Google Earth Pro [103] programından yararlanılmıştır. Program kıyı boyunca farklı yıllara ait, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden yararlanmaya olanak vermektedir.

Plaj çokgenlerinin sınırlarının belirlenmesi hakkında bazı kurallar belirlenmiştir. Gözetilen kurallar aşağıda başlıklar halinde verilmektedir.

Deniz tarafındaki sınır: Plajlar deniz tarafında, kullanılan uydu görüntüsünde denizle karanın sınırını oluşturan çizgi tarafından sınırlandırılmıştır. Plajın uzunluğunu belirten bu çizgi, ıslak ve kuru kıyı çizgilerinin belirgin olduğu görüntülerde bu çizgilerin ortasından geçen çizgi olarak düşünülmüştür.

Kara tarafındaki sınır: Plajlar kara tarafında bina, yol gibi kalıcı yapay yapılar, kalıcı/yoğun bitki sınırı, göl, akarsu, falez gibi doğal yapılar tarafından sınırlandırılmıştır.

Uzunlukça sınırlandırma: Plajlar uzunlukça dalgakıran, iskele ve mahmuz tarafından bölünmemiştir. Ancak karaya bağlı liman dalgakıranları tarafından bu dalgakıranların hizasında sınırlandırılmıştır. Kaplamalar kendi başlarına plaj olarak dikkate alınmamıştır, ancak plajları bölen kısa (<500m) kaplamalar (eğer plaj bu kaplamada son bulmuyorsa) plajlara dahil edilmiştir. Plajlar doğal engellerle/plajın kendiliğinden sona ermesi dolayısıyla sınırlandırılmıştır. Plajların denize dökülen akarsular tarafından bölünüp bölünmemesinde, akarsu ağzının iki yakasının mevsimsel olarak değişmeyecek şekilde bariz bir şekilde ayrılıp ayrılmamasına dikkat edilmiştir. Akarsu ağzının konumunun en az bir yakasında doğal olarak değişmediği, akarsu ağzının genişliği sebebiyle iki yakanın farklı mevsimlerde birleşmediği veya jetty/kıyı duvarı gibi yapılarla akarsu ağzının konumunun kesin olarak belirlendiği durumlar haricinde plajlar akarsularca bölünmemiştir. Böylece akarsu ağızlarının değişken kısımları plajlara kısmen dahil edilmiştir.

Seçim: Yalnızca deniz kıyısındaki plajlar dikkate alınmıştır. Programda mevcut fotoğraflar ve basit yaklaşık ölçümler yardımıyla muhakemede bulunularak çok küçük plajlar envantere dahil edilmemiştir. Farklı tarihteki uydu görüntülerine bakılarak farklı

bir tarihte genişliği tamamen yok olan plajlar ve basit ölçümler yardımıyla maksimum genişlikleri yaklaşık olarak 15 m'yi aşmayan plajlar envanter için seçilmemiştir. Liman içlerinde ve inşaat sahası olduğu anlaşılan bölgelerdeki plajlar da envantere dahil edilmemiştir.

Çizilen plaj çokgenlerine ait bazı örnekler Şekil 4.2'de verilmektedir.

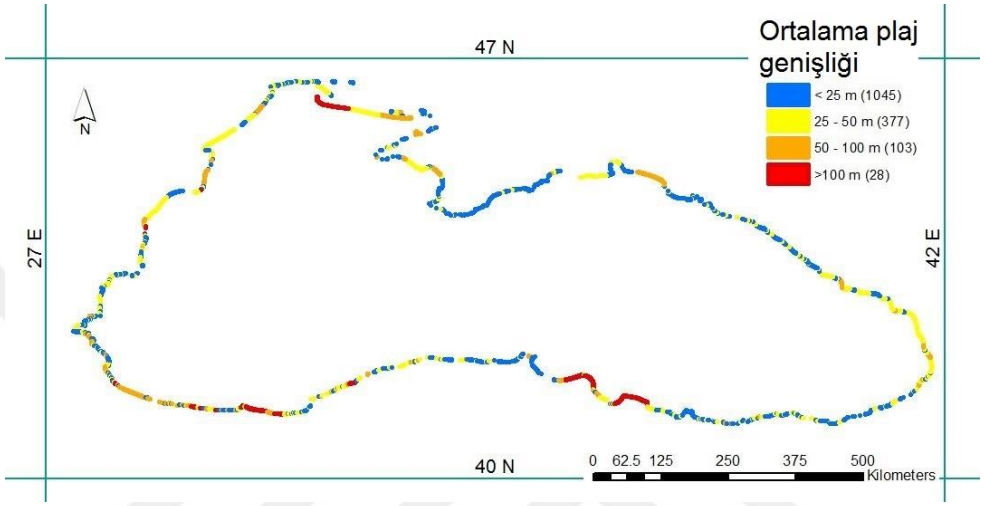


Şekil 4. 2 Plaj çokgenlerine ait bazı örnekler

Özellikler: Plajların çeşitli özellikleri hakkında bilgiler işlenmiştir. Bu bilgiler şu şekildedir: plaj çokgeninin ağırlık merkezinin koordinatları, plajın içinde bulunduğu UTM bölgesi, plaj alanı, plajın genişliği (ortalama, maksimum, standart sapma), plajın kıyı çizgisinin uzunluğu, plaj yakınındaki yerleşim, plaj üzerinde veya ona komşu kıyı yapıları, plaj üzerinde veya ona komşu akarsuların varlığı, plajın içinde bulunduğu idari birim ve ülke, plajı genişlikçe içine alan en küçük dikdörtgenin kuzeyle saat yönünde yaptığı açı, kalınlık oranı, plaj çevresi ve plaj eğimi.

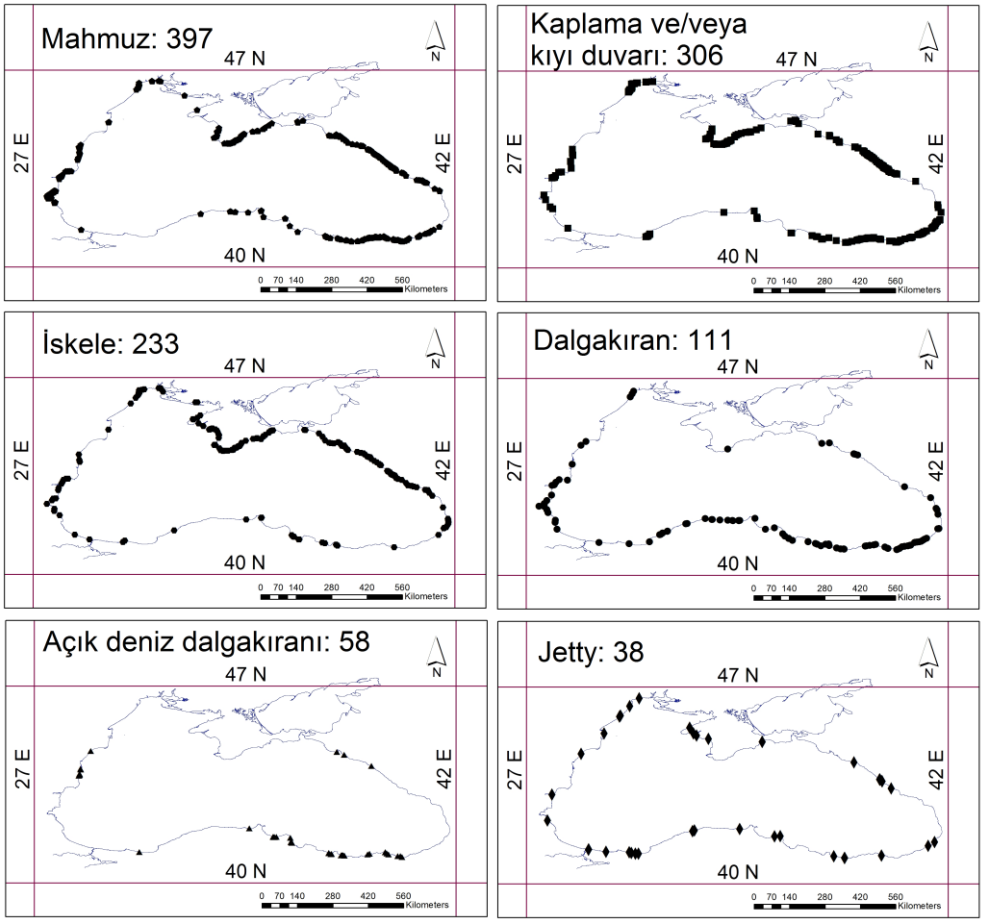
Plajlar hakkındaki bilgilerin elde edilmesinde kullanılan yöntemler, bu tezin kapsamını aşacağı düşüncesiyle bu bölümde verilmeyecektir. Ancak CBS'nin plaj katmanı, üzerinde en çok zamanın harcandığı katmandır ve Karadeniz kıyı çizgisi boyunca yer alan plajlar hakkında detaylı ve uzamsal olarak dağılmış bir veri tabanı sunmaktadır.

Katmanda 1553 adet plaj bulunmaktadır. Ortalama plaj genişliği bütün plajlar için 26.04 m olarak belirlenmiştir. Ortalama plaj genişliği parametresinin kıyı çizgisi boyunca dağılımı Şekil 4.3'de verilmektedir. Kırım'ın Güney kıyılarında yüksek falezlerin yer aldığı bölgenin, Rusya kıyılarının ve Türkiye'nin Doğu Karadeniz kıyılarının en düşük ortalama plaj genişliğine sahip olduğu; deltalarda, Sakarya Nehri gibi akarsu ağzı çevrelerinde geniş plajların yer aldığı görülmektedir (Görmüş vd. [113]).



Şekil 4. 3 Ortalama plaj genişliğinin dağılımı (Görmüş vd. [113])

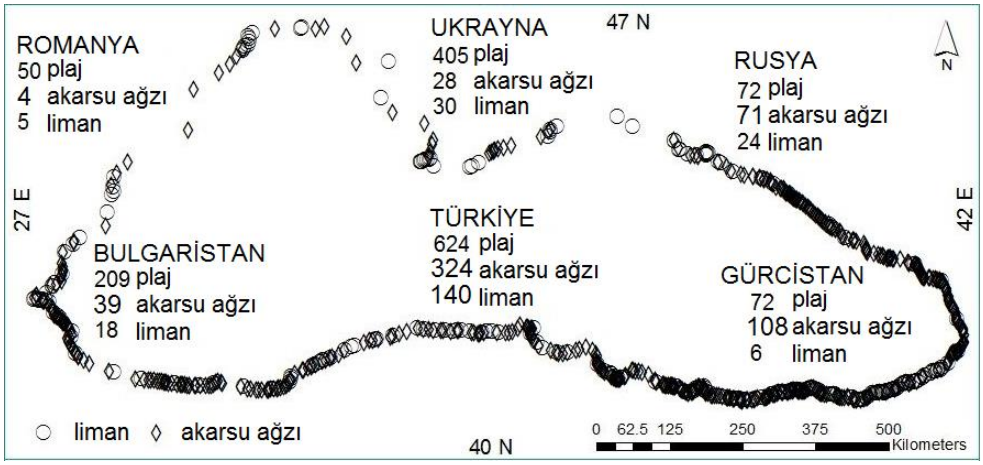
Ayrıca plajlar üzerinde yer alan kıyı yapılarının dağılımı Şekil 4.4'te sunulmaktadır. Karadeniz'in Doğu kısmında yer alan kıyılarda plaj genişlikleri düşüktür, bununla birlikte mahmuz ve kaplama gibi sert kıyı koruma yapılarının da yoğun olarak kullanıldığı görülmektedir (Görmüş vd. [113]).



Şekil 4. 4 Plajların üzerinde yer alan kıyı yapılarının sayı ve dağılımları (Görmüş vd. [113])

4.1.2 Diğer katmanlar

Karadeniz kıyısı CBS'nde 54 adet akarsu ağzı ve 223 adet limanı içeren iki katman mevcuttur. Kıyı boyunca plaj, akarsu ağzı ve limanların ülkelere göre dağılımı Şekil 4.5'te verilmektedir.



Şekil 4. 5 Plaj, akarsu ağzı ve limanların dağılımı (Görmüş vd. [113])

Oluşturulan CBS'de çalışma alanına ait plaj, akarsu ağzı ve liman gibi özelliklere ilişkin bilgiler Çizelge 4.1'de sunulmaktadır.

Çizelge 4. 1 Karadeniz Kıyısı CBS – çalışma alanına ait bilgiler

İl	Plaj sayısı	Liman sayısı	Akarsu ağzı sayısı	Ortalama plaj alanı (m^2)	Ortalama plaj genişliği (m)
Kırklareli	31	11	3	53433.59	32.83
Tekirdağ	2	2	0	119769.19	79.89
İstanbul	61	25	3	98907.70	45.49
Kocaeli	34	11	2	493200.30	62.46
Sakarya	4	7	1	4325665.60	228.64
Düzce	17	9	1	31614.758	24.88
Zonguldak	39	17	9	43579.57	38.03
Toplam	188	82	19		
Ortalama				738024.39	73.17

Diğer illere kıyasla daha uzun kıyı çizgisine sahip olması sebebiyle en çok plaj ve liman İstanbul'da bulunmaktadır. En fazla akarsu ağzı ise Zonguldak'ta bulunmaktadır. En dar plajlar Düzce'de bulunmaktadır. Sakarya'da plaj sayısı az olmasına karşın plajlar geniş ve plaj alanları büyüktür. Burada maksimum genişliği 1 km'yi bulan bir plaj mevcuttur. Bu sebeple ortalama plaj alanı ve genişliği parametreleri Sakarya için yüksek olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1).

CBS'nin oluşturulmasında bütüncül bir yaklaşım sergilenmiş ve Karadeniz kıyı alanlarının fiziksel ve sosyal durumu hakkında toplu veri sunulması amaçlanmıştır. Elde edilen CBS veri tabanı kırılganlık çalışmalarında, kıyı alanları planlanması ve yönetimi süreçlerinde yararlı olacaktır.

BÖLÜM 5

VERİLERİN HAZIRLANMASI VE ANALİZ

5.1 Yöntemin Seçimi ve Kıyısal Kırılganlık İndeksi (CVI) Matrisi

Bu çalışmada kırılganlığın belirlenmesinde; uygulamasının kolay olması, birçok çalışmada kullanılmış (Çizelge 2.17) ve yaygın olarak kabul görmüş olması sebebiyle kıyısal kırılganlık indeksi (CVI) yöntemi tercih edilmiştir.

Çalışmada hem fiziksel, hem de sosyo-ekonomik değişkenler dikkate alınmıştır. Fiziksel değişken olarak jeomorfoloji, kıyı eğimi, kıyı çizgisinin zamansal değişimi ve dalga yüksekliği; sosyal değişkenler olarak nüfus ve arazi kullanımı seçilmiştir. Önceki çalışmalarda (örn. Thieler ve Hammar-Klose [96]) kullanılan gelgit aralığı ve su seviyesinin zamansal değişimi değişkenleri, bu çalışmanın ilgilendiği bölgede uzamsal bir değişkenlik göstermediğinden kullanılmamıştır.

Bu değişkenler ekseninde oluşturulan kıyısal kırılganlık indeksi (CVI) matrisi Çizelge 5.2'de verilmiştir. Çizelge 5.1'de ise kullanılan değişkenlere dair veri kaynakları ve çözünürlükleri verilmiştir. Bu veri kaynakları seçilmesinde, çok sayıda çalışmada kullanılmış ve bilimsel açıdan doğruluğu yaygın kabul görmüş kaynakların ve çalışmanın yapıldığı tarih itibariyle en yüksek çözünürlüğe sahip verilerin elde edilebileceği kaynakların kullanılmasına özen gösterilmiştir.

Değişkenlerin çalışma alanındaki fiziksel ve sosyal yapıyı iyi yansıtabilmesi amacıyla bilgiler toparlanarak CBS ortamında bir araya getirilmiştir. Kıyı çizgisinin jeomorfolojik yapısı, Google Earth 'ün sağladığı uydu görüntüleri yardımıyla çıkarılmış olsa da uzmanlardan ve bölgeyi bilen kişilerin görüş alınmıştır. Kıyı çizgisindeki değişim daha önceki çalışmalarda kullanılmış olan DSAS aracı [114] yardımıyla LANDSAT uydu

görüntülerinden [115] elde edilmiştir. Kıyı eğimi, yükseltinin yanında batimetri verilerini de içeren GEBCO [116]'dan alınmıştır. Dalga yüksekliği verileri ECMWF verilerinden [105], arazi kullanımı Corine Arazi Kullanımı 2012 verilerinden [117] elde edilmiştir. Nüfus yoğunluğu verileri ayrıntılı bir nüfus yoğunluğu haritasına (1*1 km) dayanmaktadır [118].

Çizelge 5. 1 Değişkenlerin elde edilmesinde kullanılan veriler

Değişken	**Veri kaynağı**	**Veri çözünürlüğü**
Jeomorfolojik özellikler, kıyı tipi	Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden elle oluşturulmuştur.	-
Kıyı eğimi (yüzde)	GEBCO [116]	30 arc saniye (uzunluk birimindeki karşılığı enleme göre değişiklik gösterir, yaklaşık olarak 1 km)
Kıyı çizgisinin zamansal değişimi (m/yıl)	LANDSAT görüntüleri [115] işlenerek değişim analizi yapılmıştır.	LANDSAT görüntülerinin çözünürlükleri 60 ve 30 m'dir. Değişim değerlerine sahip ortagonallerin arasındaki mesafe 20 m olarak seçilmiştir.
Dalga yüksekliği (m)	ECMWF [105]	~ 80*80 km
Nüfus yoğunluğu	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Türkiye İstatistik Kurumu [118]	1*1 km
Arazi kullanımı	Corine Land Cover [117]	~ 105*140 m

Elde edilen verilerin sınıflandırılarak kırılganlık düzey aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle veriler Bölüm 5.3-5.8'de ayrıntılı bir şekilde açıklandığı şekilde elde edilmiş ve sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Çizelge 5.2'de sunulan Kıyısal Kırılganlık İndeksi (CVI) matrisi bu çalışmanın sonucudur. Jeomorfolojik sınıflandırmada Thieler ve Hammar-Klose [96] tarafından verilen sınıflandırmaya sadık kalınmış olsa da, 'yapay' ismiyle dalgakıran ve kaplama gibi kıyı yapıları ifade eden bir sınıf ile 'kum ve kil malzemeli değişken kıyı çizgisi' ismiyle bir başka sınıf dahil edilerek bu yöntem geliştirilmiştir. Kıyı çizgisinin değişimi ve kıyı eğimi değişkenleri için verilen sınıflandırmada da Thieler ve Hammar-Klose [96] tarafından verilen sınıflandırmaya sadık kalınmıştır. Dalga yüksekliği değişkeninin sınıflandırılması, çalışma alanının Karadeniz genelinde dalga yüksekliklerinin yüksek olduğu bir bölge olduğu göz önüne alınarak belirlenmiştir. Nüfus yoğunluğu için sınıflandırma verilerin istatistiksel dağılımları incelenerek belirlenmiştir. Arazi kullanımı değişkeninin sınıflandırması önceki çalışmalar ve çalışma alanı esas alınarak oluşturulmuştur.

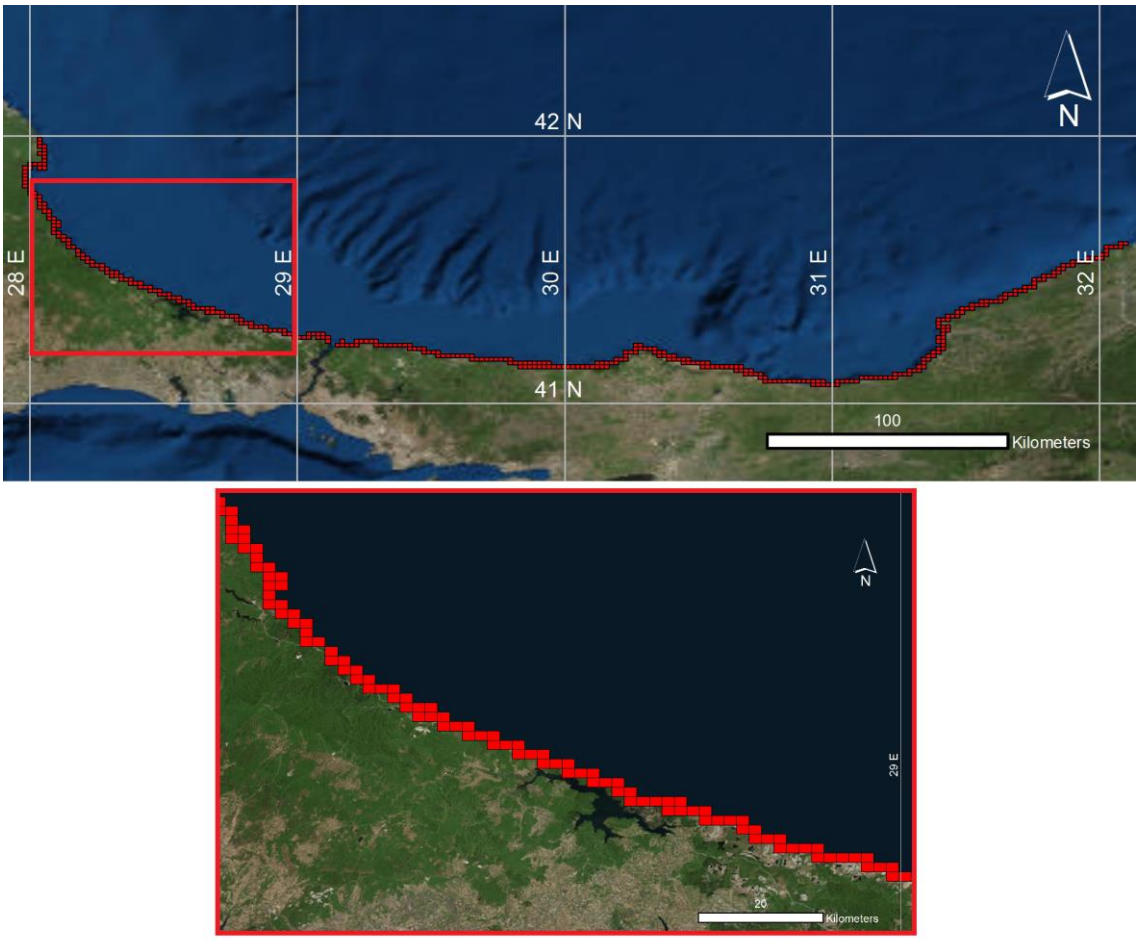
Çizelge 5. 2 Kıyısal kırılganlık indeksi (CVI) matrisi

Değişken	1- Çok düşük	2- Düşük	3- Orta	4- Yüksek	5- Çok yüksek
Jeomorfolojik özellikler, kıyı tipi	▪Yüksek falez (> 20 m) ▪Kayalık	▪Ortalama falez (10 - 20 m)	▪Düşük falez (< 10 m)	▪Çakıl plaj ▪Akarsu ağzı ▪Yapay (Kaplama, dalgakıran, kıyı duvarı)	▪Kumsal plaj ▪Delta ▪Koy ▪Bariyer plajı ▪Longoz ▪Kum ve kil malzemeli değişken kıyı çizgisi
Kıyı eğimi (yüzde)	> 0.2	0.2 – 0.07	0.07 - 0.04	0.04 - 0.025	< 0.025
Kıyı çizgisinin zamansal değişimi (m/yıl)	> 2	1 – 2	-1 – +1	-1 – -2	< -2
Maksimum belirgin dalga yüksekliği (m)	< 2	2 - 4	4 - 5	5 – 6	> 6
Nüfus yoğunluğu (kişi/km^2)	< 5	5 - 15	15 - 50	50 - 200	>200
Arazi kullanımı	▪Su kütleleri ▪Su yatakları	▪Bitkisel alan ▪Orman	▪Yeşil şehir alanları ▪Bataklık	▪Tarım alanları ▪Meyve bahçeleri ▪Madencilik ve inşaat faaliyetleri ▪Sit alanları	▪Şehirleşme, endüstri, ticaret ve ulaşım birimleri ▪Sportif ve kültürel tesisler ▪Plaj, kumul, tuz bataklığı, lagün

5.2 Hücre (Grid) Sistemi

Batıda Türkiye'nin Bulgaristan sınırından doğuda Bartın ili sınırına kadar olan kıyı çizgisini kapsayan çalışma alanı boyunca 1.5*1.5 km boyutlarında karelerden oluşan

hücre sistemi oluşturulmuştur (Şekil 5.1). Bu sistem, kırılganlık analizindeki değişkenlerin işlenmesinde kullanılacak, böylelikle her bir değişkenin ve genel olarak kırılganlığın çalışma alanındaki dağılımı ifade edilebilecektir.



Şekil 5. 1 Çalışma alanı ve CVI analizinde kullanılacak hücre sistemi

Hücrelerin (kareler) boyutları, kullanılacak değişkenlerin en doğru şekilde kullanılabilmesi göz önüne alınarak belirlenmiştir. Bunun için öncelikle Bölüm 5.3-5.8'de açıklanan, değişkenlerde kullanılacak veriler elde edilmiş ve bu verilerin çözünürlükleri esas alınmıştır (Çizelge 5.2).

5.3 Jeomorfolojik Özellikler

Çalışma alanında, kıyı çizgisi boyunca yer alan jeomorfolojik kıyı tiplerinin Google Earth Pro [103] uygulaması yardımıyla envanteri çıkartılmıştır. Kullanılan kıyı tipleri Çizelge 5.3'te sıralanmaktadır, çizelgede yalnızca çalışma alanında olan kıyı tiplerine yer verilmiştir.

Çizelge 5. 3 Kıyı çizgisinin jeomorfolojik sınıflandırılması

Kırılganlık katsayısı	Jeomorfolojik kıyı tipi	İngilizce karşılığı
1	Yüksek falez (>20 m)	Cliff
2	Ortalama falez (10-20 m)	Medium cliff
3	Düşük falez (<10 m)	Low cliff
4	Çakıl plaj Akarsu ağzı Yapay (Kaplama, dalgakıran, kıyı duvarı)	Cobble beach Estuary Artificial
5	Kumsal plaj Delta Koy Bariyer plajı Longoz Kum ve kil malzemeli değişken kıyı çizgisi	Sandy beach Delta Bay Barrier beach Mangrove Unstable

Çeşitli kıyı tipleri Şekil 5.2'de örneklenmektedir. Bu sınıflandırmanın yapılmasında dikkat edilen bazı hususlar şu şekilde sıralanabilir:

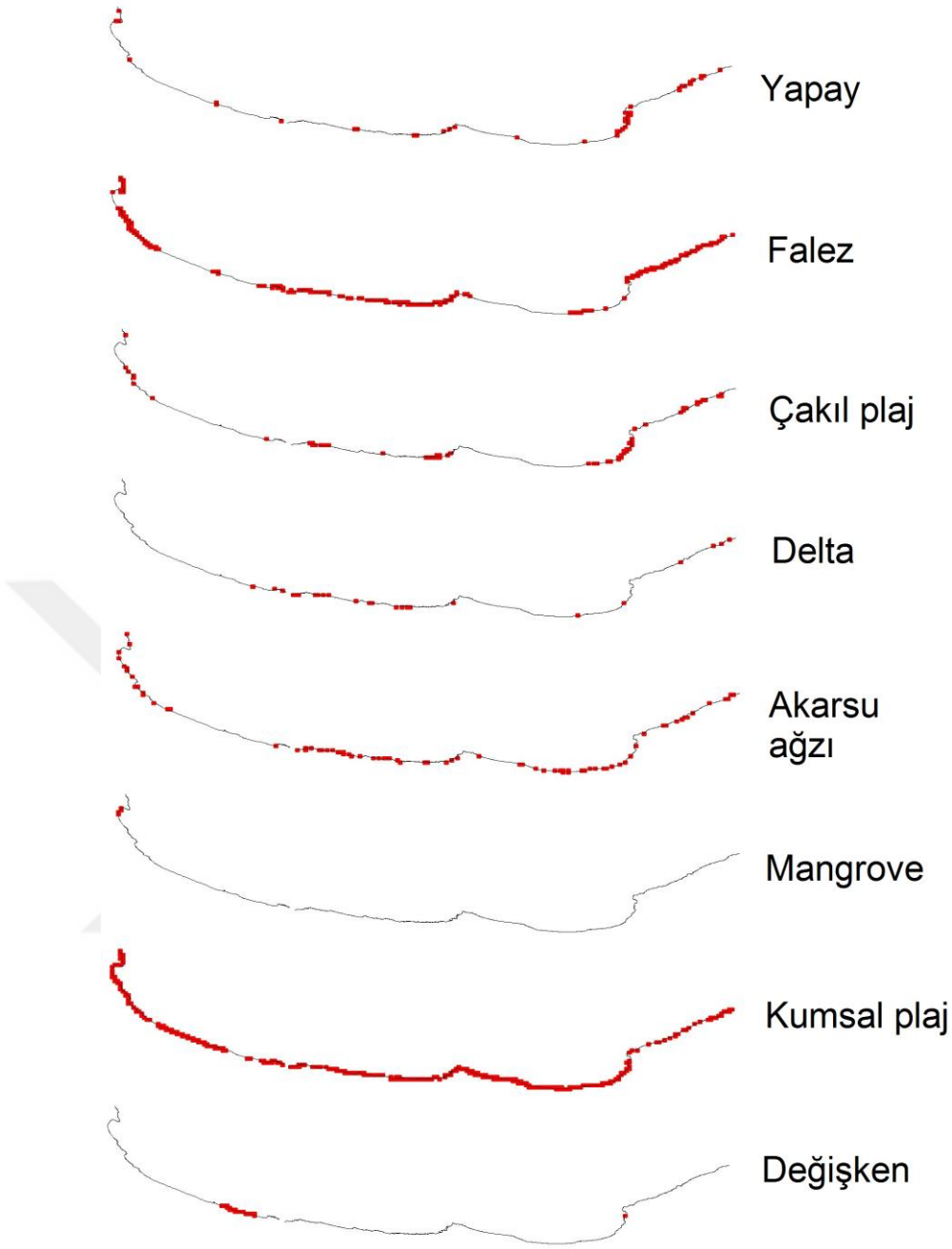
- Uydu görüntülerinin yanı sıra kullanıcılar tarafından eklenmiş fotoğraflardan da tiplerin ayırt edilmesinde yararlanılmıştır.
- Kumsal plajlar daha açık renkli, çakıl plajlar ise daha koyu renkli olarak gözükmektedir.
- Falezler Google Earth Pro [103] uygulamasında yer alan yükselti değerlerine göre sınıflandırılmışlardır.
- Şekil 5.2'de değişken/unstable olarak tabir edilen kıyı bölgeleri, inşaat ve madencilik faaliyetleri dolayısıyla çok kısa zamanda (örn. aynı yıl içerisinde) kıyı çizgisinde büyük değişikliklerin gözlendiği kıyı bölgeleridir. Bu bölgeler, jeomorfolojik değişken açısından en yüksek seviyede (5) kırılgan olarak değerlendirilmişlerdir.
- Kaplama, kıyı duvarı ve liman gibi yapıların olduğu bölgeler 'yapay' kategorisinde değerlendirilmiş ve jeomorfolojik değişken açısından 4. seviyede kırılgan olarak değerlendirilmişlerdir.
- Longozlar (su basar ormanları), onları denize bağlayan ağızları (gideğen) sebebiyle taşkına maruz kalabilmektedirler. Kıyı arkasında denize bağlanan bir longozun

bulunduğu alanlar jeomorfolojik değişken açısından en yüksek seviyede (5) kırılgan olarak değerlendirilmişlerdir.



Şekil 5. 2 Kıyı tipleri (Görüntüler Google Earth Pro [103] üzerinde alınmıştır.)

Çeşitli jeomorfolojik kıyı tiplerinin kıyı çizgisi boyunca dağılımı Şekil 5.3'te verilmektedir.

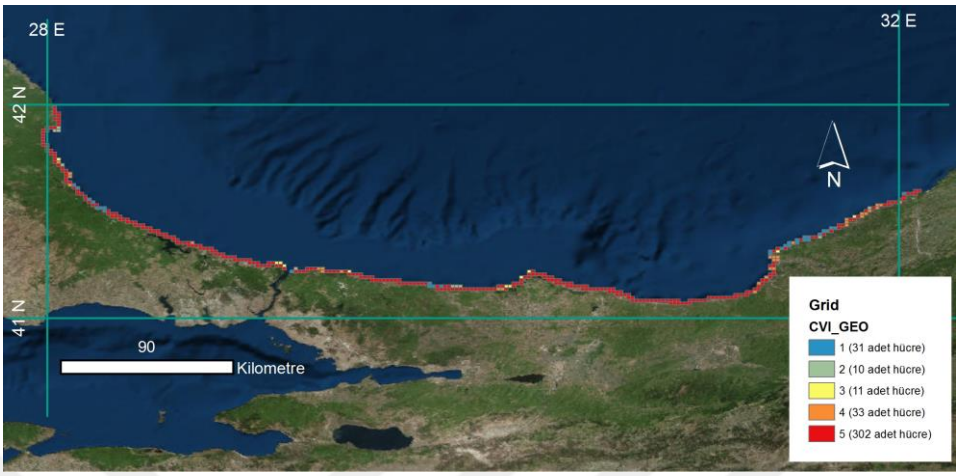


Şekil 5. 3 Kıyı tiplerinin çalışma alanı boyunca dağılımı

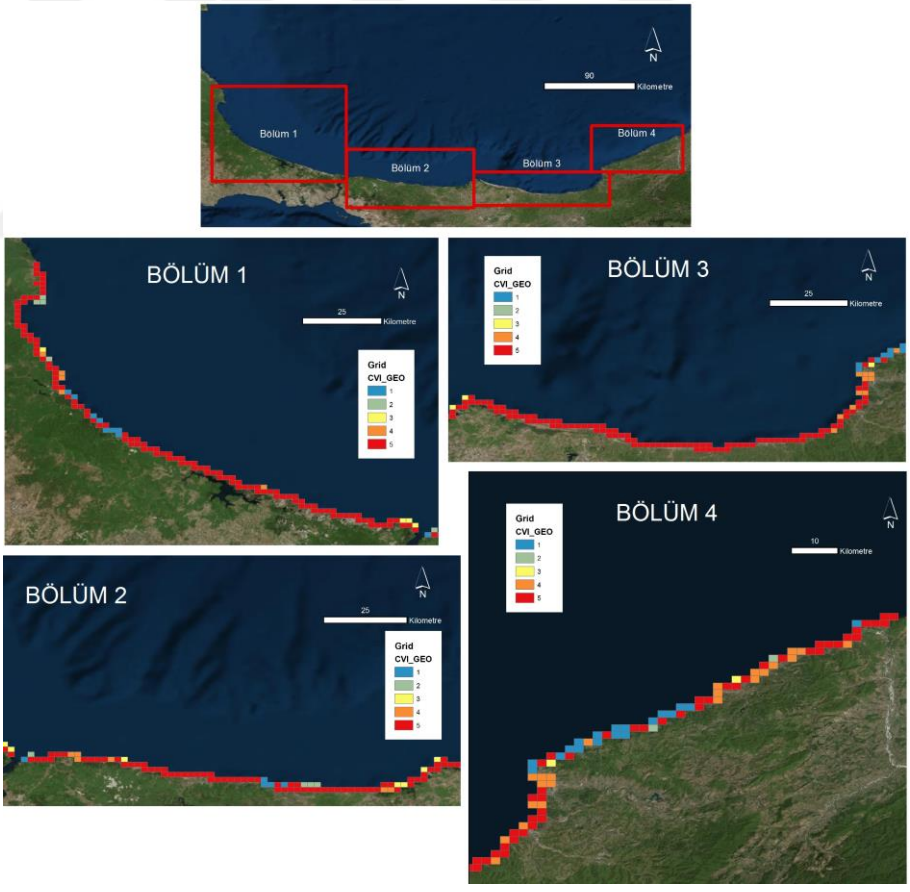
Elde edilen veriler düzensiz bir dağılıma sahip olmaktadır. Hücre sisteminde kullanılan elemanların kapsadıkları alanlarda kimi hücrelerde tek bir sınıf, kimi hücrelerde ise birden çok sınıf bulunabilmektedir. Jeomorfolojik değişken açısından hücrelerdeki kırılganlık seviyelendirilirken, hücre içerisindeki en kırılgan jeomorfolojik kıyı tipi, o hücre için referans alınmıştır.

Çalışma alanının jeomorfolojik kıyı tipleri açısından kırılganlığının dağılımı Şekil 5.4 ve 5.5'te verilmektedir. Hücre içinde en kırılgan sınıftan bir kıyı tipinin o hücre içerisinde

bulunması o hücrenin en kırılgan sınıfa girmesi içinyeterli olduğundan; kıyı çizgisi boyunca 5. dereceden (en kırılgan) sınıfa ait jeomorfolojik özelliklerin yaygın olduğu görülmektedir.



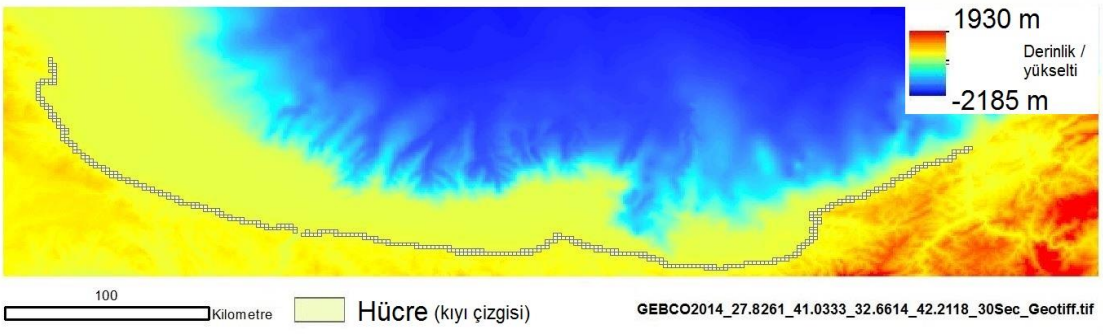
Şekil 5. 4 Jeomorfolojik kırılganlığın çalışma alanı boyunca dağılımı



Şekil 5. 5 Jeomorfolojik kırılganlığın çalışma alanı boyunca dağılımı - Bölümler

5.4 Kıyı Eğimi

Kıyı eğimi değişkeni, GEBCO [116] tarafından ücretsiz olarak sunulan batimetri ve yükselti verileri kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 5.6).



Şekil 5. 6 Çalışma alanına ait yükselti ve batimetri verileri (GEBCO [116])

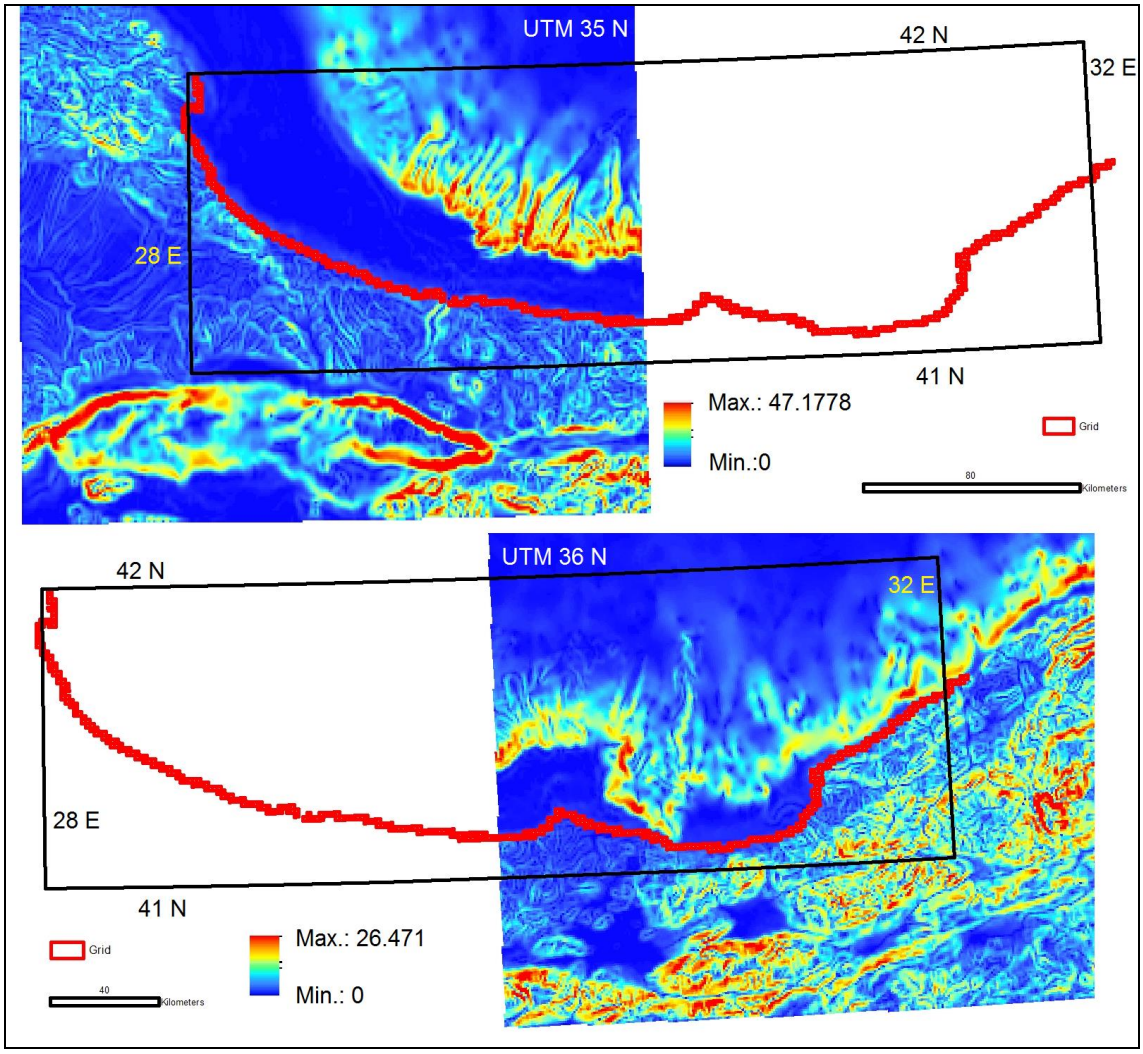
GEBCO_2014 Grid, 30 arc saniye uzamsal çözünürlüğe sahip bir kara ve deniz yükselti modelidir. GEBCO_08 Grid versiyonunun güncelleştirilmiş halidir. Gridin batimetrik kısmı, bir ship track sounding veri tabanı ve uydudan elde edilmiş yerçekimi verileriyle geliştirilmiştir. GEBCO_08 gridi, 2008'de çıkmış olan SRTM30_plus veri setinden türetilmiştir. Grid, 80° Kuzey enlemiyle 81° Güney enlemi arasında yer alan Smith ve Sandwell küresel topografik gridiyle 290 milyonu aşkın batimetrik sounding verisinden oluşan bir veri tabanın birleştirilmesiyle geliştirilmiştir (GEBCO [116]).

GEBCO batimetri ve eşyükselti verilerini içeren Geotiff uzantılı ve raster türündeki dosya çalışma alanı için temin edilmiştir (Şekil 5.6). Öncelikle CBS programında yer alan 'Project Raster' aracıyla raster dosya türündeki yükselti ve batimetri verileri ilgili bölgedeki UTM 35/36 Kuzey WGS84 projected koordinat sistemine (m biriminde) dönüştürülmüştür. CBS programlarında mevcut bulunan 'Slope' aracı, yükselti verilerini içeren her bir piksel için komşu pikselleriyle olan maksimum değişim miktarını hesaplayarak her bir pikselde eğim bilgisi elde etmektedir. Bu eğim derece veya yüzde biriminde elde edilebilmektedir.

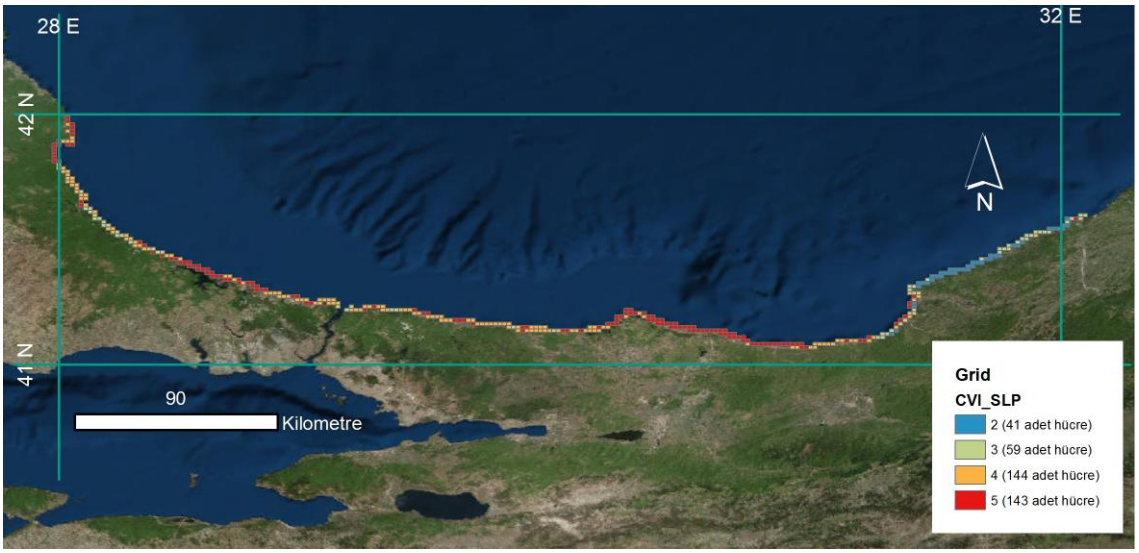
Çalışma alanındaki iki UTM bölgesi (35 Kuzey ve 36 Kuzey) için eğim haritaları yüzde biriminde elde edilmiştir (Şekil 5.7). Haritalardaki verilerin çözünürlüğü yaklaşık olarak 830*830 m'dir. Çıkartılan eğim haritalarında yer alan verilerin çalışma alanında kullanılacak hücre sistemindeki her bir eleman içine düşen kısımlarının ortalaması

alınmıştır. 1.5*1.5 km'lik her bir hücre içinde GEBCO verileriyle elde edilmiş eğim değerlerinin ortalaması, o elemandaki eğim değeri olarak kullanılmıştır.

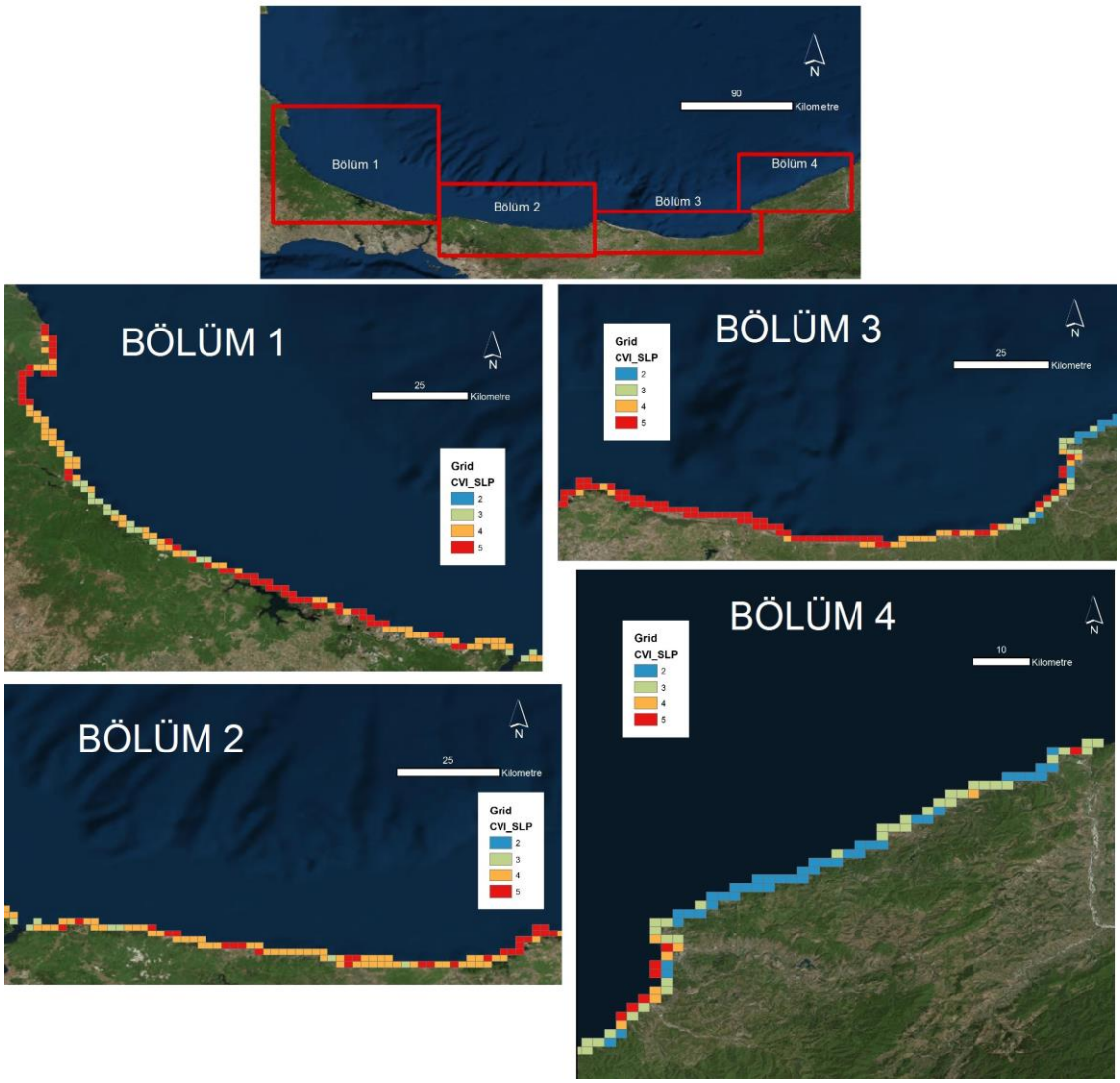
Her bir hücrenin eğim değişkeni açısından kırılganlık değeri, Çizelge 5.2'de belirtilmiş aralıklar kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 5.8-5.9).



Şekil 5. 7 Çalışma alanına ait eğim değerleri (GEBCO [116])



Şekil 5. 8 Eğim değişkeni açısından kırılganlığın dağılımı



Şekil 5. 9 Eğim değişkeni açısından kırılganlığın dağılımı - Bölümler

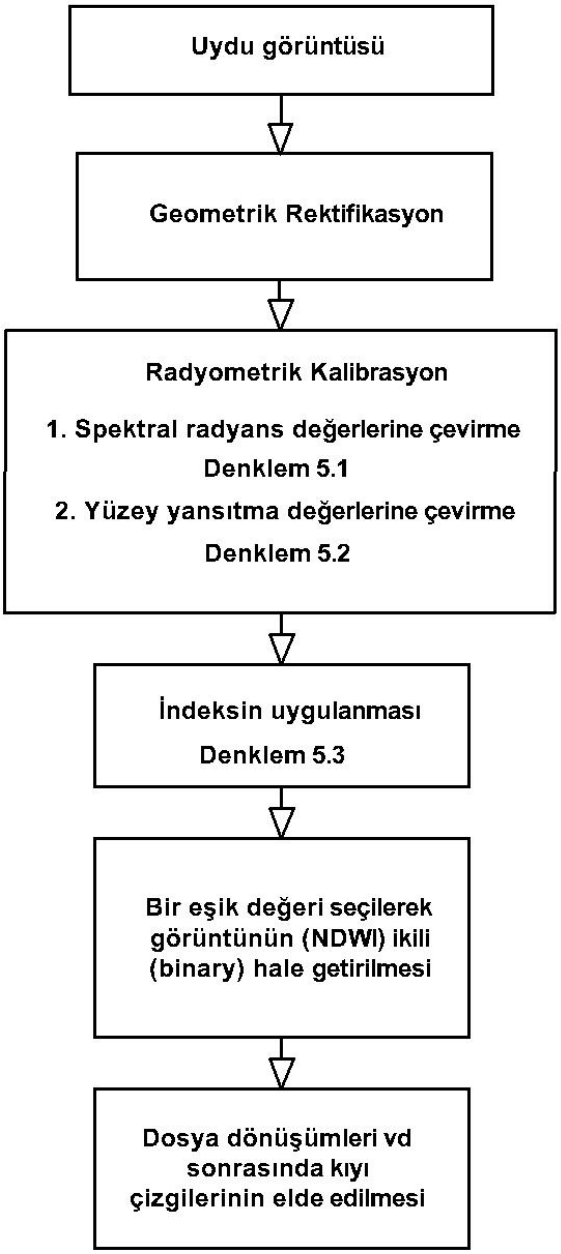
Eğimin genel olarak yüksek olduğu Bölüm 4'te kırılganlığın düşük olduğu görülmektedir. Plajların yaygın olarak yer aldığı ve dolayısıyla eğimin düşük olduğu Bölüm 1 ve 2'de ise kırılganlığın yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 5.9).

5.5 Kıyı Çizgisinin Zamansal Değişimi

Bu kısımda kırılganlık analizinde dikkate alınan değişkenlerden birisi olan kıyı çizgisindeki değişimin hesaplanması üzerinde durulacaktır. Uzaktan algılama yöntemleriyle ilgilenilen çalışma alanına ait farklı tarihlerdeki uydu görüntülerinden faydalanılarak kıyı çizgileri elde edilecek, sonrasında bu çizgiler arasında zamansal değişimin analizi yapılacaktır.

Kıyı çizgisinin uydu görüntülerinden elde edilebilmesi için birçok uzaktan algılama yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin en yaygın kullanılanları şu şekilde sıralanabilir: (1) Spektral bantlardan bir veya birkaçına eşik değeri uygulayarak su varlığı bilgisinin elde edilmesi. Bu yöntemi uygulamak kolaydır, ancak dağ gölgeleri, şehirleşmiş bölgeler ve su kütleleri yanlış değerlendirilebilir. (2) Kontrollü veya kontrolsüz bilgisayar algoritmalarıyla su kütlelerinin çıkarılması. (3) İki veya daha çok spektral bant kullanılarak elde edilen ve su kütlesi ve kara alanlarındaki pikseller arasındaki ayrışmayı yükselten su indeksleri (WI). Bu yöntemler içinde su bilgisinin tespitinde görece yüksek doğruluğa sahip su indeksleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhang vd. [119]). Bu çalışmada da kıyı çizgisinin belirlenmesinde su indeksleri (NDWI) yöntemi tercih edilmiştir.

İşlemlere ait akış şeması Şekil 5.10'da verilmiştir. Bu kısımda Landsat 5 uydusuna ait bir görüntünün işlenmesi örnek olarak verilecektir. Landsat uydularının görüntüleri [115] Amerikan Jeoloji Araştırmaları Kurumu'nun (USGS) Earth Explorer isimli internet sitesinden [120] ücretsiz olarak indirilebilmektedir. İndirilen görüntülerde bulutluluğun az olmasına ve görüntüyü bozan hataların olmamasına dikkat edilmelidir. Görüntüler UTM-WGS84 projeksiyonu ile konumlandırılmış olarak inmektedir.



Şekil 5. 10 Kıyı çizgilerinin elde edilmesinde takip edilen akış diyagramı

Görüntülerde her bir pikseldeki değer, sensör ucunda okunan DN (digital number) değerleridir ve bu değerlerin yüzeydeki yansıma değerlerine çevrilmesi gerekmektedir. Bu işlem iki aşamada yapılabilmektedir. İlk adımda DN değerleri Denklem 5.1 yardımıyla spektral radyans değerlerine dönüştürülmektedir (Chander vd. [121]).

$$L_\lambda = \left(\frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min\lambda} \qquad (5.1)$$

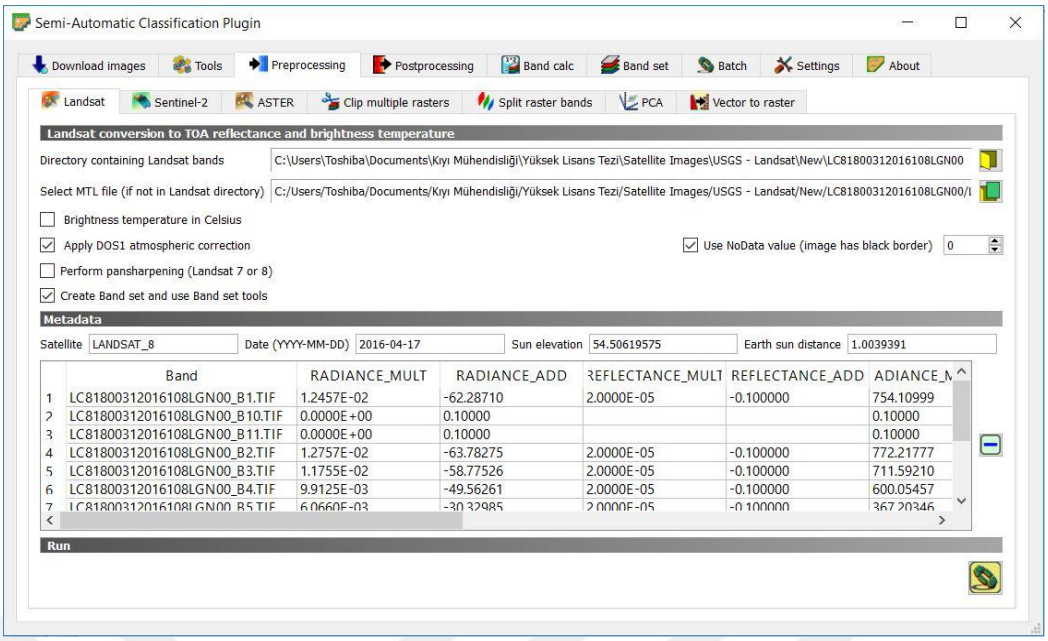
Burada L_λ sensörün ucundaki spektral radyans değeri (W/m^2.sr.µ), Q_{cal} her bir pikseldeki değerler (DN), $Q_{cal\max}$ ve $Q_{cal\min}$ piksellerdeki değerler için en büyük ve en küçük değerler, $L_{\min\lambda}$ ve $L_{\max\lambda}$ ise sırasıyla $Q_{cal\max}$ ve $Q_{cal\min}$ değerlerine karşılık gelen spektral radyans değerleridir. Bu değerler Landsat 5 uyduları için Chander vd. [121] tarafından verilmiştir.

İkinci aşama sensörün ucundaki spektral radyans değerlerini yüzeydeki yansıtma değerlerine çevirmektir. Bu işlem atmosferik düzeltmelerin yapıldığı aşamadır ve ilk aşamanın aksine uydunun görüntü alırken bulunduğu konum önem kazanmaktadır. İşlem Denklem 5.2 ile yapılmaktadır (Chander ve Markham [122]).

$$\rho_\lambda = \frac{\pi L_\lambda d^2}{ESUN_\lambda \cos\theta_s} \qquad (5.2)$$

Burada ρ_λ birimsiz yüzey yansıtma değeri, L_λ sensörün ucundaki spektral radyans değeri (W/m^2.sr.µ), d dünya-güneş uzaklığı (astronomik birim), $ESUN_\lambda$ ortalama solar atmosfer dışı irradyans ve θ_s derece cinsinden solar zenit açısıdır. Bu değerler Landsat uyduları için görüntü dosyalarıyla beraber sunulan MTL.txt dosyası aracılığıyla elde edilebilmektedir.

Bu iki aşamayla gerçekleştirilen radyometrik kalibrasyon işlemi QGIS programında (QGIS [123]), ücretsiz indirilebilen Semi-Automatic Classification Plugin (SACP) yardımıyla otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 5.11'da bu işlemin yapıldığı bölümden bir ekran alıntısı verilmiştir.

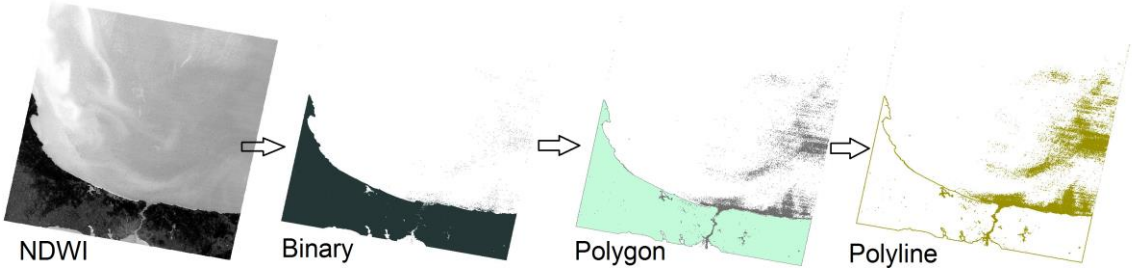


Şekil 5. 11 QGIS – SACP eklentisinden bir ekran alıntısı

Radyometrik kalibrasyonu yapılan uydu görüntülerinden kıyı çizgisini elde etmek için Denklem 5.3 ile verilen Normalized Difference Water Index (NDWI) kullanılmıştır (Karslı vd. [124]).

$$\text{NDWI} = \frac{\text{Yeşil - Yakın Kızılötesi}}{\text{Yeşil + Yakın Kızılötesi}} \tag{5.3}$$

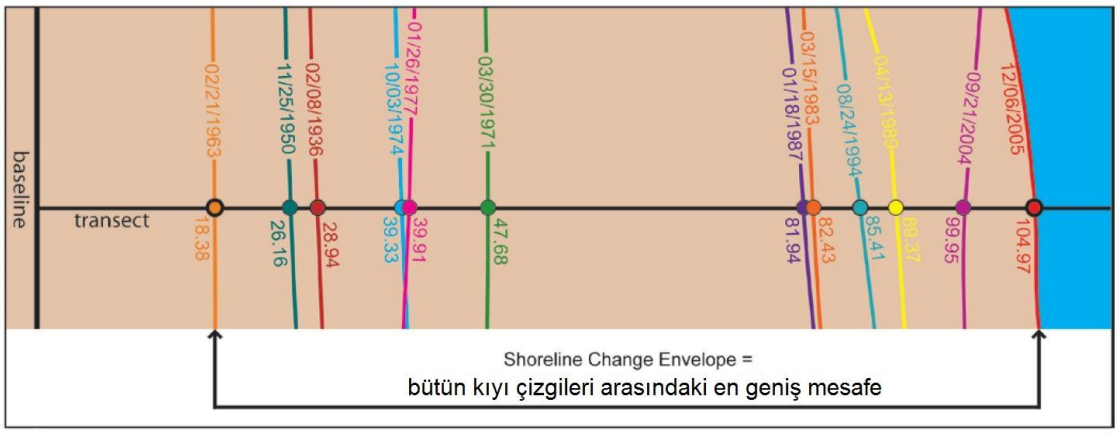
İndis, her bir piksel için farklı bantlarda (dalga boylarında) alınan değerleri kullanarak hesap yapmaktadır. Elde edilen yeni görüntü kıyı çizgisinin ayrıştırılmasında kullanılmıştır. Görüntüde karadan denize geçişin olduğu kısımlardaki piksel değerleri kontrol edilerek bir eşik değeri seçilmiştir. Görüntü bu eşik değeri etrafında yalnızca iki değerin olduğu (binary) hale getirilmiş, böylelikle çeşitli dosya formatı dönüşümleri sonrasında kıyı çizgileri elde edilmiştir (Şekil 5.12). Son olarak bulutlardan, akarsu ağızlarından vb. kaynaklanan hatalar elle düzeltilmiş, istenmeyen kısımlar silinmiş ve kıyı çizgilerinin nihai halleri elde edilmiştir.



Şekil 5. 12 NDWI görüntüsünden kıyı çizgilerinin elde edilmesi

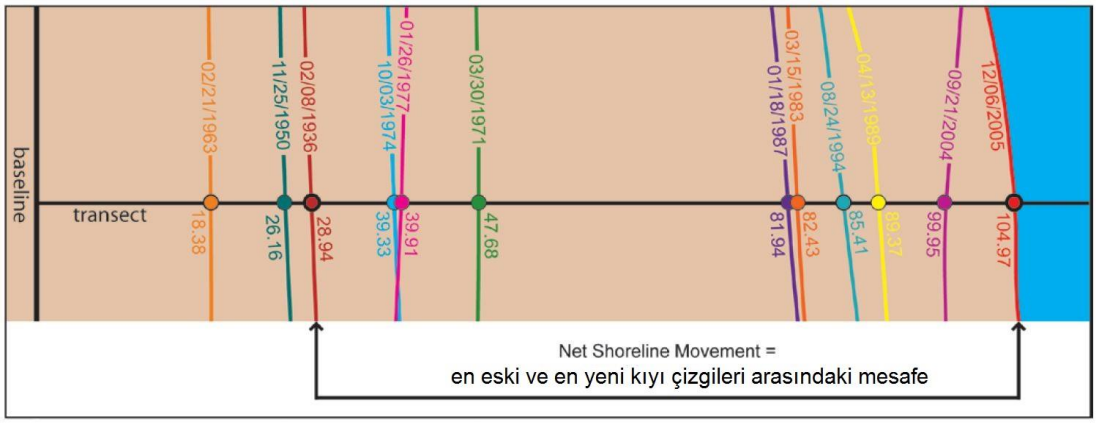
Elde edilen kıyı çizgileri arasındaki değişim Digital Shoreline Analysis System (DSAS) aracı [114] kullanılarak hesaplanabilmektedir. DSAS aracı [110] farklı türde analiz sonuçları vermektedir.

Shoreline Change Envelope (SCE) analizi, en dış ve en içteki kıyı çizgileri arasındaki mesafeyi ölçmektedir (Şekil 5.13).



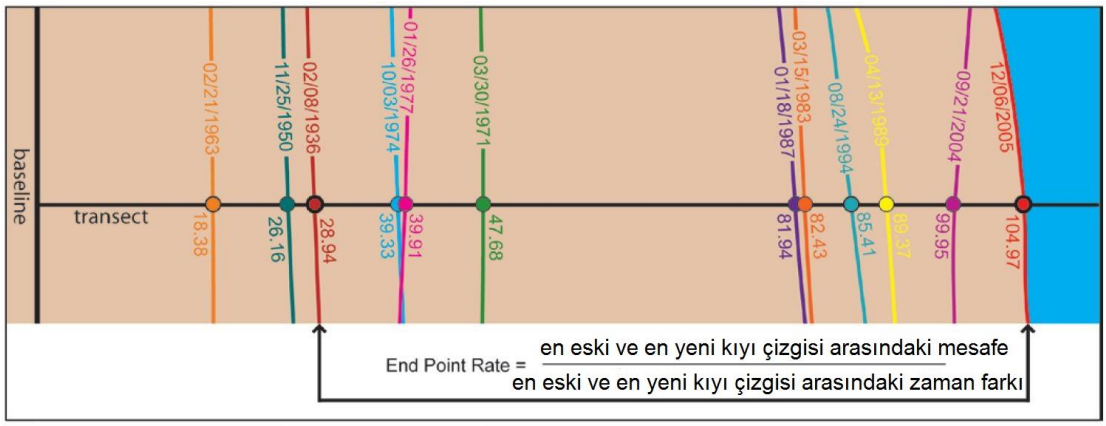
Şekil 5. 13 Shoreline Change Envelope (SCE) analizi (Thieler vd. [114])

Net Shoreline Movement (NSM) analizi, en eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki mesafeyi ölçmektedir. Sonuçlar erozyon için negatif ve yığılma için pozitif olarak verilmektedir (Şekil 5.14).



Şekil 5. 14 Net Shoreline Movement (NSM) analizi (Thieler vd. [114])

End Point Rate (EPR) analizi, en eski ve en yeni kıyı çizgisi arasındaki mesafeyi ölçerek bunu aradaki yıl sayısına bölmektedir. Böylelikle yıllık ortalama erozyon veya yığılma değerleri elde edilmektedir (Şekil 5.15).



Şekil 5. 15 End Point Rate (EPR) analizi (Thieler vd. [114])

Kıyı çizgisindeki değişimin analizi, çalışma alanında 6 ayrı bölümde gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.16). Bunun sebebi kullanılan uydu görüntülerinin her birinin bütün analiz bölümü boyunca devam etmesinin gerekmesidir. Bu durum çalışma alanında sağlanamamış ve 6 adet farklı bölümün kullanılması gerekmiştir.



Şekil 5. 16 Kıyı çizgisi analizinde ele alınan bölgeler

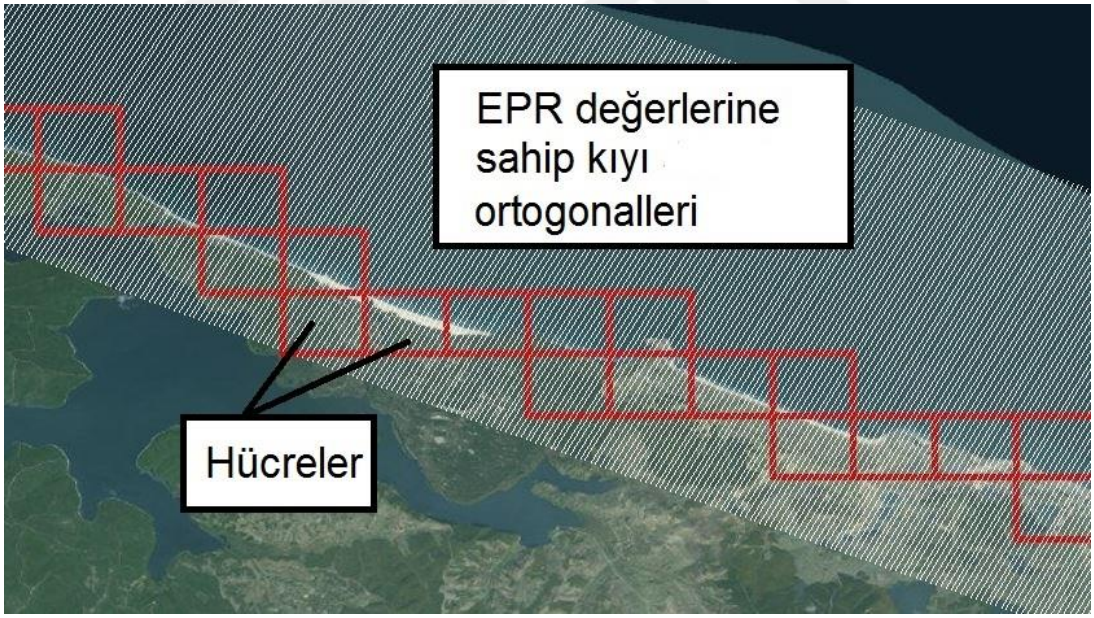
Landsat (Earth Explorer) [120] arşivi taranarak her bir bölge için bir tanesi mümkün olduğunca en eski tarihli, bir tanesi de mümkün olduğunca en yeni tarihli olmak üzere 2 adet uydu görüntüsü seçilmiş; bu bölümde açıklanan yöntem izlenerek 'End Point Rate' analizinin sonuçları çalışma alanı boyunca elde edilmiştir. Bu sonuçlar en eski ve en yeni tarihli kıyı çizgileri arasındaki mesafenin aradaki yıla bölünmesiyle m/yıl cinsinden elde edilmektedirler.

Ancak analiz öncesinde kıyı çizgilerinin elde edileceği uydu görüntülerinin birbirleriyle geometrik uyumu (rektifikasyon) kontrol edilmiştir. Kullanılan uydu görüntüsü

katmanları üst üste getirilerek incelenmiş ve uydu görüntüleri arasında bir kayma saptanmamıştır.

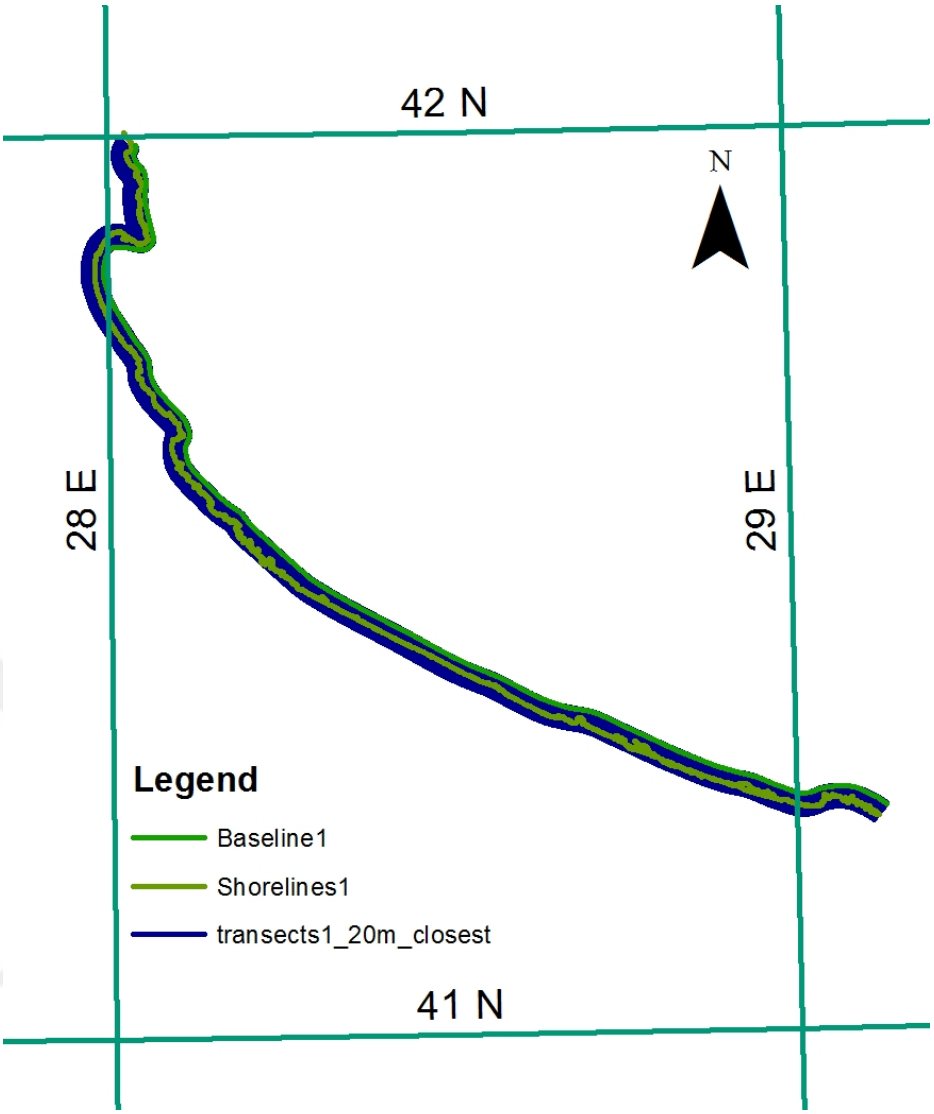
İlk olarak elde edilen sonuçlar, kıyı çizgisi değişim analizindeki her bir ortogonal (transect) için m/yıl cinsinden yığılma ve erozyonu ifade etmektedir. Her ne kadar kullanılan uydu görüntülerinin yersel çözünürlükleri 60 ve 30 m olsa da, analizlerde kıyı çizgisindeki değişimin daha iyi ifade edilebilmesi için kullanılan ortogonallerin arasındaki mesafe 20 m olarak seçilmiştir. Bu aynı zamanda elde edilen kıyı çizgisindeki değişim verilerinin çözünürlüğü olarak düşünülebilir.

Elde edilen değerlerin CBS programlarında yer alan 'Spatial Join' aracı yardımıyla hücre sisteminin her bir elemana düşen 'End Point Rate' değerleri belirlenmiş (Şekil 5.17) ve her bir hücre için bu değerlerin ortalaması alınarak m/yıl cinsinden kıyı çizgisindeki değişim değerleri elde edilmiştir. Böylelikle kıyı boyunca 20 m aralıklı çizgilerdeki veriler, 1.5*1.5 km boyutlarındaki karelerden oluşan hücre sistemine işlenmiş olmaktadır.



Şekil 5. 17 Hücre sistemine kıyı çizgisindeki değişim değerlerinin işlenmesi

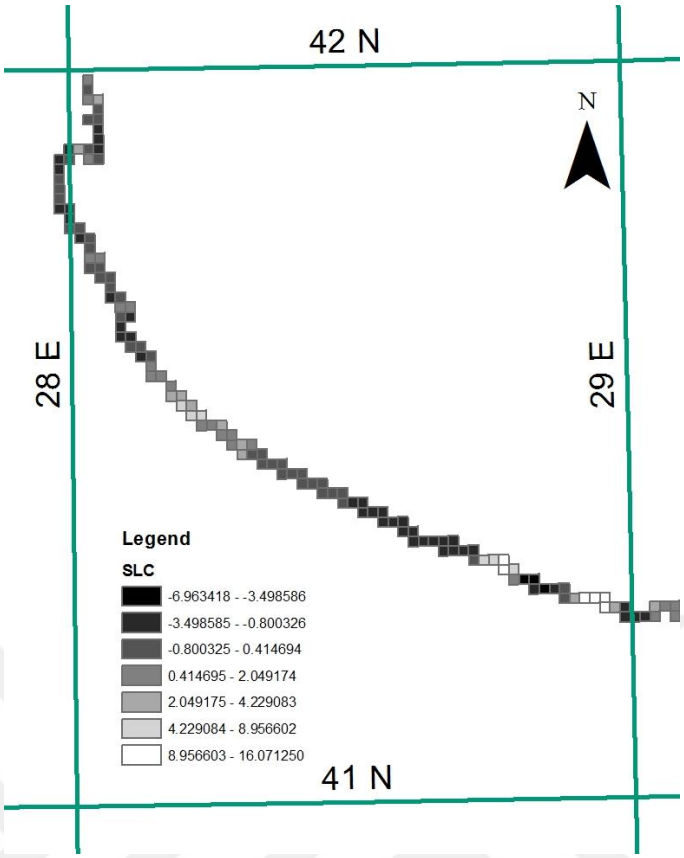
Analizlerle ilgili görseller, kullanılan uydu görüntüleriyle ilgili bilgiler ve sonuçlar Şekil 5.18-5.27 ve Çizelge 5.4-5.8'de verilmektedir. Analiz bölümleri, sonuçların daha iyi anlaşılabilmesi için ayrı şekil ve çizelgelerde gösterilmiştir. Çalışma alanı boyunca kıyı çizgisindeki değişim değerleri; Şekil 5.19, Şekil 5.21, Şekil 5.23, Şekil 5.25 ve Şekil 5.27'den incelenebilir.



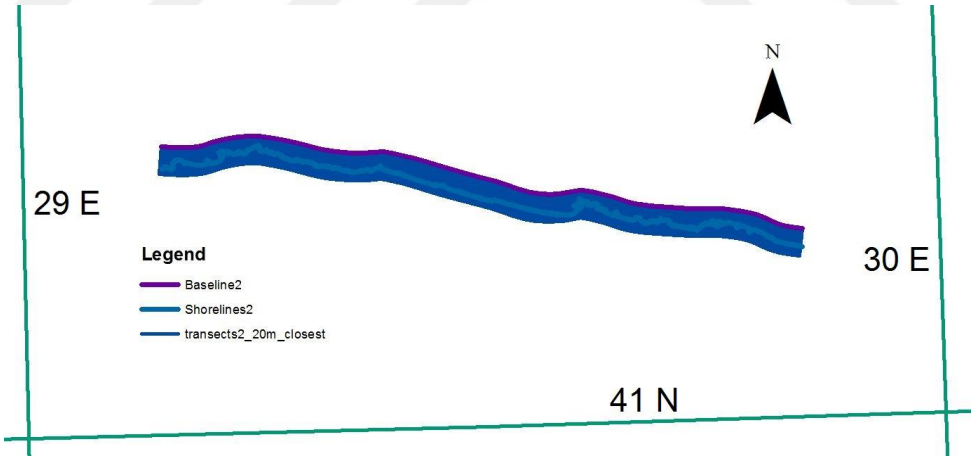
Şekil 5. 18 Kıyı çizgisi analizi 1. Bölüm için kıyı çizgileri ve ortogonaller

Çizelge 5. 4 Bölüm 1 için kullanılan uydu görüntüleri ile ilgili bilgiler

Alınma tarihi	**İsim**	**Yersel çözünürlük**	**Kıyı çizgisini belirleyen algoritma**
15/11/1972	LM11940311972320AAA05	60 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}=0.15$
6/11/2014	LC08_L1TP_180031_20141106	30 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}=0$



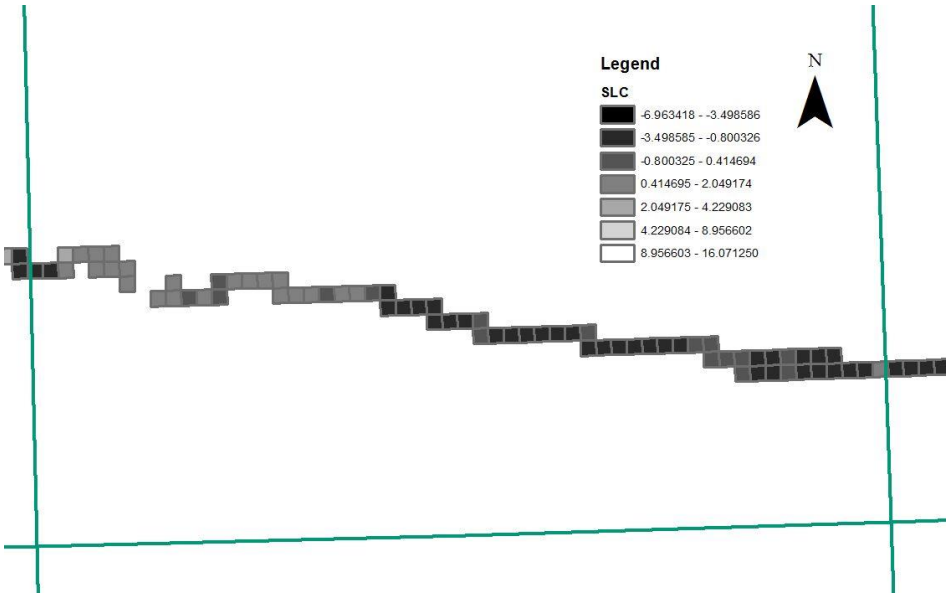
Şekil 5. 19 Kıyı çizgisi analizi 1. Bölüm için sonuçlar (m/yıl)



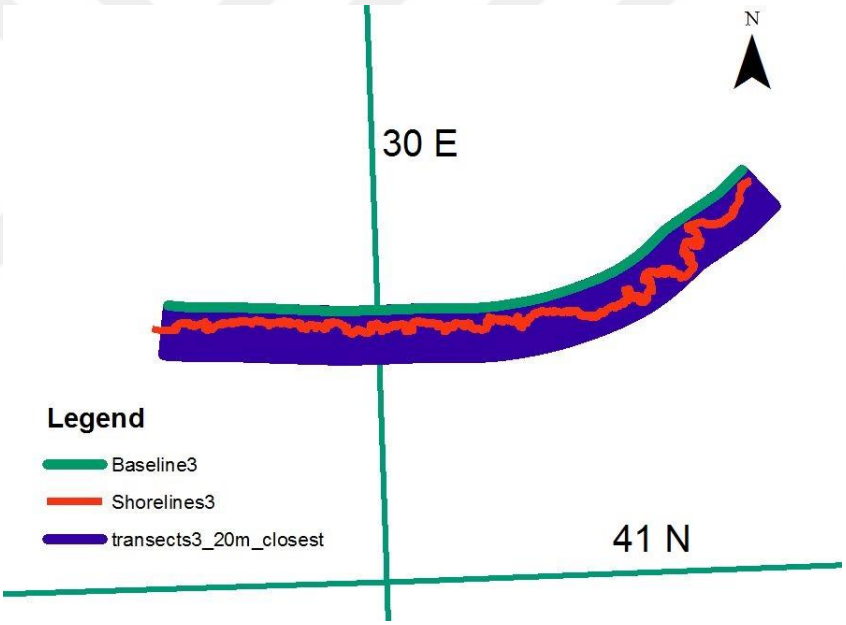
Şekil 5. 20 Kıyı çizgisi analizi 2. Bölüm için kıyı çizgileri ve ortogonaller

Çizelge 5. 5 Bölüm 2 için kullanılan uydu görüntüleri ile ilgili bilgiler

Alınma tarihi	**İsim**	**Yersel çözünürlük**	**Kıyı çizgisini belirleyen algoritma**
15/11/1972	LM11940311972320AAA05	60 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}$=0.15
6/11/2014	LC08_L1TP_180031_20141106	30 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}$=0



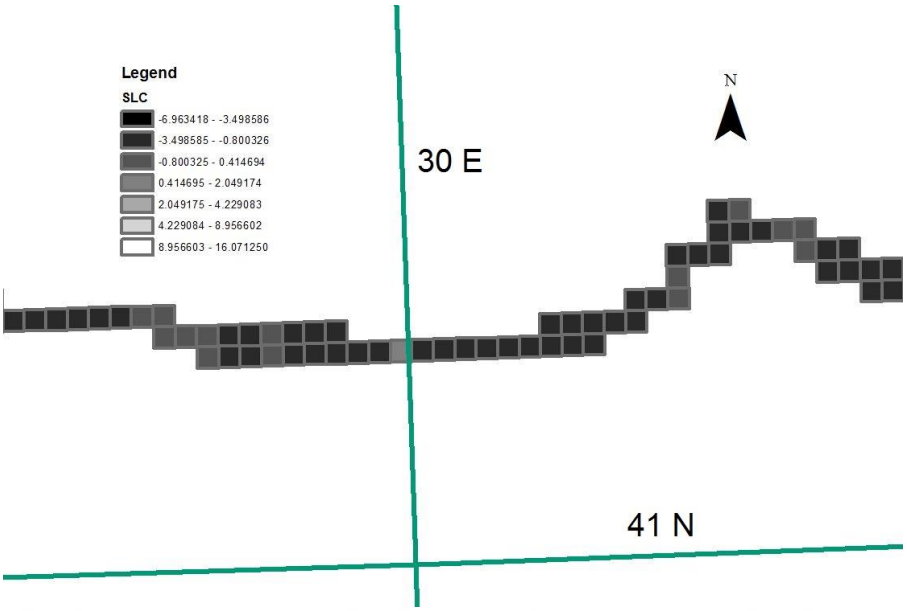
Şekil 5. 21 Kıyı çizgisi analizi 2. Bölüm için sonuçlar (m/yıl)



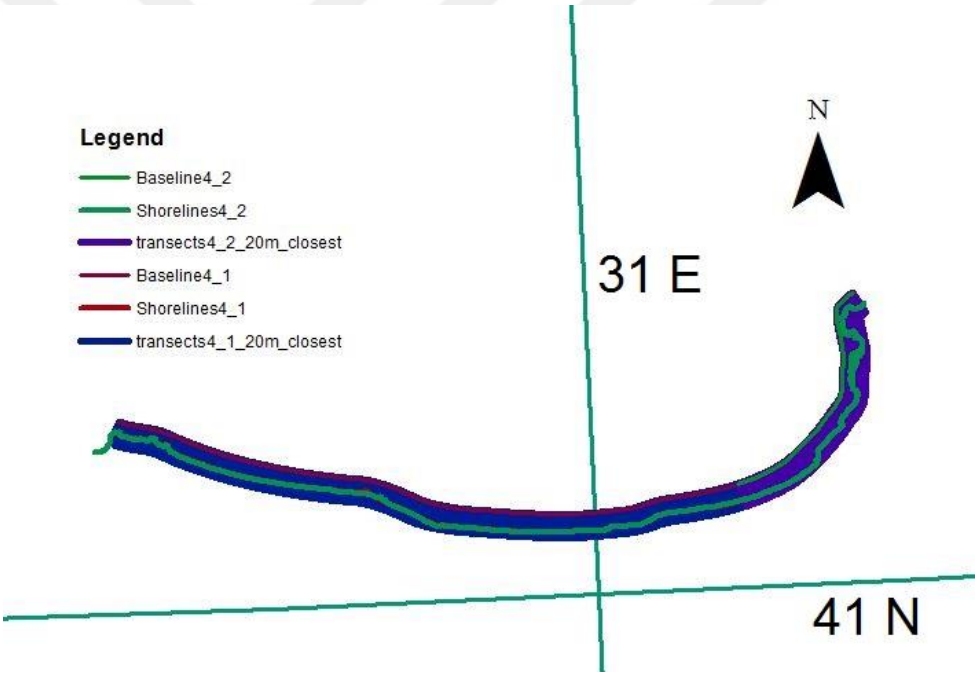
Şekil 5. 22 Kıyı çizgisi analizi 3. Bölüm için kıyı çizgileri ve ortogonaller

Çizelge 5. 6 Bölüm 3 için kullanılan uydu görüntüleri ile ilgili bilgiler

Alınma tarihi	**İsim**	**Yersel çözünürlük**	**Kıyı çizgisini belirleyen algoritma**
17/6/1975	LM21930311975168GMD07	60 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}$
29/4/2017	LC08_L1TP_179032_20170429_20170515_01	30 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}$



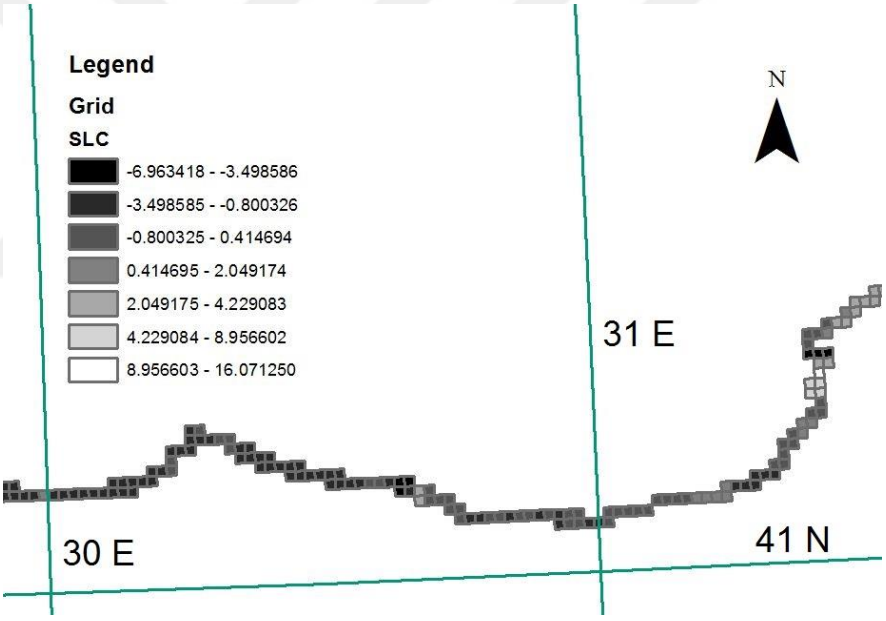
Şekil 5. 23 Kıyı çizgisi analizi 3. Bölüm için sonuçlar (m/yıl)



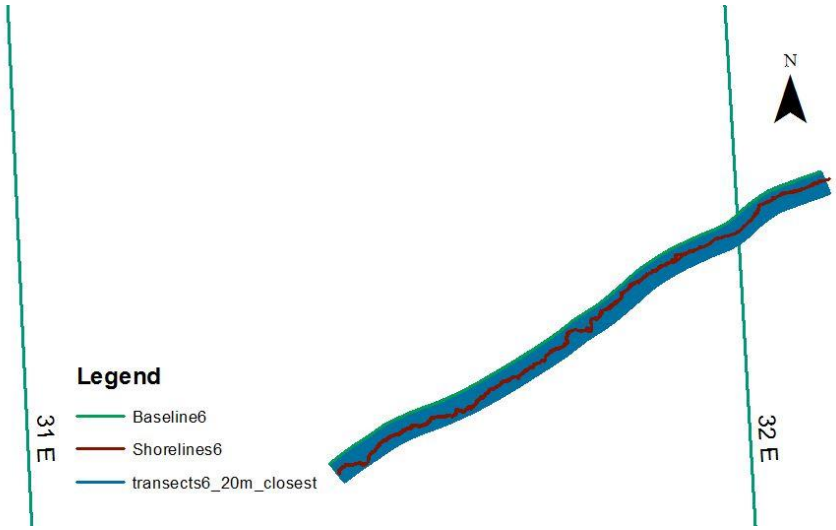
Şekil 5. 24 Kıyı çizgisi analizi 4 ve 5. Bölüm için kıyı çizgileri ve ortogonaller

Çizelge 5. 7 Bölüm 4 ve 5 için kullanılan uydu görüntüleri ile ilgili bilgiler

BÖLÜM 4			
Alınma tarihi	**İsim**	**Yersel çözünürlük**	**Kıyı çizgisini belirleyen algoritma**
30/5/1975	LM21930311975150AAA05	60 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}$=0.05
3/10/2016	LC81790312016100301T1	30 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}$=0.7
BÖLÜM 5			
Alınma tarihi	**İsim**	**Yersel çözünürlük**	**Kıyı çizgisini belirleyen algoritma**
16/6/1975	LM21920311975167GDS07	60 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}$=0.1
3/10/2016	LC81790312016100301T1	30 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}$=0.7



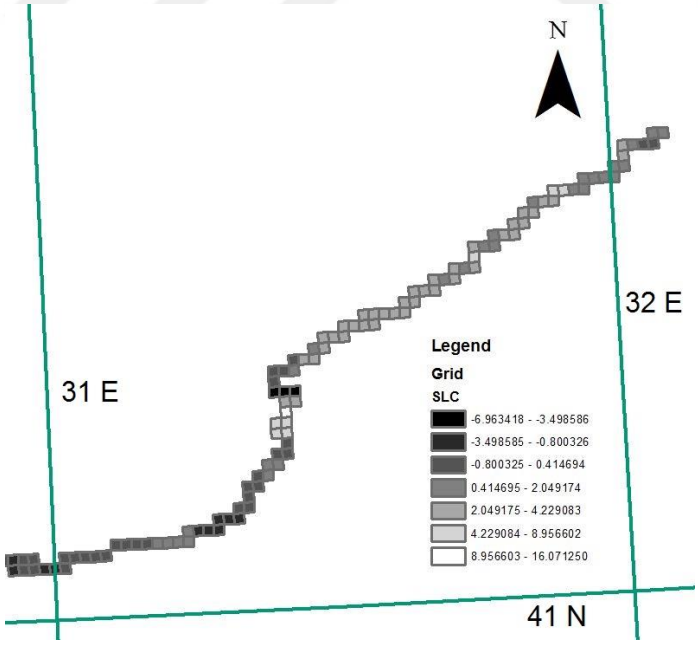
Şekil 5. 25 Kıyı çizgisi analizi 4 ve 5. Bölüm için sonuçlar (m/yıl)



Şekil 5. 26 Kıyı çizgisi analizi 6. Bölüm için kıyı çizgileri ve ortogonaller

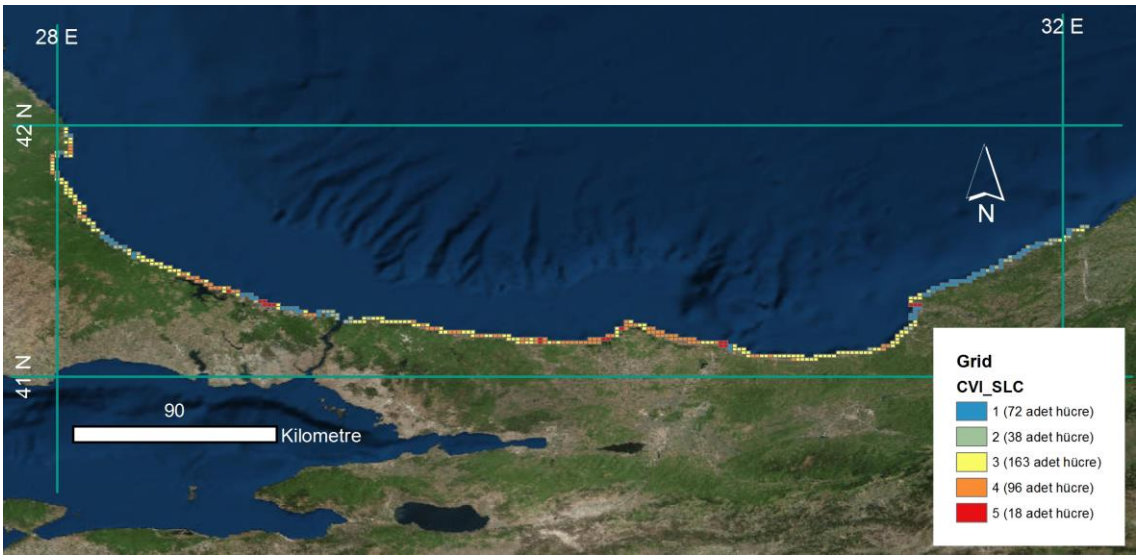
Çizelge 5. 8 Bölüm 6 için kullanılan uydu görüntüleri ile ilgili bilgiler

Alınma tarihi	**İsim**	**Yersel çözünürlük**	**Kıyı çizgisini belirleyen algoritma**
27/4/1984	LM51780311984118AAA03	60 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}$=0.25
10/9/2016	LC08_L1TP_178031_20160910_20170321_01_T1	30 m	$\frac{\text{Green-NIR}}{\text{Green+NIR}}$=0.7

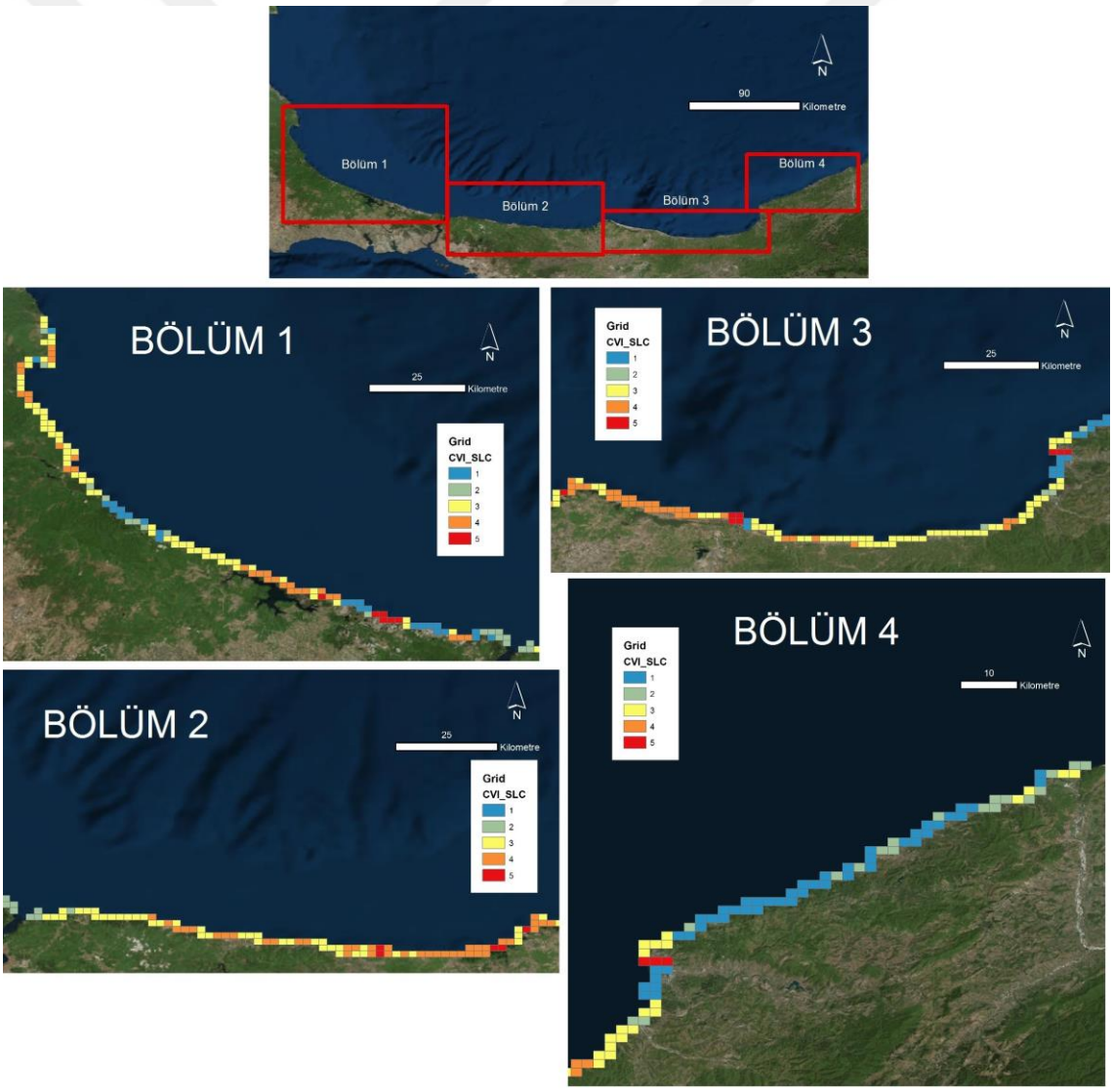


Şekil 5. 27 Kıyı çizgisi analizi 6. Bölüm için sonuçlar (m/yıl)

Çizelge 5.2'de yer alan aralıklar kullanılarak kıyı çizgisi değişimi açısıdan kırılganlık değerlerinin dağılımı elde edilmiştir (Şekil 5.28-5.29).



Şekil 5. 28 Kıyı çizgisindeki değişim açısından kırılganlığın dağılımı



Şekil 5. 29 Kıyı çizgisindeki değişim açısından kırılganlığın dağılımı - Bölümler

Kıyı çizgisi değişiminin çalışma alanı boyunca dağılımı (Şekil 5.28-5.29), 70'li yıllardan günümüze bölgede kıyı çizgisinin yığılma/denge/erozyon durumunda olduğu kısımları göstermektedir. Grafikteki değerler metre cinsinden yıllık değişimi ifade etmektedir. Negatif değerler erozyonu, bir diğer ifadeyle kıyı çizgisinin kara tarafına doğru gerilediğini; pozitif değerler yığılmayı, bir diğer ifadeyle kıyı çizgisinin deniz tarafına doğru ilerlediğini göstermektedir. -1 ile +1 m/yıl aralığı göreceli olarak bir denge durumunu ifade eder.

Sakarya Nehri, belirleyici bir konumdadır. Nehir ağzında 2 m/yıl' dan daha büyük erozyon belirlenmiştir. Nehrin batısında erozyon gözlenmektedir, ancak doğu kısmında göreceli bir denge durumu mevcuttur.

Ereğli'nin doğusunda uzanan kıyı çizgisi, ağırlıklı olarak yığılmaya maruzdur. Bu bölgede yaygın olarak falezler bulunmaktadır.

İğneada-Terkos bölgesinin genel itibariyle denge durumunda veya yığılma etkisinde olduğu görülmektedir. Ancak Terkos Gölü'nün kıyı kesimleri -1 ile -2 m/yıl arasında erozyona maruzdur. Devamındaki kıyı şeridi erozyon ve yığılma görülen bölgeler mevcuttur. Akpınar-Ağaçlı-Kırkpınar kıyılarında madencilik faaliyetleri sebebiyle kısa sürede büyük değişimlere uğrayan bir kıyı şeridi bulunmaktadır.

Riva ve Şile arasındaki sahil şeridi genel itibartiyle denge halindedir, ancak Ağva-Kefken arasındaki kesim erozyona maruzdur.

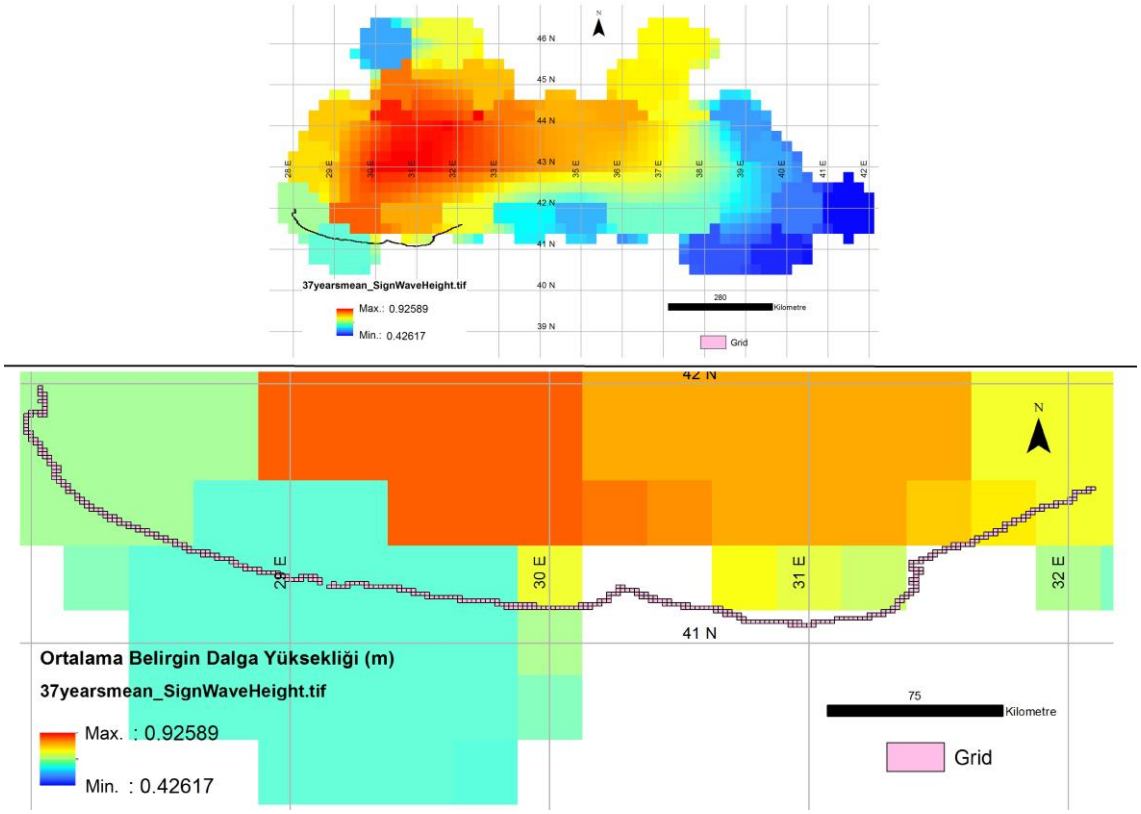
Burada unutulmaması gereken nokta burada verilen değerlendirmelerin bahsi geçen bölgelere genel bir bakışı ifade ettiğidir, ayrıntılı bilgi için Şekil 5.18-5.29 incelenmelidir.

5.6 Dalga Yüksekliği

Dalga yüksekliğiyle ilgili değişkenin belirlenmesinde European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) tarafından sunulan ERA-Interim veri seti (ECMWF [105]) kullanılmıştır. Veri setindeki dalga yüksekliği verileri WAM spektral dalga modeline dayanmaktadır. WAM modeli, doğrusal olmayan dalga-dalga etkileşimini de dikkate alarak dalga etki yoğunluğu denklemini çözebilen ilk modeldir. Günümüzde WAM modeli küresel ve bölgesel uygulamalarda deniz durumunun tahmin edilmesinde

kullanılmaktadır (Janssen [125]). Model hakkında daha ayrıntılı bilgi Bölüm 3'te verilmiştir.

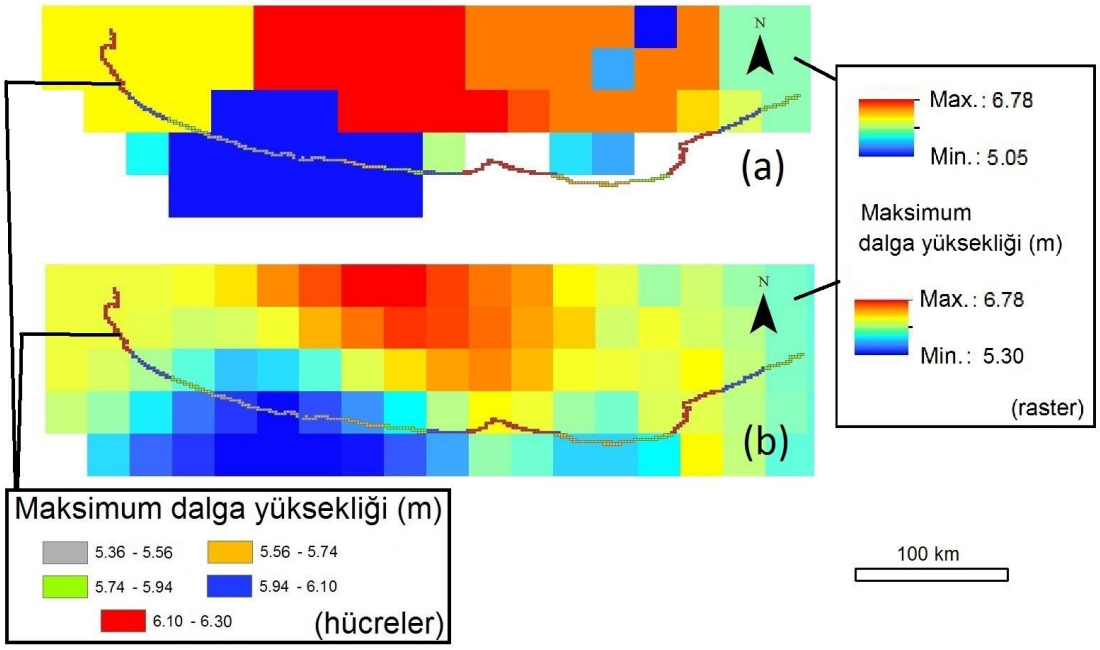
Kullanılan ERA-Interim atmosferik yeniden değerlendirme veri setinin uzamsal çözünürlüğü yaklaşık olarak 80 km'dir (ECMWF [105]). Veriler çalışma alanını kapsayacak şekilde, 01/01/1979-30/04/2017 tarih aralığı için, 6 saat aralıklı olarak, kurumun web sitesinden indirilmiştir. Bu tarih aralığında her bir hücre için ortalama değerler belirlenmiş ve CBS programı yardımıyla raster türünde bir dosya haline getirilmiştir. Karadeniz için ortalama belirgin dalga yükseklikleri Şekil 5.30'da sunulmaktadır.



Şekil 5. 30 ECMWF ERA-Interim [105] ortalama belirgin dalga yüksekliğinin çalışma alanındaki dağılımı

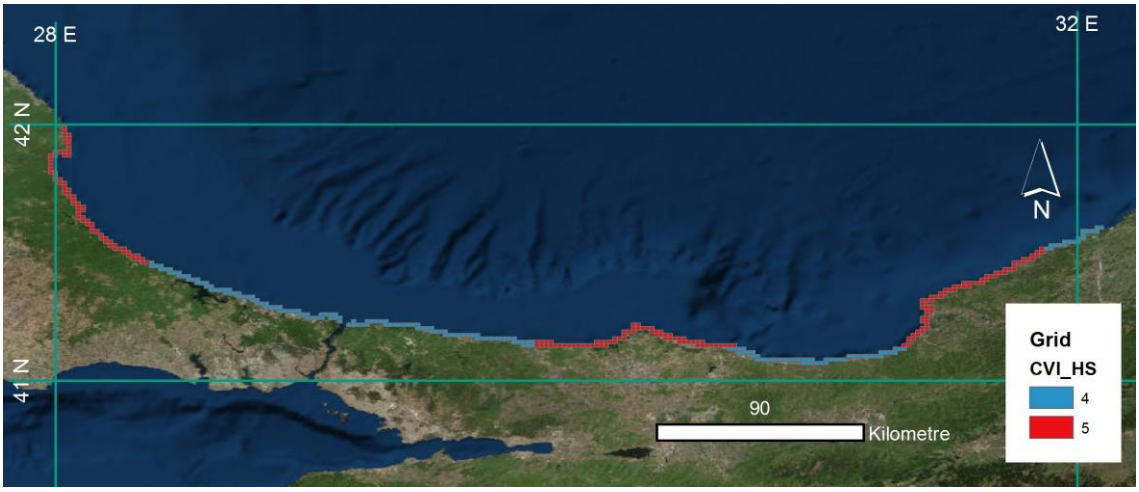
Şekil 5.30'da sunulan değerler, yaklaşık 38 sene uzunluğunda (01/01/1979-29/04/2017) ve 6 saat aralıklara sahip veri setinde her bir hücre için alınan ortalama değerleri göstermektedir. Ancak fırtına dalgaları, kıyılar üzerinde ortalama dalga yüksekliklerine kıyasla daha etkili olmaktadırlar. Bu sebeple çalışma alanındaki her bir hücre için maksimum belirgin dalga yüksekliği (H_{max}) değerleri belirlenmiştir.

Maksimum dalga yüksekliği değerlerinin, kıyı alanlarındaki fırtınalılığın ortalama dalga yüksekliğine göre daha iyi bir ölçütü olacağı düşünülmüş ve analizlerde bu değerler kullanılmıştır (Şekil 5.31).

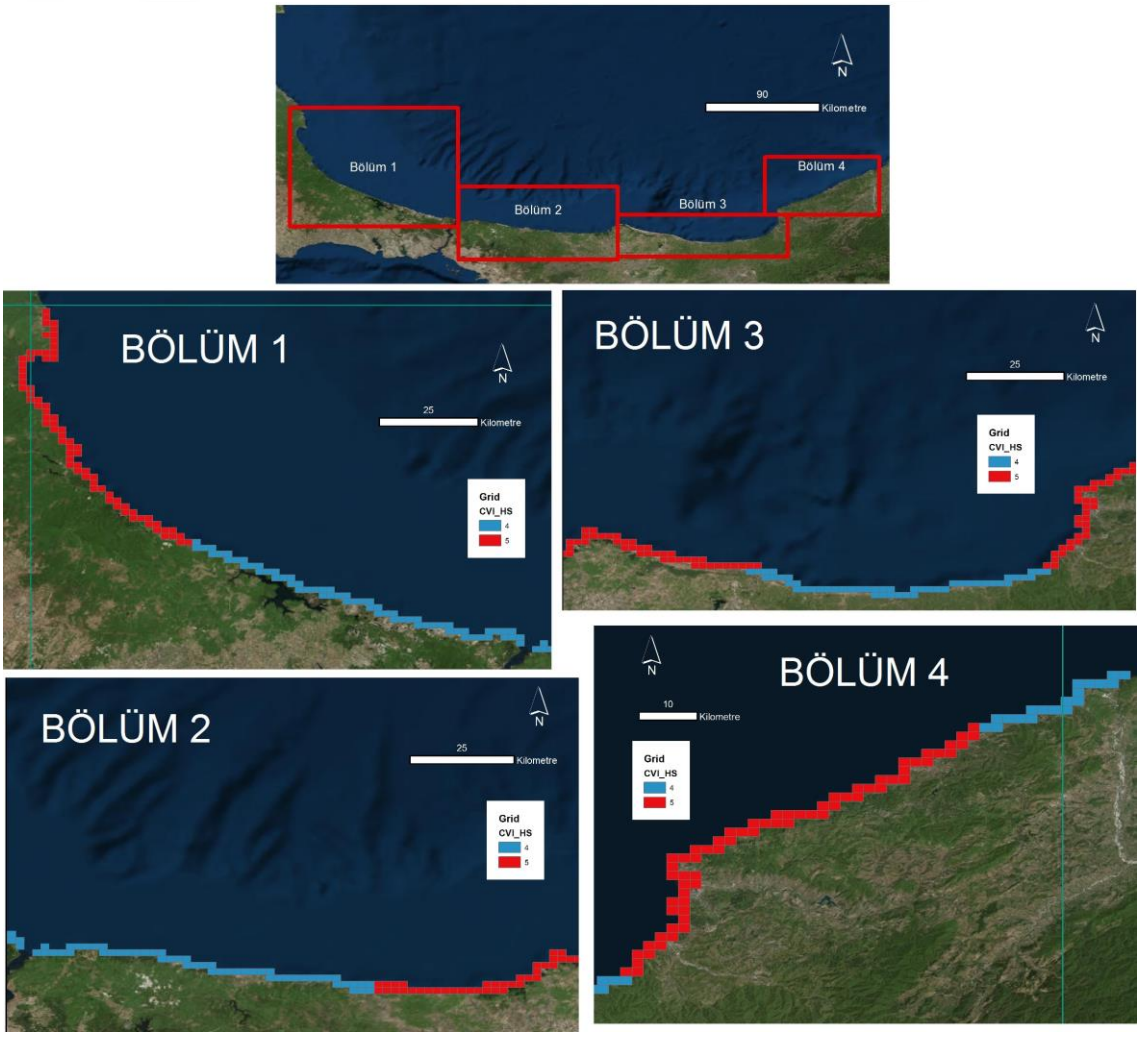


Şekil 5. 31 Çalışma alanında ECMWF ERA-Interim [105] maksimum dalga yüksekliğinin dağılımı; a)orjinal, b)enterpole edilmiş

Şekil 5.31-a'da çalışma alanında olmasına rağmen değere sahip olmayan hücreler görülmektedir. Boş olan bu hücreler doldurmak amacıyla, her hücreyi merkezinin 0.25° kadar yakınındaki komşu hücrelerin ortalaması kullanılarak dolduran bir algoritma (focal mean) kullanılmıştır. Elde edilen eksik hücreler doldurulmuş, maksimum belirgin dalga yüksekliği verilerinin (Şekil 5.31-b) CBS programlarında yer alan 'Zonal Statistics' aracı yardımıyla hücre sistemi elemanlarına işlenmiş, ardından bu yükseklikler gruplandırılarak kırılganlık değerleri belirlenmiştir (Şekil 5.32).



Şekil 5. 32 Çalışma alanında en yüksek belirgin dalga yüksekliği açısından kırılganlık sınıfları



Şekil 5. 33 Çalışma alanında en yüksek belirgin dalga yüksekliği açısından kırılganlık sınıfları - Bölümler

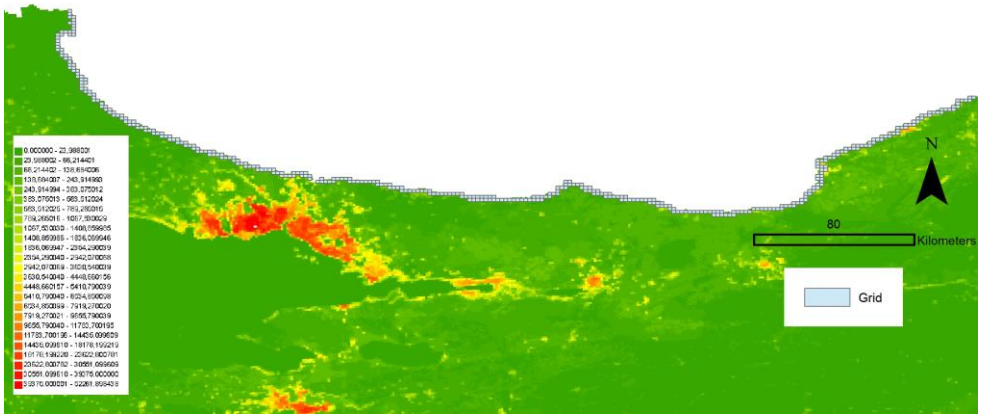
Dalga yüksekliklerinin 1979-2016 yılları arasındaki maksimum değerlerinin kullanılması, çalışma alanda dalga yüksekliği açısından iki sınıfın oluşmasına sebep olmuştur.

Belirlenen kırılganlık düzeyi aralıkları, 6 m'den küçük değerlerin Boğaz'ın iki yakası ve Düzce kıyılarında, 6 m'den büyük değerlerin ise İğneada, Kefken çevresi ve Ereğli-Zonguldak çevrelerinde meydana geldiğini göstermektedir. (Şekil 5.33).

5.7 Nüfus Yoğunluğu

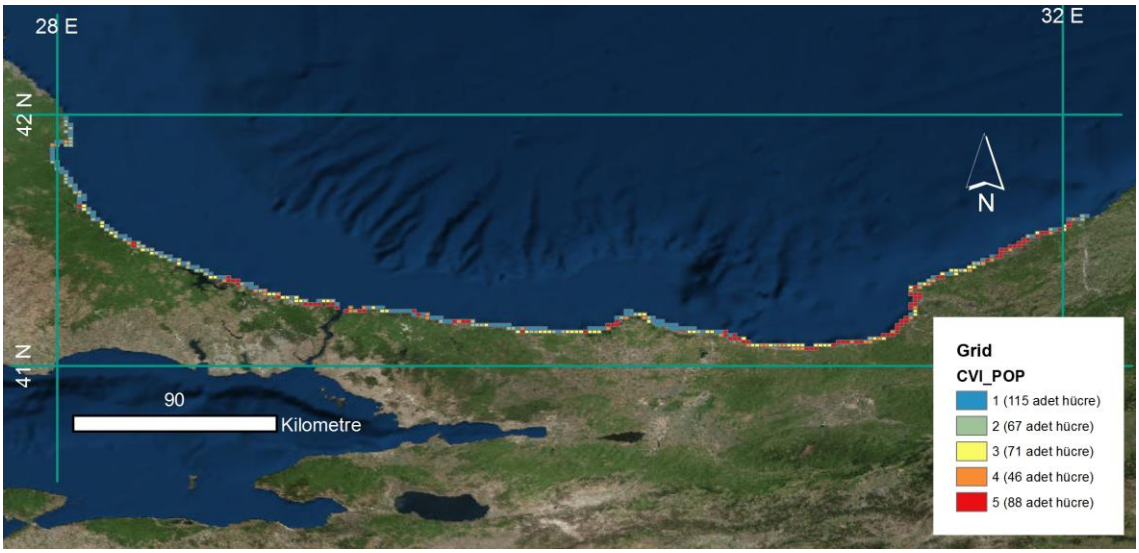
Ayrıntılı nüfus bilgileri Türkiye İstatistik Kurumu'nun il, ilçe düzeylerinde yaptığı çalışmalarda mevcuttur. Ancak bu tez kapsamında bir hücre (grid) sistemine sahip verilere ihtiyaç vardır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü bünyesinde, ulusal coğrafi veri servislerine erişim sağlamak amacı ile "Coğrafi Veri Servis Havuzu (CVSH)" oluşturmuştur. Bu servis yardımıyla çeşitli istatistiksel bilgiler, CBS ortamında çevirimiçi olarak incelenebilmektedir. Bunun için ilgili veri tabanının adresi CBS programında WMS verisi olarak eklenebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında kullanılacak nüfus yoğunluğu verileri Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2015 yılı verilerine dayanmaktadır (TÜİK ve ÇŞB [118]). Uzamsal çözünürlük 1*1 km'dir. Ancak verilerin sadece görüntülenmesine izin verilmekte, çevirimiçi olarak görüntülenebilen dosya üzerinde işlem yapılamamaktadır (Şekil 5.34).

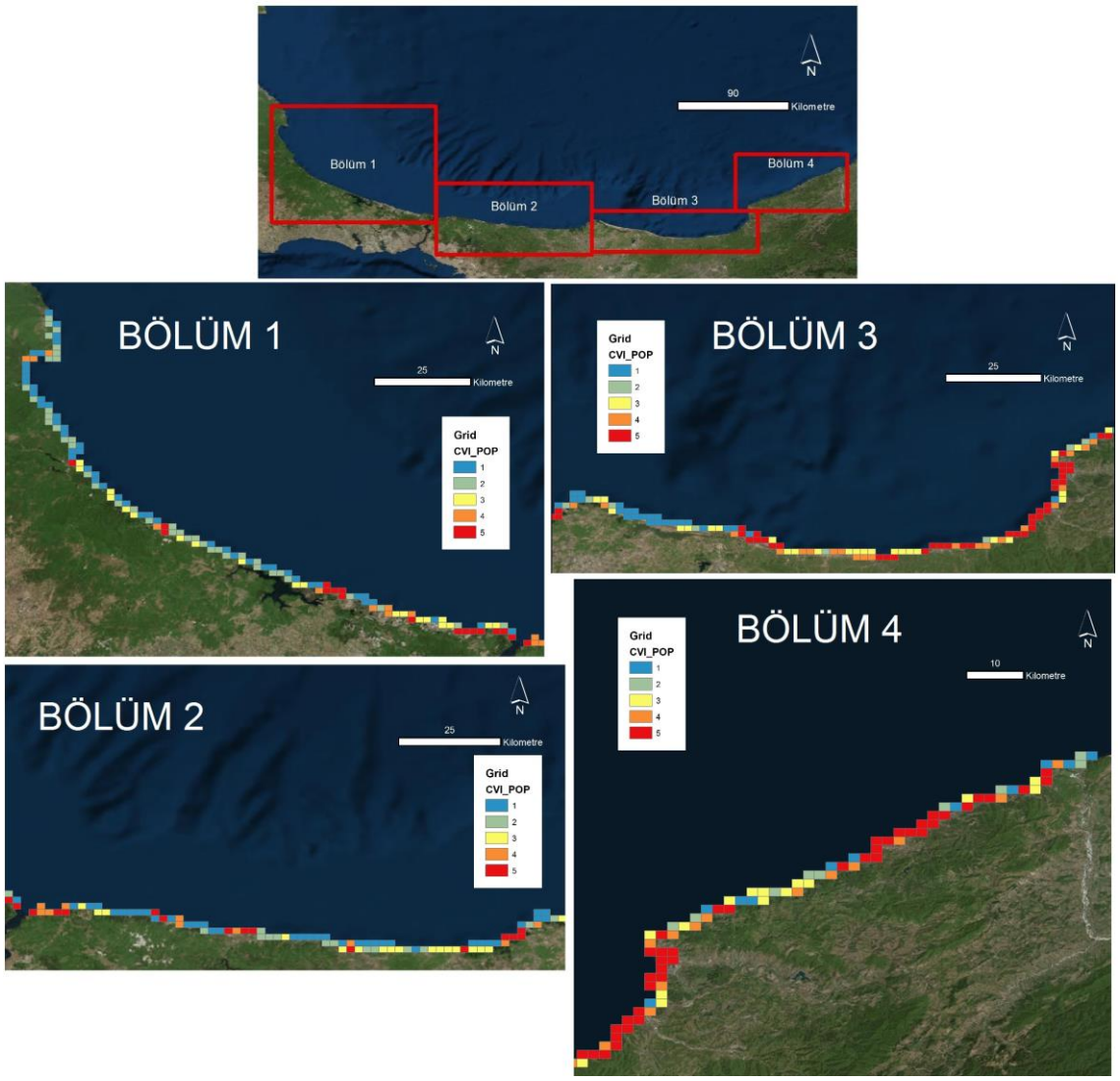


Şekil 5. 34 TÜİK 2015 nüfus yoğunluğu verileri (TÜİK ve ÇŞB [118])

Bu sebeple, görüntülenen nüfus yoğunluğu verileri çalışma kapsamında kullanılan hücre (grid) sistemine elle işlenmiştir (Şekil 5.35). Verilerin sınıflandırılması ve gruplandırmanın yapılmasının ardından elde edilen sonuçlar Şekil 5.35-5.36'da gösterilmiştir.



Şekil 5. 35 Nüfus yoğunluğu açısından kırılganlığın dağılımı



Şekil 5. 36 Nüfus yoğunluğu açısından kırılganlığın dağılımı - Bölümler

Nüfus yoğunluğu verilerinin ayrıntılı nüfus yoğunluğu haritaları yardımıyla hesaplanmış olması, analiz açısından avantaj sağlamaktadır. İstanbul'un Karadeniz kıyıları ve İğneada civarındaki kıyı şeridi, çalışma alanının doğu kısmında Zonguldak ve Ereğli gibi yoğun şehirleşmiş kısımlara nazaran daha az insan nüfusu barındırmaktadır. Bu durum Şekil 5.36'da da görülebilmektedir.

5.8 Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı değişkeni için Copernicus Land Monitoring Service (land.copernicus.eu) isimli siteden elde edilen Corine Land Cover 2012 veri tabanına ait veriler (Copernicus [117]) kullanılmıştır.

Corine Land Cover (CLC) envanteri ilk olarak 1985'te (1990 verisi için referans yılı) başlatılmıştır. Güncellemeler 2000, 2006 ve 2012 yıllarında geliştirilmiştir. 44 sınıflık bir arazi kullanımı envanterini içermektedir. CLC areal phenomena için 25 hektarlık bir minimum haritalama birimi ve linear phenomena için 100 m'lik bir minimum genişlik kullanmaktadır. Zaman serileri değişim tabakalarıyla tamamlanmış, bu tabakalar 5 hektar haritalama birimine sahip arazi kullanımındaki değişimleri ortaya koymaktadır. Farklı haritalama birimleri, değişim tabakasının status tabakasından daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğu anlamına gelmektedir. MMU'lardaki farklılıktan dolayı iki status tabakasındaki değişim, ilgili CLC-Değişimleri tabakasındakine eşit olmayacaktır (Copernicus [126]).

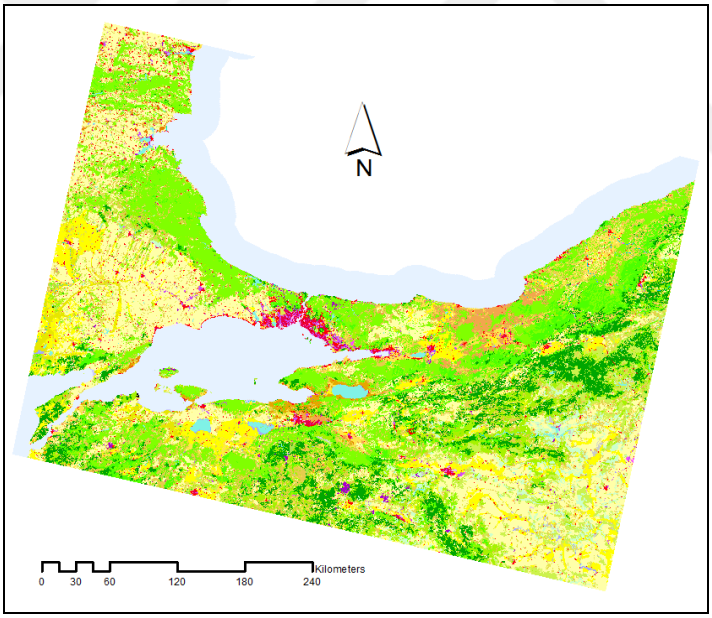
Eionet Ağı Ulusal Land Cover Referans Merkezi (NRC/LC) ulusal CLC veri tabanlarını üretmektedir, bu veritabanları EEA tarafından koordine edilip entegre edilmektedir. CLC birçok ülke için yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin görsel yorumlanması yoluyla üretilmektedir. Bazı ülkelerde ulusal saha verileri, uydu görüntüsü işleme, CBS entegrasyonu ve genelleştirilmesi kullanılarak yarı-otomatik çözümler uygulanmaktadır. CLC'nin 2012 versiyonu, CLC zaman serilerini Copernicus programına yerleştiren ilk versiyondur ve böylece gelecek için sürdürülebilir bir finansmanı garanti altına almaktadır (Copernicus [126]).

CLC geniş bir yelpazede uygulamalara sahiptir; çevre, tarım, ulaşım ve uzamsal planlama gibi sosyal politika alanlarını desteklemektedir (Copernicus [126]). Veri

tabanına ait özellikler Çizelge 5.9'da ve veri tabanının çalışma alanındaki kısmından bir kesit Şekil 5.37'de verilmektedir.

Çizelge 5. 9 Corine Land Cover (CLC 2012) veri tabanının özellikleri (Copernicus [126])

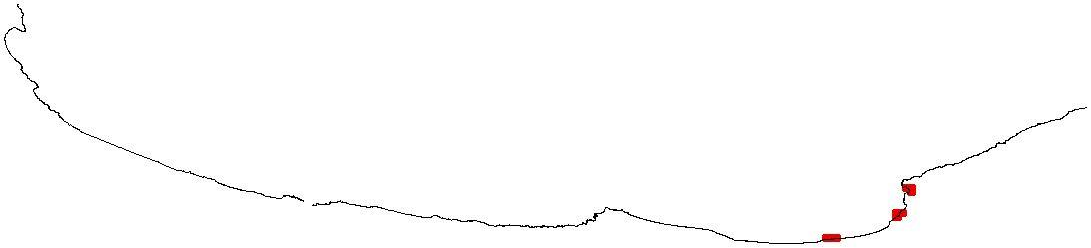
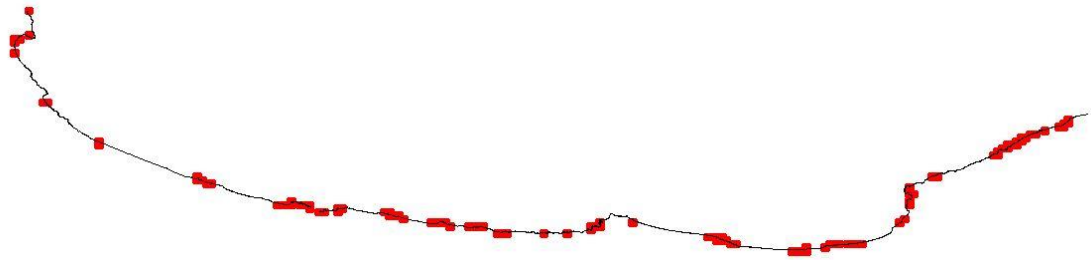
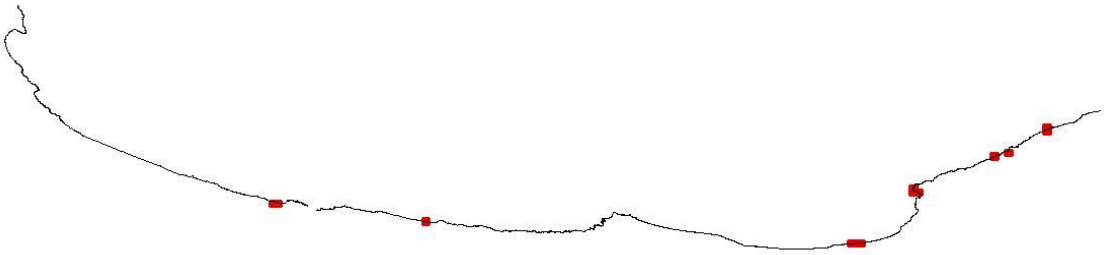
Uydu verisi	IRS P6 LISS III ve RapidEye dual date
Zaman tutarlılığı	2011-2012
Geometrik hassasiyet, uydu	≤ 25 m
Min. Harita birimi/genişlik	25 ha/ 100 m
Geometrik doğruluk	100 m'den az
Tematik hassasiyet	≥ 85%
Değişim haritalaması	5 ha'dan büyük bütün değişimler haritalanmıştır
Tematik hassasiyet	≥ 85%
Üretim zamanı	2 yıl
Dökümantasyon	standart metadata
Veriye erişim	bütün kullanıcılar için ücretsiz
İçerdiği ülke sayısı	39



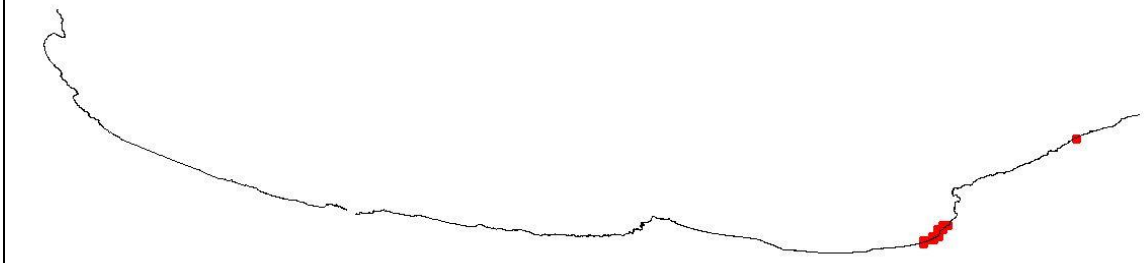
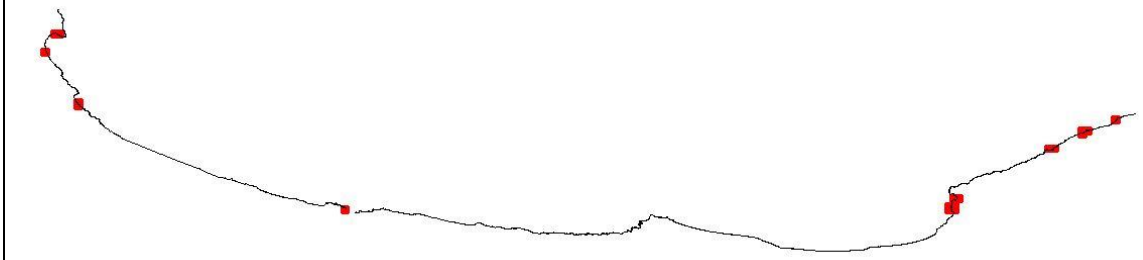
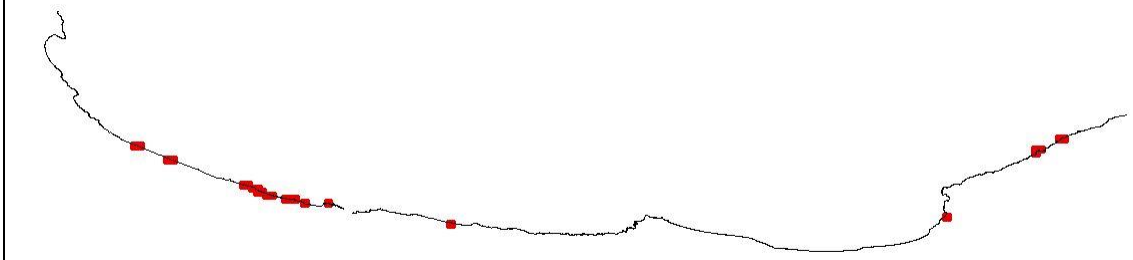
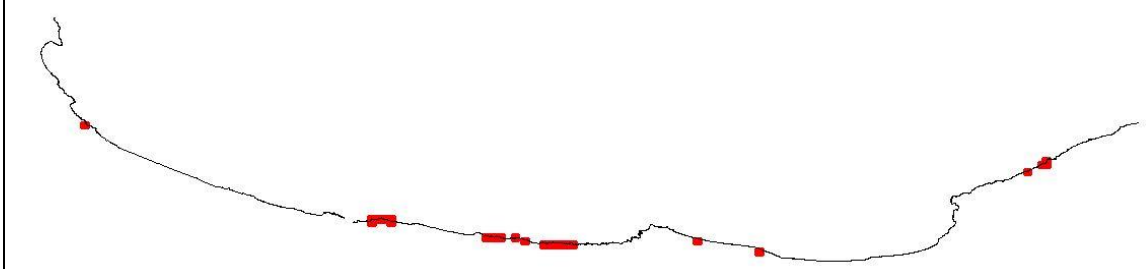
Şekil 5. 37 Corine 2012 veri tabanında [117] çalışma alanı

Corine 2012 veri tabanında, kullanılan hücre sistemine ait alanlardaki veriler, ilgili hücrelere işlenmiştir. Çalışma alanında kıyı çizgisi boyunca mevcut bulunan arazi kullanımı sınıfları Çizelge 5.10'da listelenmiştir. 28 adet arazi kullanımı sınıfının çalışma alanı boyunca uzamsal dağılımı Çizelge 5.10'da sunulmuştur.

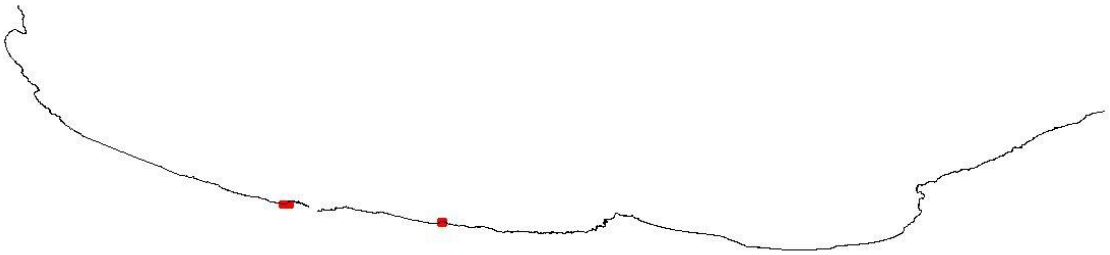
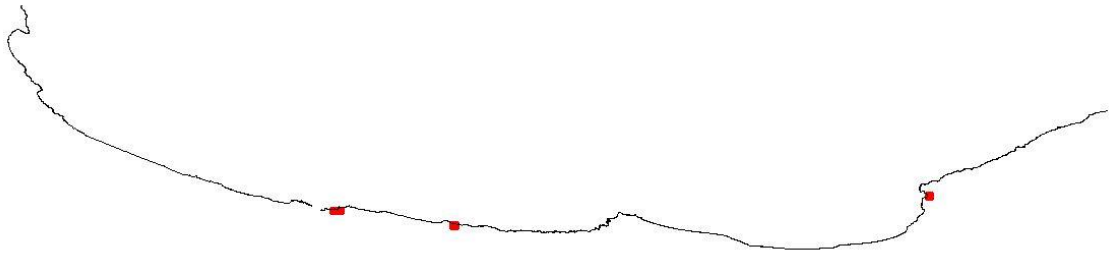
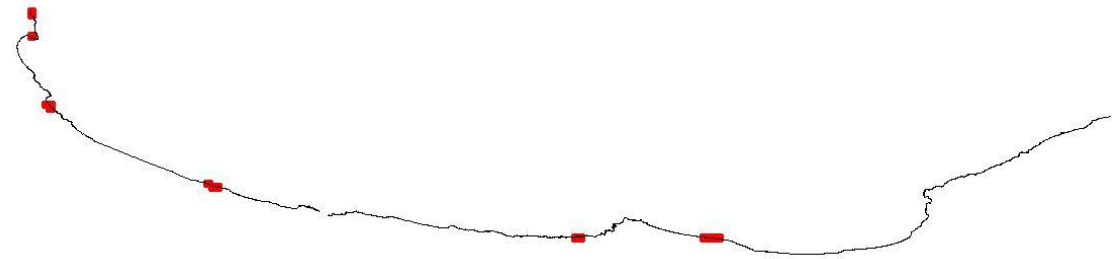
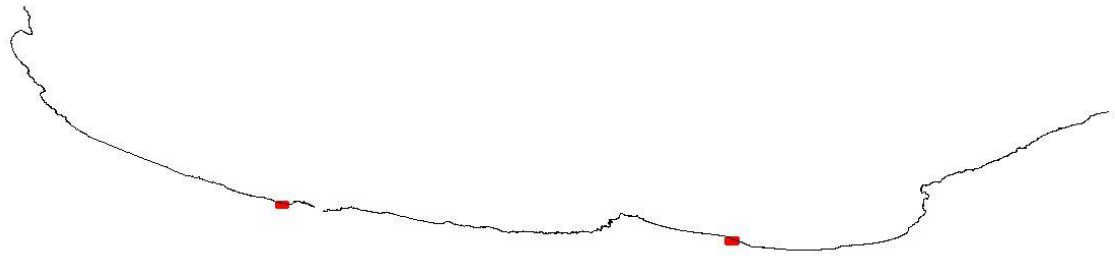
Çizelge 5. 10 Çalışma alanında mevcut Corine Land Cover 2012 [117] sınıfları

CLC kodu	Sınıf (Türkçe)	Etiket 1 (İngilizce)	Etiket 2 (İngilizce)	Etiket 3 (İngilizce)
111	Devamlı şehirleşme	Artificial surfaces	Urban fabric	Continuous urban fabric
				
112	Parçalı şehirleşme	Artificial surfaces	Urban fabric	Discontinuous urban fabric
				
121	Endüstriyel ve ticari birimler	Artificial surfaces	Industrial, commercial and transport units	Industrial or commercial units
				

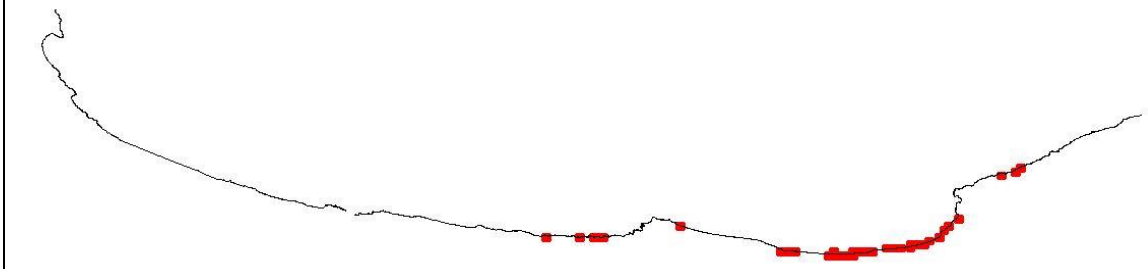
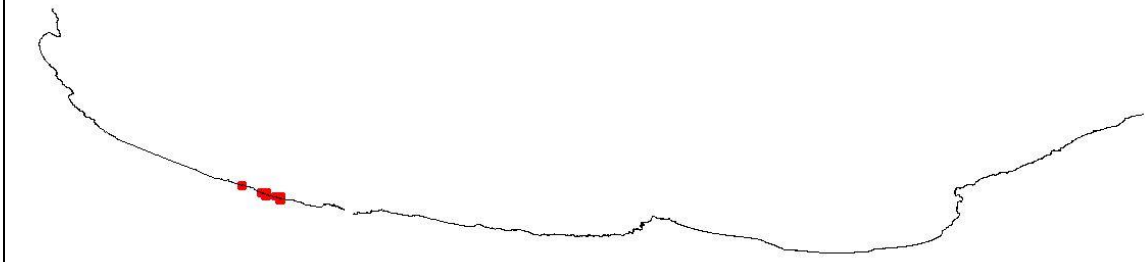
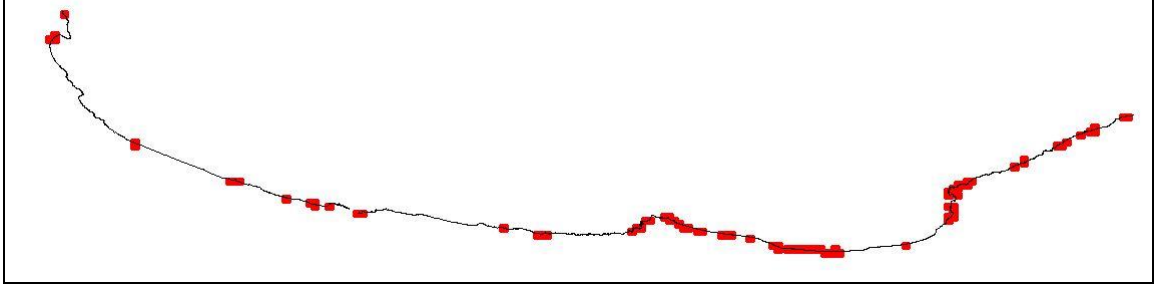
Çizelge 5. 10 Çalışma alanında mevcut Corine Land Cover 2012 [117] sınıfları (devamı)

122	Yol ve bağlantılı kara alanı	Artificial surfaces	Industrial, commercial and transport units	Road and rail networks and associated land
				
123	Limanlar	Artificial surfaces	Industrial, commercial and transport units	Port areas
				
131	Madencilik sahaları	Artificial surfaces	Mine, dump and construction sites	Mineral extraction sites
				
133	İnşaat sahaları	Artificial surfaces	Mine, dump and construction sites	Construction sites
				

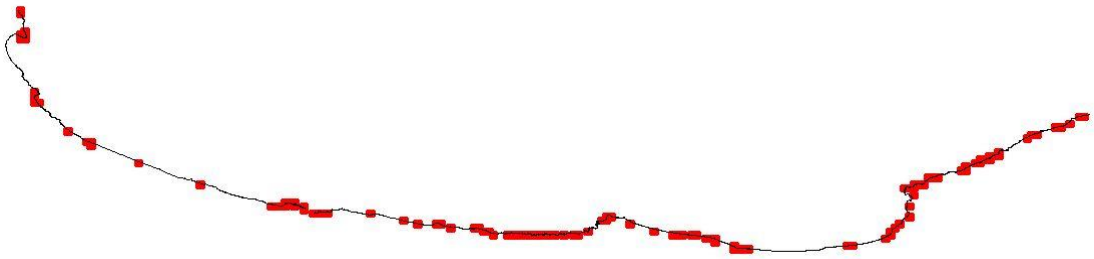
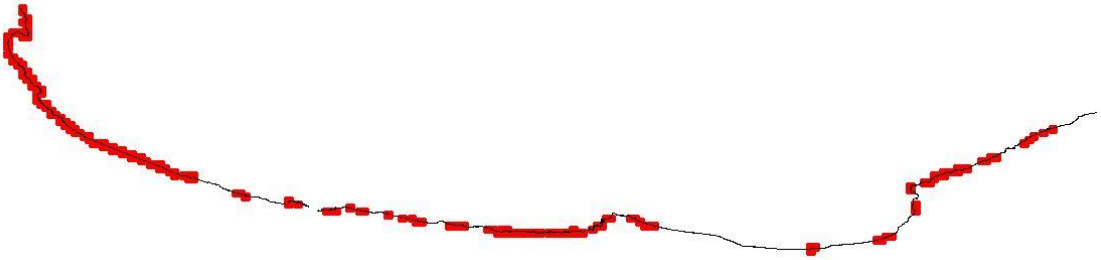
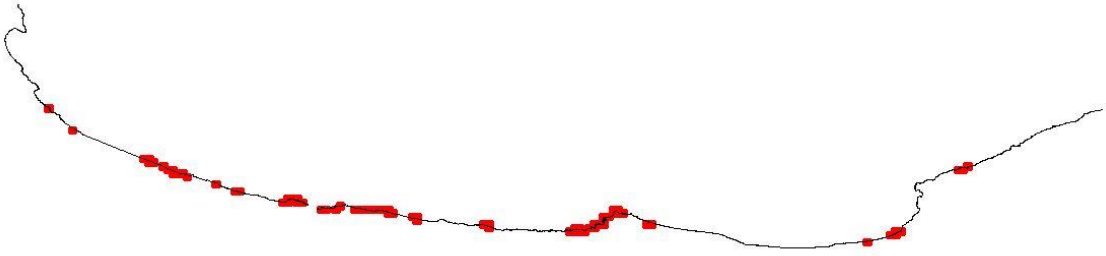
Çizelge 5. 10 Çalışma alanında mevcut Corine Land Cover 2012 [117] sınıfları (devamı)

141	Yeşil şehir bölgeleri	Artificial surfaces	Artificial, non-agricultural vegetated areas	Green urban areas
				
142	Sportif ve kültürel tesisler	Artificial surfaces	Artificial, non-agricultural vegetated areas	Sport and leisure facilities
				
211	Sulanmamış tarıma elverişli alan	Agricultural areas	Arable land	Non-irrigated arable land
				
212	Kalıcı olarak sulanmış alan	Agricultural areas	Arable land	Permanently irrigated land
				

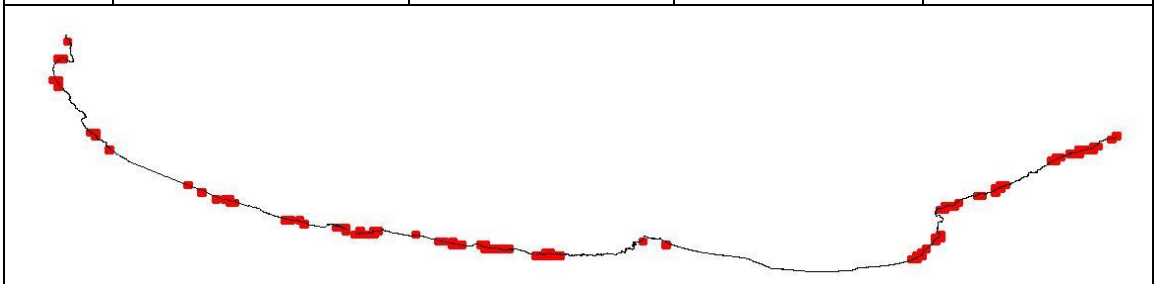
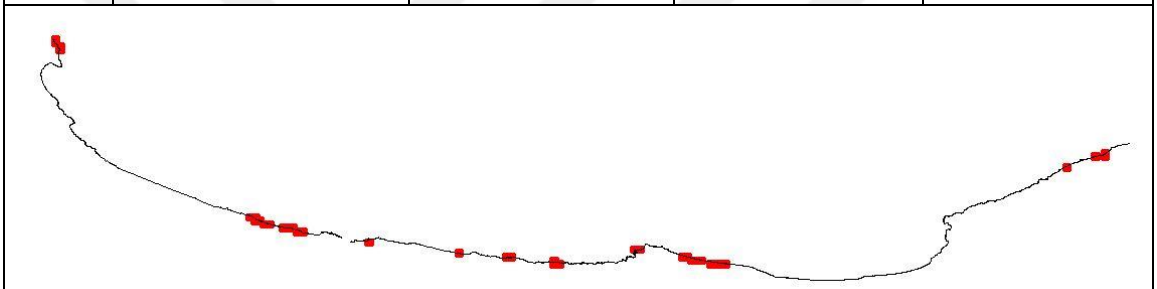
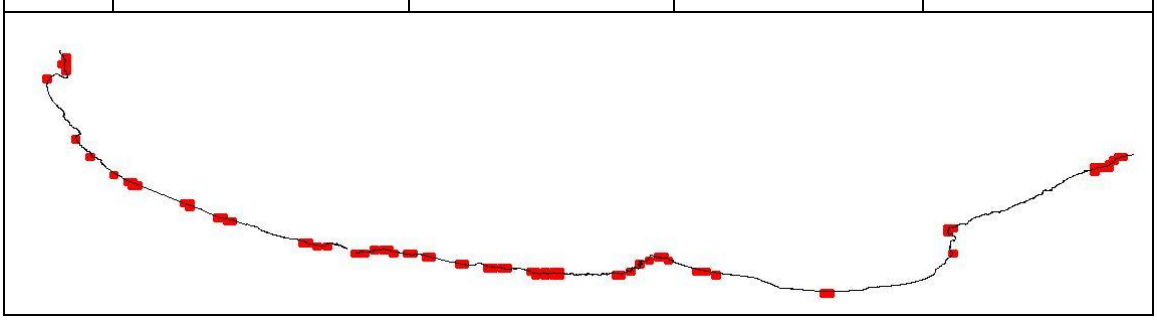
Çizelge 5. 10 Çalışma alanında mevcut Corine Land Cover 2012 [117] sınıfları (devamı)

222	Meyve bahçeleri	Agricultural areas	Permanent crops	Fruit trees and berry plantations
				
231	Çayır	Agricultural areas	Pastures	Pastures
				
242	Karmaşık tarım izleri	Agricultural areas	Heterogeneous agricultural areas	Complex cultivation patterns
				

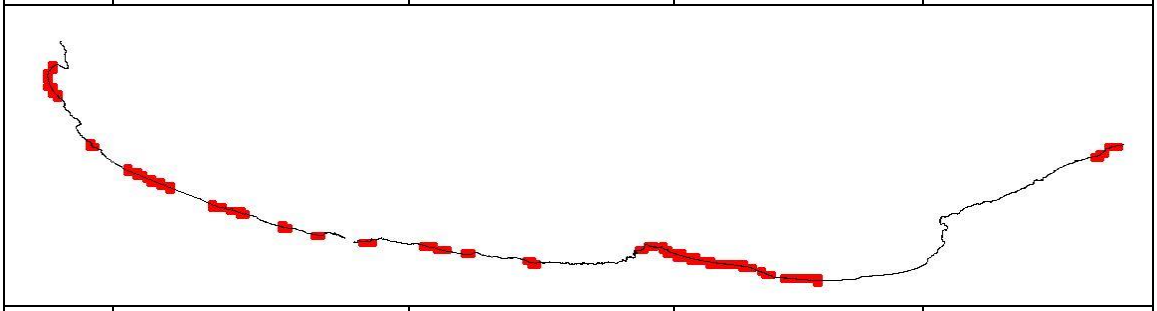
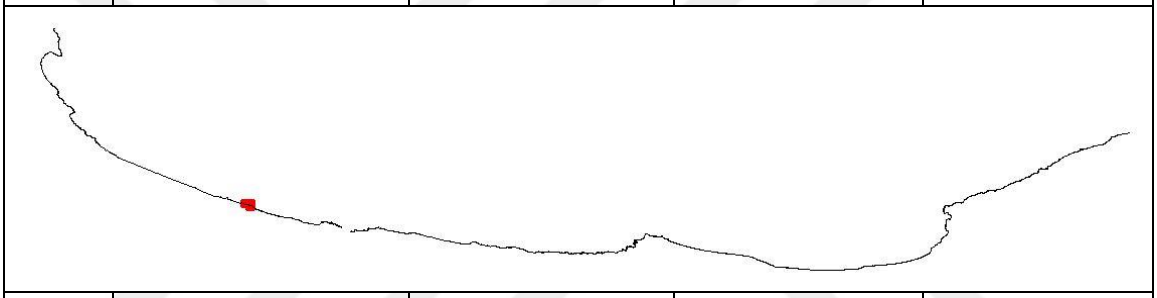
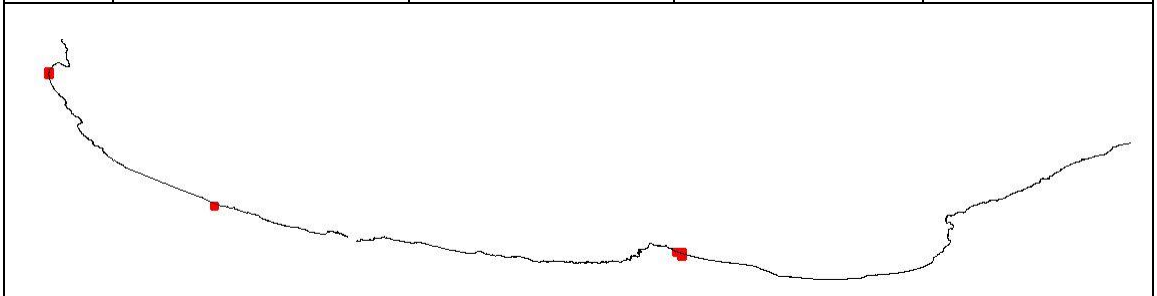
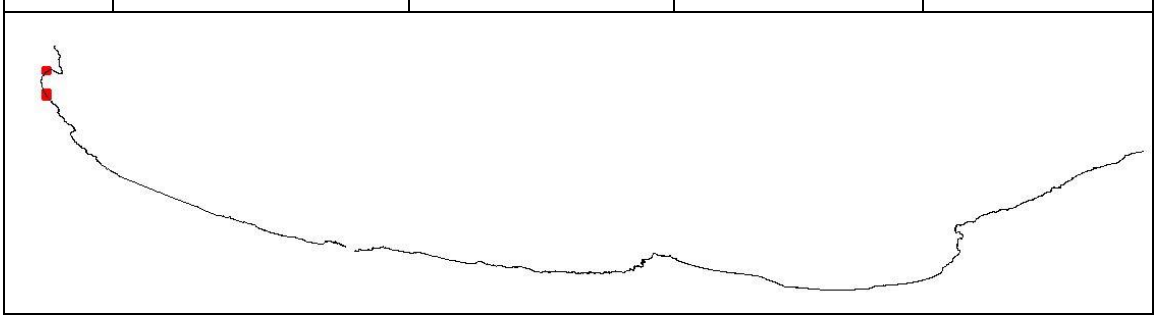
Çizelge 5. 10 Çalışma alanında mevcut Corine Land Cover 2012 [117] sınıfları (devamı)

243	Tarım alanı ve doğal bitkisel alan	Agricultural areas	Heterogeneous agricultural areas	Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation
				
311	Geniş yapraklı orman	Forest and semi natural areas	Forests	Broad-leaved forest
				
312	İğne yapraklı orman	Forest and semi natural areas	Forests	Coniferous forest
				

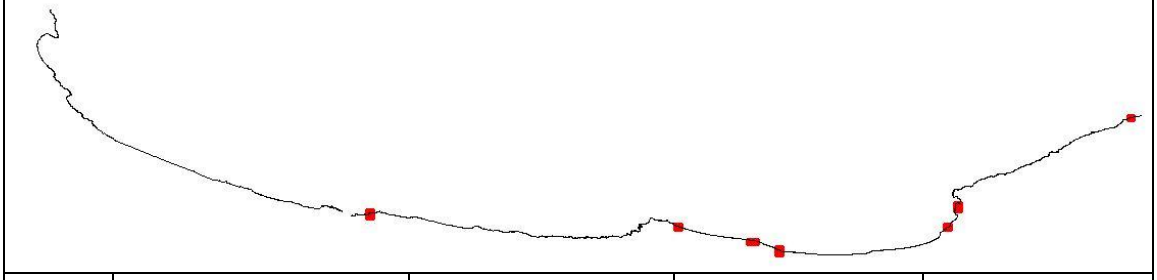
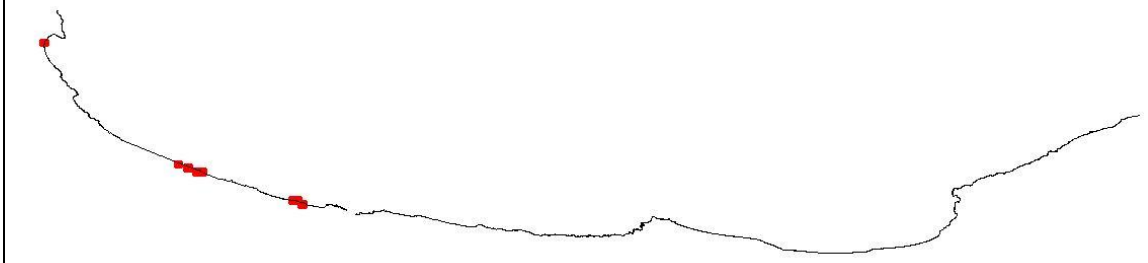
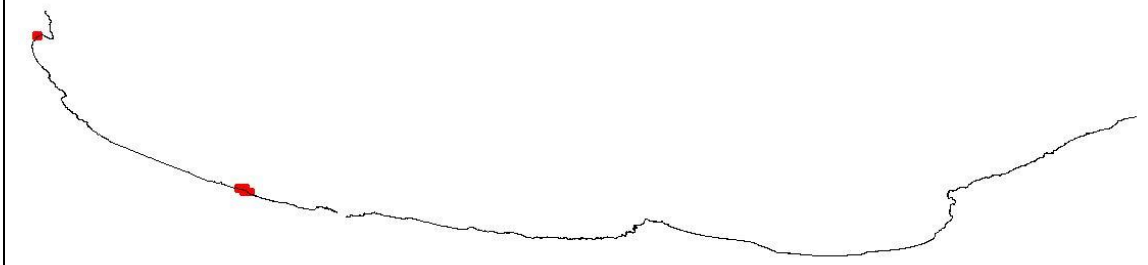
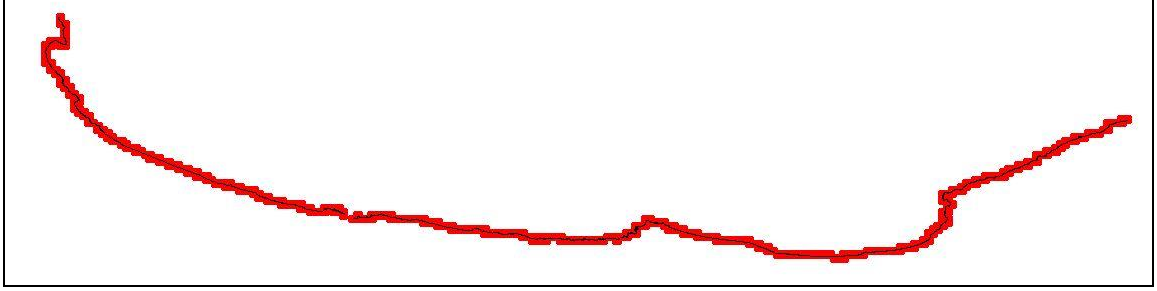
Çizelge 5. 10 Çalışma alanında mevcut Corine Land Cover 2012 [117] sınıfları (devamı)

313	Karışık orman	Forest and semi natural areas	Forests	Mixed forest
				
321	Doğal çimenlik	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Natural grasslands
				
324	Ağaçlık-çalılık geçişleri	Forest and semi natural areas	Scrub and/or herbaceous vegetation associations	Transitional woodland-shrub
				

Çizelge 5. 10 Çalışma alanında mevcut Corine Land Cover 2012 [117] sınıfları (devamı)

331	Plajlar, kumullar, kum	Forest and semi natural areas	Open spaces with little or no vegetation	Beaches, dunes, sands
				
333	Seyrek bitkisel alanlar	Forest and semi natural areas	Open spaces with little or no vegetation	Sparsely vegetated areas
				
411	Bataklıklar	Wetlands	Inland wetlands	Inland marshes
				
421	Tuz bataklıkları	Wetlands	Maritime wetlands	Salt marshes
				

Çizelge 5. 10 Çalışma alanında mevcut Corine Land Cover 2012 [117] sınıfları (devamı)

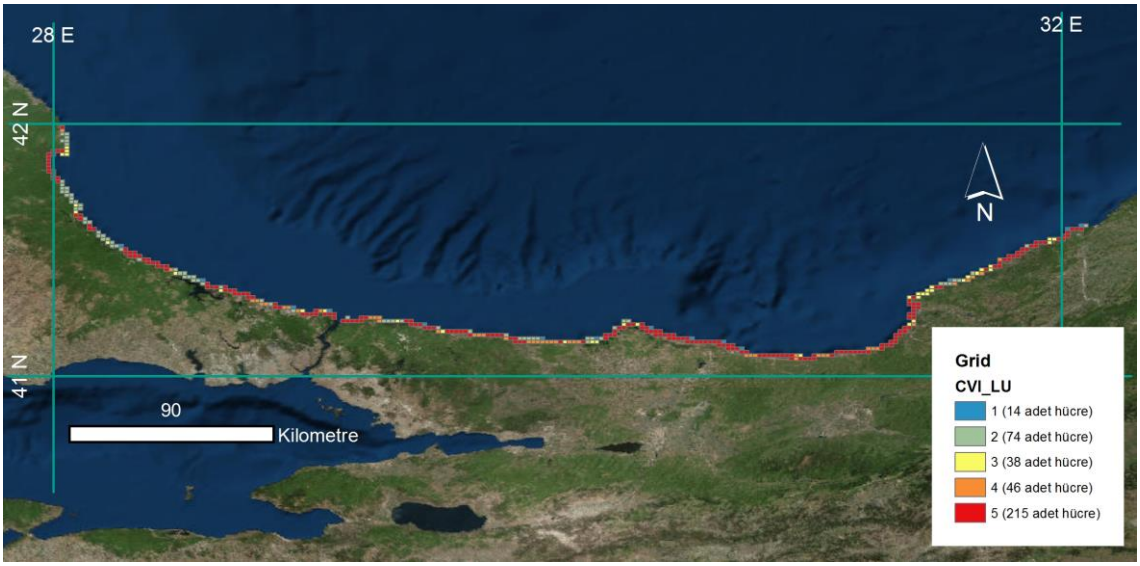
511	Su yatakları	Water bodies	Inland waters	Water courses
				
512	Su kütleleri	Water bodies	Inland waters	Water bodies
				
521	Lagünler	Water bodies	Marine waters	Coastal lagoons
				
523	Deniz	Water bodies	Marine waters	Sea and ocean
				

Elde edilen Corine arazi kullanımı sınıflarının kırılganlık düzeyleri; şehirleşme ve korunması gereken alanlar için 5, tarım alanları için 4, heterojen tarımsal ve bitkisel alanlar için, bitkisel alanlar için 2 ve su kütleleri için 1 olarak seçilmiştir (Çizelge 5.11).

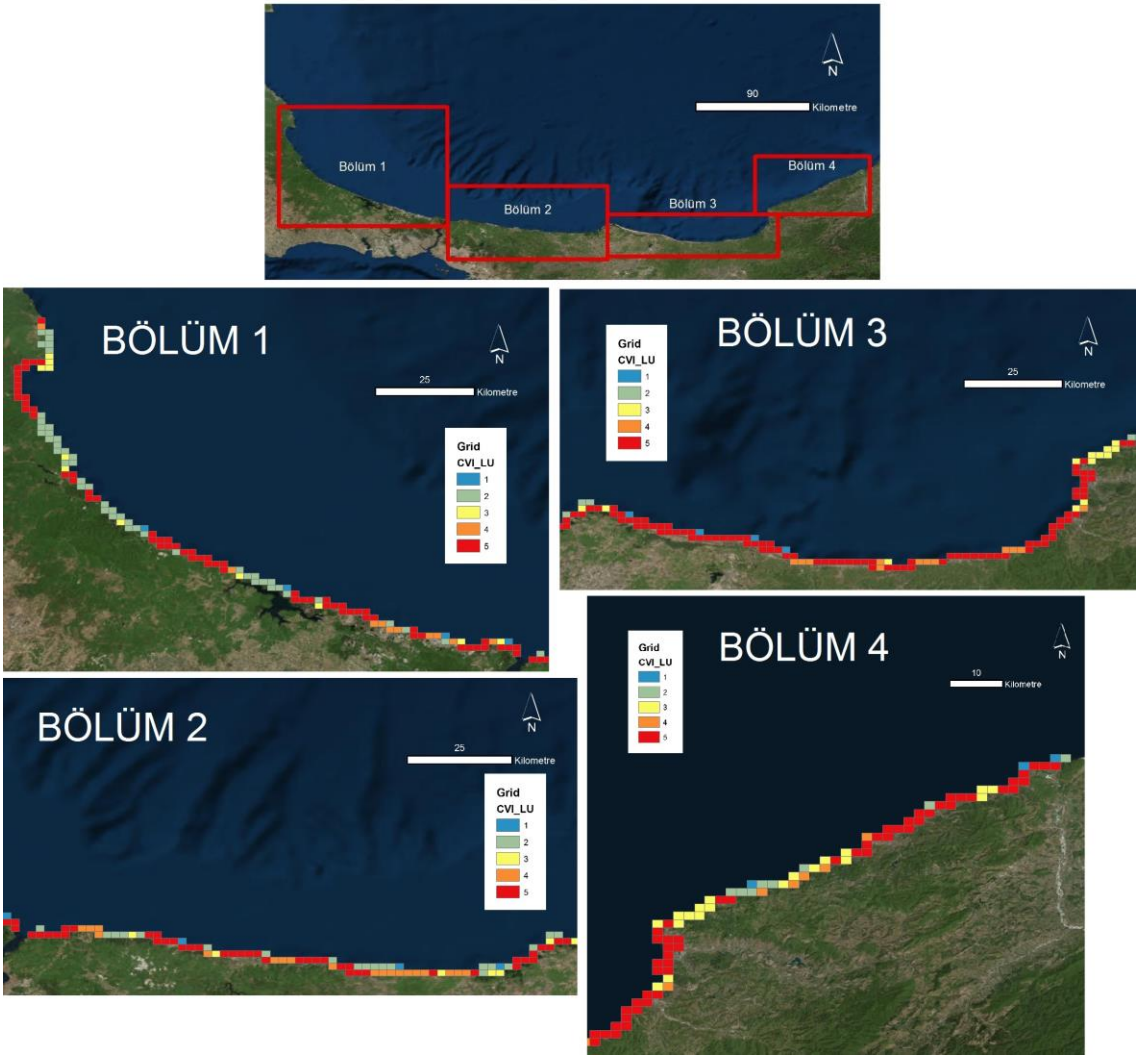
Çizelge 5. 11 Arazi kullanımı sınıfları ve kırılganlık düzeyleri

Kırılganlık düzeyi	**Sınıf**	**Sınıf CLC2012 Kodu**
1	Su kütleleri Su yatakları	511; 512
2	Bitkisel alan Orman	231; 311; 312; 313; 321; 324; 333
3	Yeşil şehir alanları Bataklık	141; 411
4	Tarım Tarım ve doğal bitkisel alan Karmaşık tarım izleri Meyve bahçeleri Madencilik ve inşaat faaliyetleri	131; 133; 211; 212; 222; 242; 243
5	Şehirleşme Sportif ve kültürel tesisler Endüstri, ticaret ve ulaşım birimleri Plaj, kumul Tuz bataklığı Lagün	111; 112; 121; 122; 123; 142; 331; 421; 521

Hücre sisteminde kullanılan elemanların kapsadıkları alanlarda kimi hücrelerde tek bir sınıf, kimi hücrelerde ise birden çok sınıf bulunabilmektedir. Arazi kullanımı değişkeni açısından hücrelerin kırılganlığı seviyelendirilirken, hücre içerisindeki en yüksek seviyeli sınıf, o hücre için referans alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.38-5.39'da sunulmaktadır.



Şekil 5. 38 Arazi kullanımı açısından kırılganlığın dağılımı



Şekil 5. 39 Arazi kullanımı açısından kırılganlığın dağılımı - Bölümler

Çalışma alanında en kırılgan sınıfa ait olan plaj ve şehirleşme durumu oldukça yaygındır. Ormanlık alanlar İğneada Longoz Ormanları civarında ve Terkos Gölü kıyılarında görülmektedir. Tarımsal alanlar Ereğli'nin doğusuna doğru devam eden bölgede yaygındır.

5.9 Kıyısal Kırılganlık Analizi

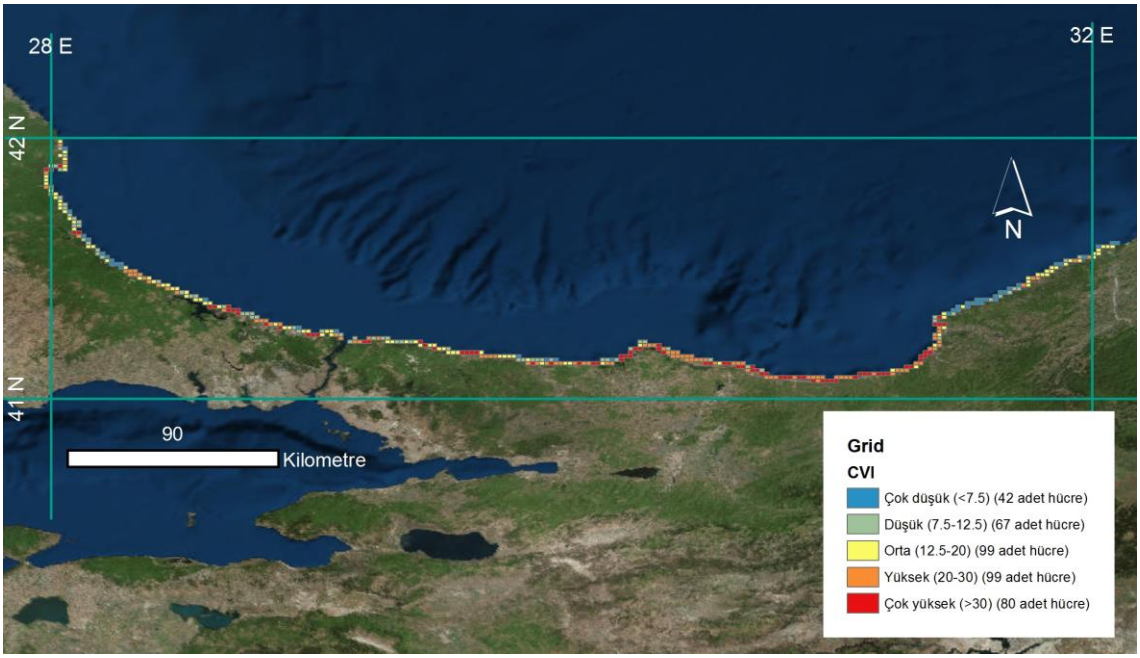
Elde edilen değişkenler bir kıyısal kırılganlık indeksinin (CVI) belirlenmesinde kullanılmıştır (Denklem 5.3).

$$CVI=\sqrt{(a*b*c*d*e*f)/6} \quad (5.3)$$

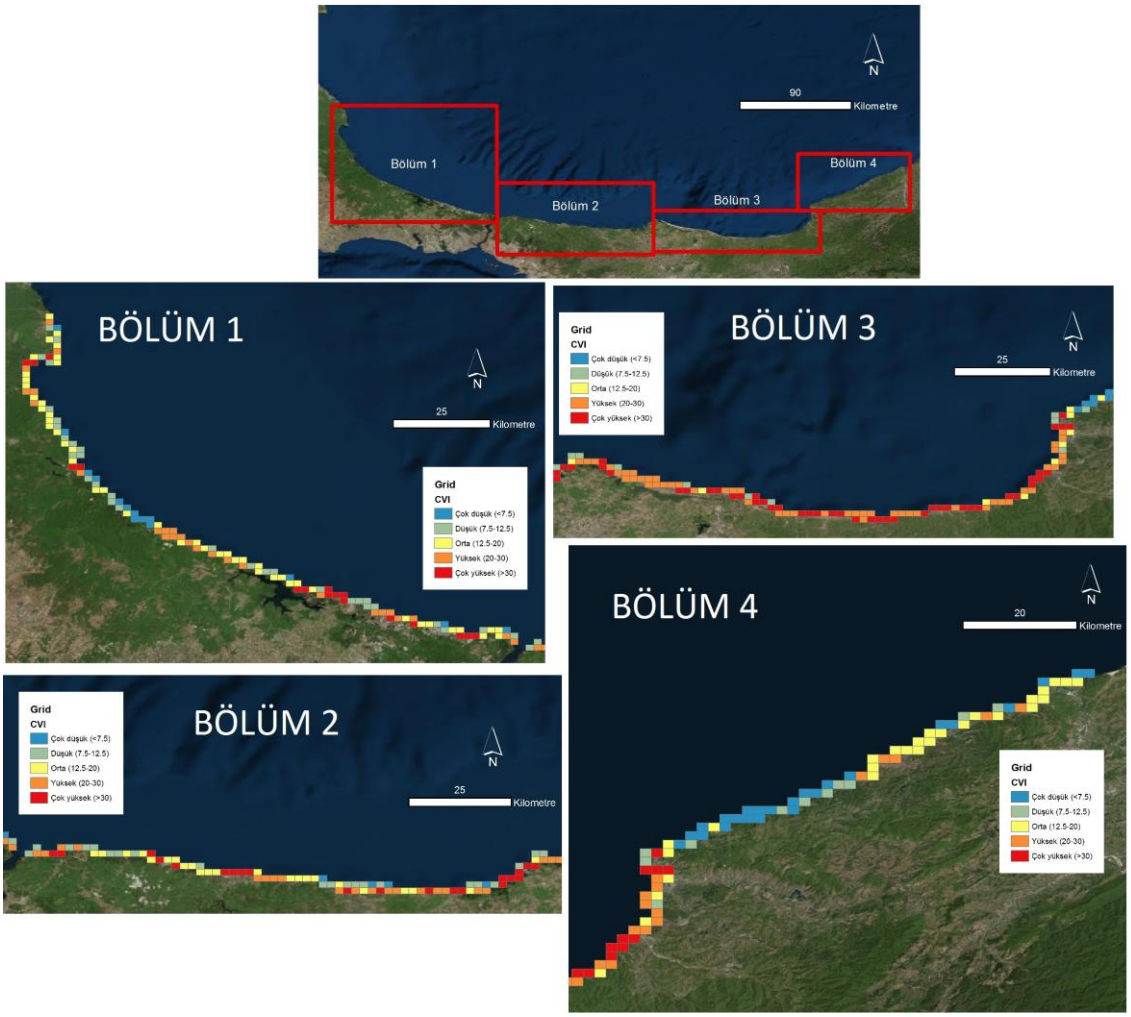
Bu denklemde; $a=CVI_{jeomorfoloji}$, $b=CVI_{kıyı\ eğimi}$, $c=CVI_{kıyı\ çizgisindeki\ değişim}$, $d=CVI_{dalga\ yüksekliği}$, $e=CVI_{nüfus\ yoğunluğu}$, $f=CVI_{arazi\ kullanımı}$ şeklindedir.

Bir hücrenin deniz seviyesi yükselmesi karşısında kırılganlığını ifade eden CVI değeri, o hücre için Denklem 5.3'ün uygulanmasıyla elde edilir. İşlem uygulanmış ve CVI değerleri elde edilmiştir. CVI'nin minimum değeri $\sqrt{1^6/6}=0.41$; maksimum değeri ise $\sqrt{5^6/6}=51.03$ olabilmektedir.

CVI'nın çalışma alanı boyunca dağılımı elde edilmiştir (Şekil 5.40-5.41).



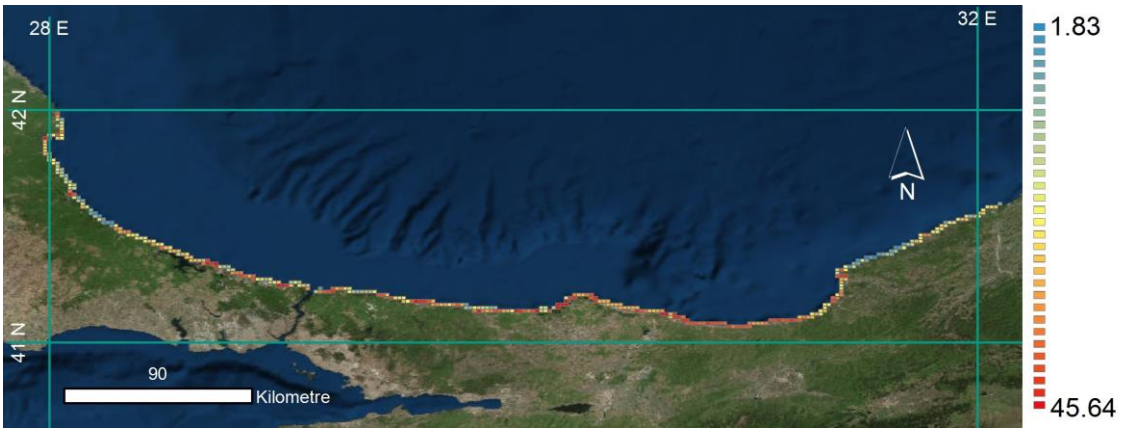
Şekil 5. 40 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmemiş)



Şekil 5. 41 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmemiş) – Bölümler

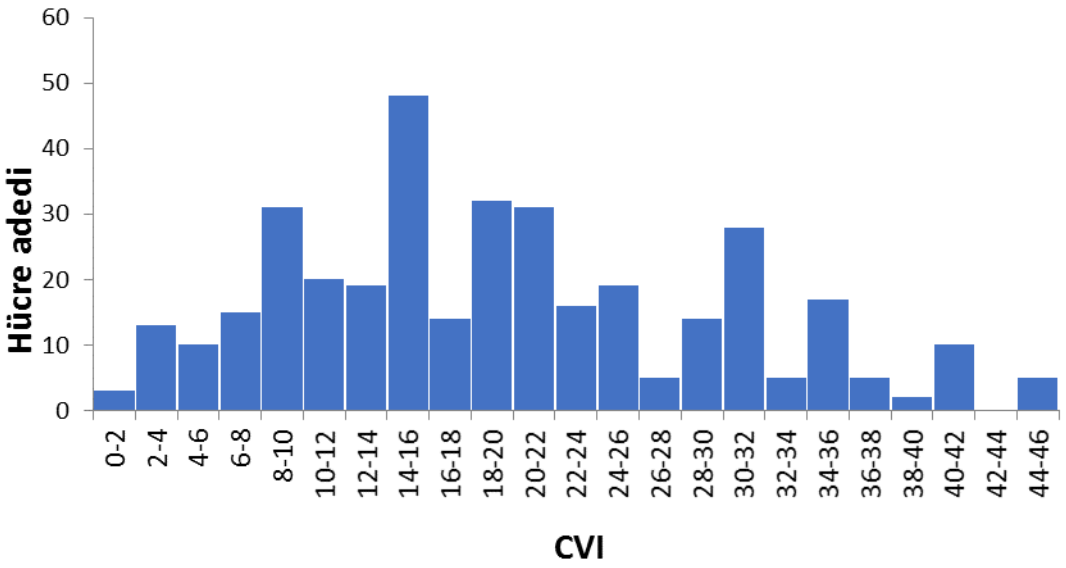
Şekil 5.40 ve 5.41'de gösterildiği şekilde elde edilen CVI değerlerinde nihai haritayı elde etmek üzere bazı düzeltmeler yapılmıştır (Şekil 5.42). Yapılan düzenlemeler şu şekildedir:

- Yalnızca küçük bir kısmı karada veya denizde olan hücreler silinmiştir.
- Nüfus bilgilerinde uydu görüntüleri incelenerek düzenlemeler yapılmıştır. Örneğin; tamamen ormanla kaplı bazı alanlarda kırılganlık değeri 1 olarak değiştirilmiştir.
- Arazi kullanımı bilgisi bazı plajları tespit edememiştir. Bu hücrelerde arazi kullanımı kırılganlığı 5 olarak değiştirilmiştir.
- Arazi kullanımı 1 olan hücreler (su kütlesi veya yatakları) silinmiş veya komşu hücreler baz alınarak yeniden derecelendirilmişlerdir. Bu hücreler bir kısmı yalnızca küçük bir kısmı karada olan hücrelerdir.



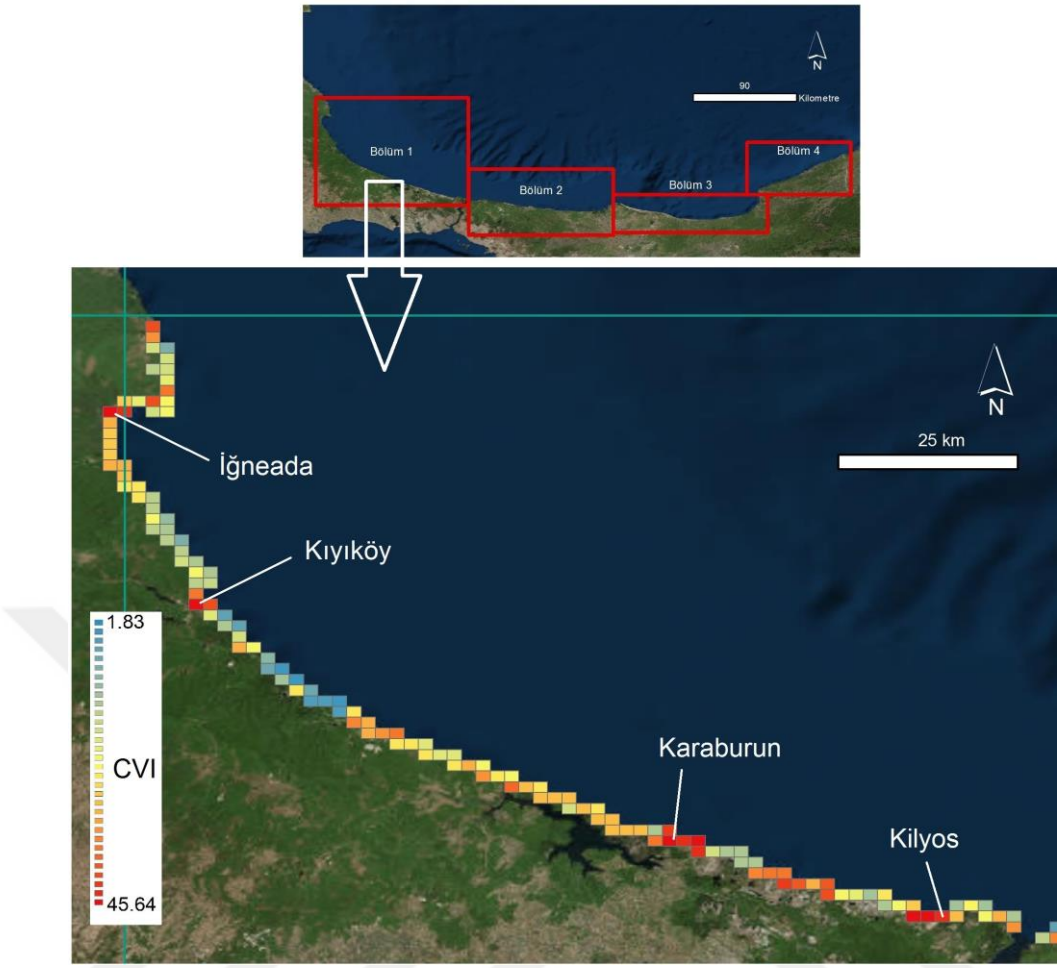
Şekil 5. 42 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmiş)

Elde edilen nihai haritada 363 adet hücre mevcuttur. Minimum CVI değeri 1.83; maksimum CVI değeri ise 45.64 olarak bulunmuştur. Değerlerin ortalaması 19.60 ve standart sapması 10.12'dir. CVI değerleri histogramı ise Şekil 5.43'de verilmektedir.

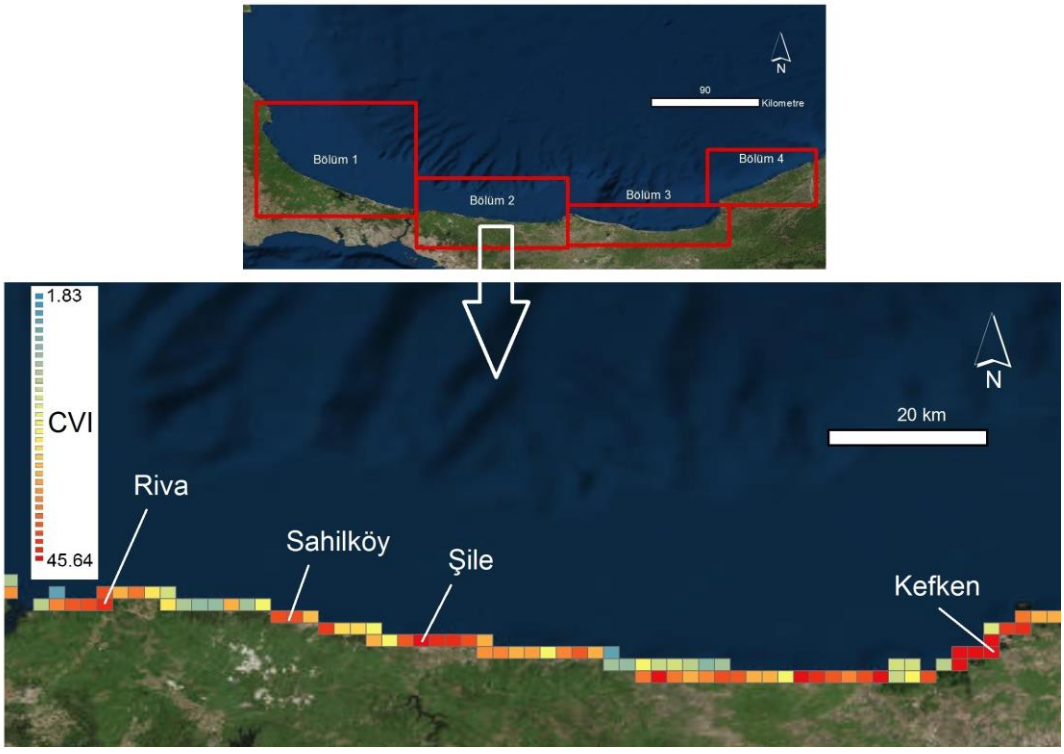


Şekil 5. 43 Güneybatı Karadeniz CVI değerleri histogramı

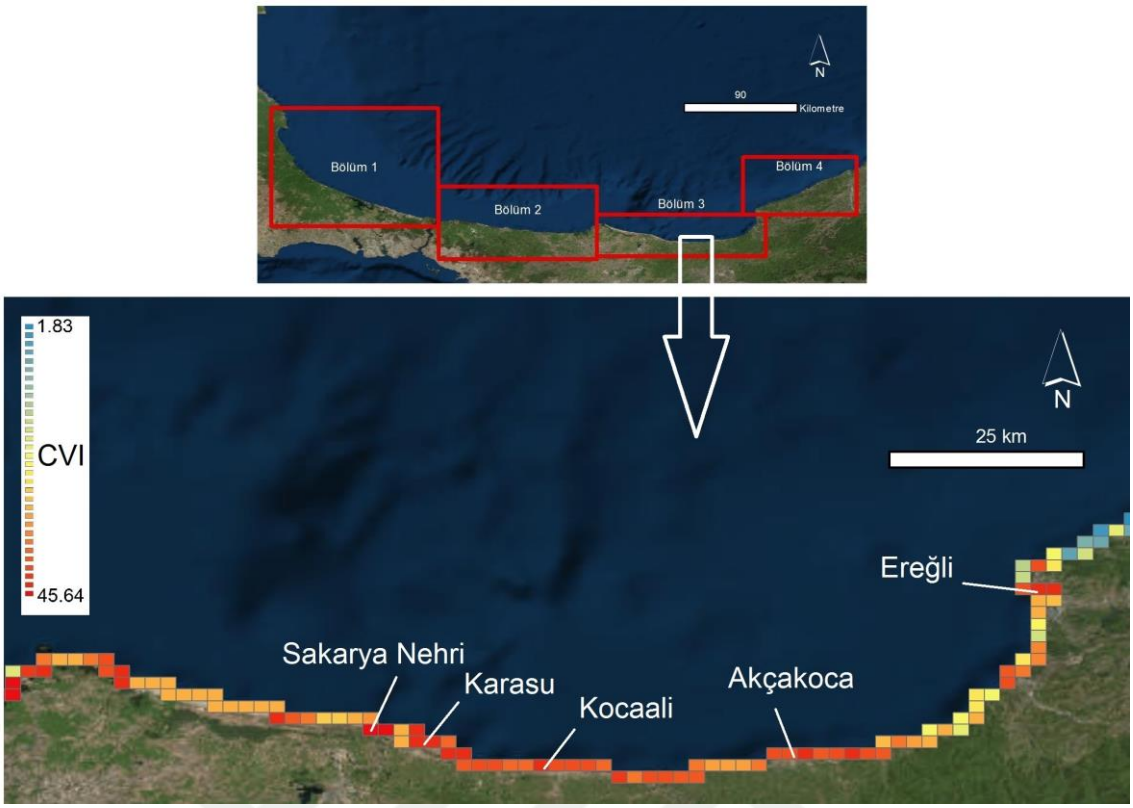
CVI haritası (Şekil 5.42) bu çalışmanın nihai ve en önemli sonucunu göstermektedir, daha iyi anlaşılabilmesi için dört bölgeye ayrılarak daha ayrıntılı haritalar elde edilmiştir (Şekil 5.44-5.47).



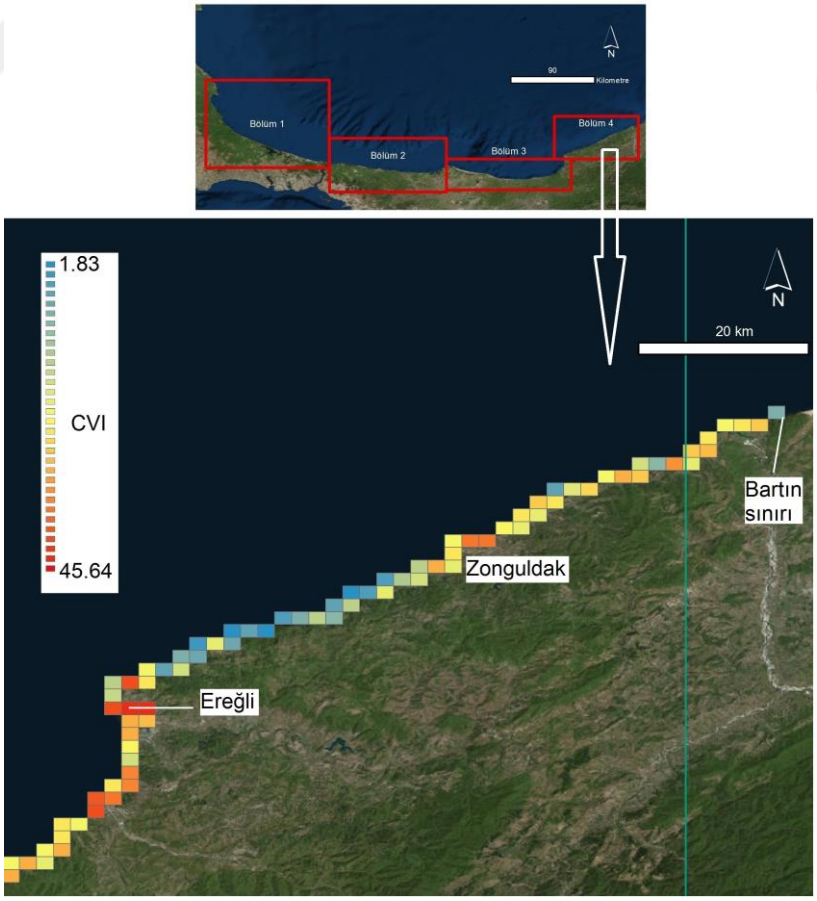
Şekil 5. 44 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmiş) – Bölüm 1



Şekil 5. 45 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmiş) – Bölüm 2



Şekil 5. 46 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmiş) – Bölüm 3



Şekil 5. 47 Güneybatı Karadeniz CVI haritası (düzenlenmiş) – Bölüm 4

Elde edilen haritalardan en kırılgan bölgeler rahatlıkla görülebilmektedir. Buna göre en kırılgan bölgeler İğneada, Kıyıköy, Karaburun, Kilyos (Kumköy), Riva, Sahilköy, Şile, Kefken, Sakarya Nehri ağzı ve Karasu, Kocaali, Akçakoca ve Ereğli'dir. Ereğli-Zonguldak arasında uzanan kıyı çizgisi ise en az kırılganlığa sahip olan bölgedir.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Güneybatı Karadeniz bölgesinde iklim değişikliğine bağlı olarak gerçekleşecek deniz seviyesi yükselmesinin etkileri araştırılmıştır. Bu maksatla uzamsal bir kırılganlık indeksi analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarının önemli görülen değerlendirme ve öneriler aşağıdaki gibi sıralabilir:

1. CVI haritaları genel itibariyle incelendiğinde göze çarpan ilk konu yüksek ve düşük dereceden kırılgan bölgelerin dağılımı olmaktadır. Ereğli'nin doğusundaki falezli kıyı çizgisinin daha düşük kırılganlığa sahip olduğu görülmektedir. Bunun sebebi bölgede eğimin yüksek ve kıyı çizgisindeki değişimin yığılma yönünde olmasıdır. Ayrıca özellikle kırılganlığın en düşük olduğu Ereğli-Zonguldak kıyı şeridinde arazi kullanımına bağlı kırılganlık yaygın olarak 2 ve 3. seviyededir.

2. Kefken, Karasu ve devamında Akçakoca'ya doğru devam eden kıyı çizgisi ise en yüksek kırılganlığa sahip bölgedir. Kırılganlık, özellikle Karasu-Akçakoca sahil şeridinde yüksektir. Bu bölgede Sakarya Nehri ağzı etrafında, Kefken-Karasu kıyısı boyunca uzanan geniş (yaklaşık 1 km) ve uzun (yaklaşık 30 km) bir plaj mevcuttur. Ayrıca Kefken ve Akçakoca'da Mavi Bayrak sahibi plajlar mevcuttur. Bu plajların yüksek dalga yüksekliklerinin olduğu, fırtınaların sıklaştığı bir ortamda; ilave bir baskı olarak su seviyesinin yükselmesi durumunda oldukça zarar görecekleri tahmin edilmektedir. Unutulmamalıdır ki, plajların eğimleri genel olarak falezlere kıyasla daha küçük olmaktadır. Bu durum deniz seviyesi yükselmesi durumunda daha fazla alan kaybının yaşanacağı, bu bölgelerde özellikle yaz aylarında yoğun olarak gerçekleşen turistik

faaliyetlerin sekteye uğrayacağı, kıyıya yakın yerleşimlerin zarar görebileceği anlamına gelmektedir.

3. Çalışma alanının Batı bölgesinde İğneada, Karaburun, Kilyos, Riva ve Şile en yüksek dereceden kırılgan olarak gözükmektedir. İğneada'daki longoz ve Karaburun, Kilyos, Riva ve Şile'de yer alan plajlar korunması gereken önemli doğal varlıklarıdır.

4. Ereğli merkezinde kırılganlığın yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Bunun sebebi yoğun şehirleşmeden dolayı nüfus ve kara alanları kullanımı değişkenlerinin 5. seviyede değerler almasıdır.

5. Kullanılan yöntem (CVI) basit olmakla birlikte, analiz ilgilenilen bölge ve yöntem hakkında bilgi sahibi olan kişiler tarafından gerçekleştirilmesi ve uzman kişilerin görüşü alınması şarttır.

6. Analizde verilerin elde edilmesinde mümkün olan en yüksek çözünürlüklü kaynaklar kullanılmıştır. Gelecekte, teknolojinin gelişmesine paralel olarak gerçekleşecek veri kaynaklarındaki iyileşmeyle beraber analizin hassasiyeti artacaktır.

7. Bu çalışma, yapıldığı yıl itibariyle bölgede gerçekleştirilen ilk iklim değişikliğine bağlı kırılganlık çalışması olma özelliğini taşımaktadır. İleriki çalışmalarda Analitik Hiyerarşi gibi yöntemler kullanılarak analiz geliştirilebilir.

8. Kırılgan olduğu tespit edilen bölgelerde morfolojik değişim modellerinin yapılması yararlı olacaktır. Bu modellerde çeşitli uyum alternatiflerinin karşılaştırılması yapılarak iklim değişikliğine uyum sağlamak doğrultusunda kıyı alanları planlaması yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] Gornitz, V.M. Daniels, R.C. White, T.W. ve Birdwell, K.R., (1994). "The Development of a Coastal Risk Assessment Database: Vulnerability to Sea-Level Rise in the U.S. Southeast", Journal of Coastal Research: 327-338.

[2] USGS, "National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea Level Rise", Adres: https://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/cvi/, 5.3.2017.

[3] Özyurt, G., (2010). Fuzzy Vulnerability Assessment Model of Coastal Areas to Sea Level Rise, METU Graduate School of Natural and Applied Sciences. Middle East Technical University, 283.

[4] Abuodha, P.A. ve Woodroffe, C.D., (2006). International Assessments of the Vulnerability of the Coastal Zone to Climate Change, Including an Australian Perspective, University of Wollongong, 69.

[5] Palmer, B.J. Van Der Elst, R. MacKay, F. Mather, A.A. Smith, A. Bundy, S. Thackeray, Z. Leuci, R. ve Parak, O., (2011). Preliminary Coastal Vulnerability Assessment for Kwazulu-Natal, South Africa.

[6] Duriyapong, F. ve Nakhapakorn, K., (2011). "Coastal Vulnerability Assessment: A Case Study of Samutsakhon Coastal Zone", Songklanakarin Journal of Science and Technology, 4: 469-476.

[7] Mani Murali, R. Ankita, M. Amrita, S. ve Vethamony, P., (2013). "Coastal Vulnerability Assessment of Puducherry Coast, India, Using the Analytical Hierarchical Process", Natural Hazards and Earth System Science, 13: 3291–3311.

[8] Santos, M. Río, L.d. ve Benavente, J., (2013). "GIS-Based Approach to the Assessment of Coastal Vulnerability to Storms: Case Study in the Bay of Cádiz (Andalusia, Spain)", Journal of Coastal Research: 826-831.

[9] Ghaleb, F. Abbas, F. ve Mario, M., (2013). "GIS-Based Approach to the Assessment of Coastal Vulnerability to Sea Level Rise: Case Study on the Eastern Mediterranean", Journal of Surveying and Mapping Engineering, 1(3):41-48.

[10] Appeaning Addo, K., (2013). "Assessing Coastal Vulnerability Index to Climate Change: the Case of Accra – Ghana", Journal of Coastal Research: 1892-1897.

[11] Idier, D. Castelle, B. Poumadere, M. Balouin, Y. Bertoldo, R. Bouchette, F. Boulahya, F. Brivois, O. Calvete Manrique, D. Capo, S. Certain, R. Charles, E. Chateauminois, E. Delvallee, E. Falqués, A. Paul, F. Garcin, M. Garnier, R. Hequette, A. ve Vinchon, C., (2013). Vulnerability of Sandy Coasts to Climate Variability.

[12] Sousa, P.H.G.O. Siegle, E. ve Tessler, M.G., (2013). "Vulnerability Assessment of Massaguaçú Beach (SE Brazil)", Ocean & Coastal Management, 77: 24-30.

[13] Atalay, A.D., (2014). Assessment of Sea Level Rise for Coastal Zone Management: Vulnerability of Fethiye Bay, METU Graduate School of Natural and Applied Sciences. Middle East Technical University, 137.

[14] Kunte, P. Jauhari, N. Mehrotra, U. Kotha, M. Hursthouse, A. ve Gagnon, A., (2014). Multi-Hazards Coastal Vulnerability Assessment of Goa, India, Using Geospatial Techniques.

[15] Borges, P. Phillips, M.R. Ng, K. Medeiros, A. ve Calado, H., (2014). "Preliminary Coastal Vulnerability Assessment for Pico Island (Azores)", Journal of Coastal Research: 385-388.

[16] Hereher, M.E., (2015). "Coastal Vulnerability Assessment for Egypt's Mediterranean Coast", Geomatics, Natural Hazards and Risk, 6: 342-355.

[17] Loinenak, F.A. Hartoko, A. ve Muskananfola, M.R., (2015). Mapping of Coastal Vulnerability Using the Coastal Vulnerability Index and Geographic Information System.

[18] Nguyen, T.T.X., (2015). Coastal Vulnerability Assessment: A Case Study in Kien Giang, Western Part of the Mekong River Delta in Vietnam, University of Wollongong.

[19] Parthasarathy, A. ve Natesan, U., (2015). "Coastal Vulnerability Assessment: A Case Study on Erosion and Coastal Change Along Tuticorin, Gulf of Mannar", Natural Hazards, 75: 1713-1729.

[20] Allenbach, K. Garonna, I. Herold, C. Monioudi, I. Giuliani, G. Lehmann, A. ve Velegrakis, A.F., (2015). "Black Sea Beaches Vulnerability to Sea Level Rise", Environmental Science & Policy, 46: 95-109.

[21] Tano, R.A. Aman, A. Kouadio, K.Y. Toualy, E. Ali, K.E. ve Assamoi, P., (2016). "Assessment of the Ivorian Coastal Vulnerability", Journal of Coastal Research, 322: 1495–1503.

[22] Zanetti, V. de Sousa Junior, W. ve De Freitas, D., (2016). "A Climate Change Vulnerability Index and Case Study in a Brazilian Coastal City", Sustainability, 8: 811.

[23] Souza, P.E. ve Nicolodi, J.L., (2016). "Coastal Vulnerability Assessment Using Geoindicators: Case Study of Rio Grande do Sul Coastline", Brazilian Journal of Oceanography, 64: 309-322.

[24] Alsahli, M.M.M. ve AlHasem, A.M., (2016). "Vulnerability of Kuwait Coast to Sea Level Rise", Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography, 116: 56-70.

[25] Valchev, N. Andreeva, N. Eftimova, P. Prodanov, B. ve Kotsev, I., (2016). "Assessment of Vulnerability to Storm Induced Flood Hazard Along Diverse Coastline Settings", E3S Web Conf., 7: 10002.

[26] Monioudi, I.N. Karditsa, A. Chatzipavlis, A. Alexandrakis, G. Andreadis, O.P. Velegrakis, A.F. Poulos, S.E. Ghionis, G. Petrakis, S. Sifnioti, D. Hasiotis, T. Lipakis, M. Kampanis, N. Karambas, T. ve Marinos, E., (2016). "Assessment of Vulnerability of The Eastern Cretan Beaches (Greece) to Sea Level Rise", Regional Environmental Change, 16: 1951-1962.

[27] IPCC, (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

[28] TÜBA, "Türkçe Bilim Terimleri Sözlüğü", Adres: http://www.tubaterim.gov.tr/, 22.10.2017.

[29] Sahin, O., (2011). Dynamic Assessment of Coastal Vulnerability and Adaptation to Sea Level Rise: An Integrated Spatial-Temporal Decision Making Approach, Griffith University, 420.

[30] IPCC, (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

[31] Ewing, L., (2009). Sea Level Rise: Major Implications to Coastal Engineering and Coastal Management, Y.C. Kim, ed. Handbook of Coastal and Ocean Engineering. World Scientific, 997-1021.

[32] IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

[33] Burvingt, O. Masselink, G. Russell, P. ve Scott, T., (2017). "Classification of Beach Response to Extreme Storms", Geomorphology, 295: 722-737.

[34] Smallegan, S.M. Irish, J.L. Van Dongeren, A.R. ve Den Bieman, J.P., (2016). "Morphological Response of a Sandy Barrier Island with a Buried Seawall During Hurricane Sandy", Coastal Engineering, 110: 102-110.

[35] Craig, R., "Floodwaters from Superstorm Sandy surround homes in South Bethany, Delaware", Adres: http://www.telegraph.co.uk/news/picturegalleries/worldnews/9644975/Hurricane-Sandy-pictures-50-dramatic-images-of-destruction.html?frame=2384028/, 8.11.2017.

[36] Earley, S., "A road leading into Mirlo Beach in Rodanthe, North Carolina, is buckled from pounding surf whipped up by Sandy", Adres: http://www.telegraph.co.uk/news/picturegalleries/worldnews/9644975/Hurricane-Sandy-pictures-50-dramatic-images-of-destruction.html?frame=2384034/, 8.11.2017.

[37] McLoughlin, M., "People look at one of many homes badly damaged by Hurricane Sandy is pictured in the Cosey Beach neighbourhood of East Haven,

Connecticut", Adres: http://www.telegraph.co.uk/news/picturegalleries/worldnews/9644975/Hurricane-Sandy-pictures-50-dramatic-images-of-destruction.html?frame=2384021/, 8.11.2017.

[38] New York Daily News, Adres: http://www.nydailynews.com/news/hurricane-sandy-strikes-east-coast-gallery-1.1194577?pmSlide=1.1991132/, 8.11.2017.

[39] USGS, Adres: https://coastal.er.usgs.gov/hurricanes/coastal-change/index.php/, 8.11.2017.

[40] UNFCCC, (2005). Compendium on Methods and Tools to Evaluate Impacts of, and Vulnerability and Adaptation to, Climate Change, United Nations Framework Convention on Climate Change.

[41] ÇŞB ve DAMPO, Samsun Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi ve Planlama Projesi Mekansal Strateji Planı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

[42] Kunz, H., (2015). Coastal Zone Management (2) — The European Perspective, S. Sato ve Isobe, M., ed. International Compendium of Coastal Engineering. 514.

[43] Kosyan, R.D. ve Velikova, V.N., (2016). "Coastal Zone – Terra (and aqua) Incognita – Integrated Coastal Zone Management in the Black Sea", Estuarine, Coastal and Shelf Science, 169: A1-A16.

[44] United Nations International Strategy for Disaster Reduction, (2010). United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) Secretariat Evaluation, 91.

[45] McLaughlin, S. ve Cooper, J.A.G., (2010). "A Multi-scale Coastal Vulnerability Index: A Tool for Coastal Managers?", Environmental Hazards, 9: 233-248.

[46] IPCC, (2001). Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, J.J. McCarthy Canziani, O.F. Leary, N.A. Dokken, D.J. ve White, K.S., Cambridge University Press: Intergovernmental Panel on Climate Change.

[47] Klein, R.J.T. ve Nicholls, R.J., (1999). "Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change", Ambio, 28: 182-187.

[48] Ramieri, E. Hartley, A. Barbanti, A. Santos, F.D. Gomes, A. Hilden, M. Laihonen, P. Marinova, N. ve Santini, M., (2011). Methods for Assessing Coastal Vulnerability to Climate Change, European Environment Agency - European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation.

[49] IPCC-CZMS, (1992). Assessment of the Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise: A Common Methodology, The Hague: Intergovernmental Panel on Climate Change - Coastal Zone Management Subgroup.

[50] Nicholls, R., (1995). "Synthesis of Vulnerability Analysis Studies", The Netherlands.

[51] Nicholls, R., (1998). Assessing Erosion of Sandy Beaches Due to Sea-Level Rise, J.G. Maund ve Eddleston, M., ed. Engineering Special Publication: Geohazards in Engineering Geology. Geological Society, 71-76.

[52] Nicholls, R., (1998). Coastal Vulnerability Assessment for Sea-Level Rise: Evaluation and Selection of Methodologies for Implementation.

[53] Bijlsma, L. Ehler, C.N. Klein, R.J.T. Kulshrestha, S.M. McLean, R.F. Mimura, N. Nicholls, R. Nurse, L.A. Perez Nieto, H. Stakhiv, E.Z. Turner, R.K. ve Warrick, R.A., (1996). Coastal Zones and Small Islands, R.T. Watson Zinyowera, M.C. ve Moss, R.H., ed. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses, The Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II. Cambridge University Press.

[54] Nicholls, R. ve Mimura, N., (1998). "Regional Issues Raised By Sea-Level Rise and Their Policy Implications", Climate Research, 11: 5-18.

[55] Bruun, P., (1962). "Sea-level Rise as a Cause of Shore Erosion", Journal of Waterways and Harbors Division American Society Civil Engineering: 117-130.

[56] IPCC, (1998). Summary for Policy Makers, R.T. Watson Zinyowera, M.C. ve Moss, R.H., ed. Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. Cambridge University Press.

[57] SCOR, (1991). "The Response of Beaches to Sea-Level Changes: A Review of Predictive Models", Journal of Coastal Research: 895-921.

[58] Cooper, J.A.G. ve Pilkey, O.H., (2004). "Sea-Level Rise and Shoreline Retreat: Time to Abandon the Bruun Rule", Global and Planetary Change, 43: 157-171.

[59] Bruun, P., (1988). "The Bruun Rule of Erosion by Sea-Level Rise: A Discussion on Large-Scale Two- and Three-Dimensional Usages", Journal of Coastal Research, 4: 627-648.

[60] SURVAS, (2000). SURVAS Expert Workshop, European Vulnerability and Adaptation to Impacts of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR).

[61] SURVAS, (2000). SURVAS Expert Workshop, African Vulnerability and Adaptation to Impacts of Accelerated Sea-Level Rise (ASLR).

[62] SURVAS, (2001). SURVAS Overview Workshop, The Future of Vulnerability and Adaptation Studies. The Royal Chace, London, U.K.

[63] Nicholls, R., (2000). An Analysis of the Flood Implications of the IPCC Second Assessment Global Sea Level Scenarios, D.J. Parker, ed. Floods. 148-162.

[64] Hoozemans, F.M.J. Marchand, M. ve Pennekamp, H.A., (1993). Sea Level Rise, A Global Vulnerability Assessment - Vulnerability Assessments for Population, Coastal Wetlands and Rice Production on a Global Scale, The Netherlands: Delft Hydraulics and Rijkswaterstaat.

[65] Nicholls, R., (2002). "Analysis of Global Impacts of Sea-Level Rise: A Case Study of Flooding", Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 27: 1455-1466.

[66] Hinkel, J. ve Klein, R.J.T., (2003). "DINAS-COAST: Developing a Method and a Tool for Dynamic and Interactive Assessment", LOICZ Newsletter: 1-4.

[67] Vafeidis, A. Nicholls, R.J. ve McFadden, L., (2003). "Developing a Database for Global Vulnerability Analysis of Coastal Zones: The DINAS-COAST Project And The DIVA Tool", Ghent, Belgium.

[68] Vafeidis, A.T. Nicholls, R.J. Boot, G. Cox, J. Grashoff, P. Hinkel, J. R., M. L., M. T., S. ve Tol, R.S.J., (2004). "A Global Database for Coastal Vulnerability Analysis (DINAS COAST)", Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone: 1-4.

[69] Vafeidis, A.T. Nicholls, R.J. McFadden, L. Hinkel, J. ve Grasshoff, P.S., (2004). "Developing A Global Database for Coastal Vulnerability Analysis: Design Issues and Challenges", The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: 801-805.

[70] Kenny, G.J., Ye, W., Warrick, R.A. and Flux, T., (1999). Climate Variations and New Zealand Agriculture: The CLIMPACTS System And Issues of Spatial and Temporal Scale, L. Oxley Scrimgeour, F. ve Jakeman, A., ed. Proceedings of the Modelling and Simulation Conference 1999 (MODSIM99). Hamilton, New Zealand: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, University of Waikato.

[71] Kenny, G.J. Warrick, R.A. Campbell, B.D. Sims, G.C. Camilleri, M. Jamieson, P.D. Mitchell, N.D. McPherson, H.G. ve Salinger, M.J., (2000). "Investigating Climate Change Impacts and Thresholds: An Application of the CLIMPACTS Integrated Assessment Model for New Zealand Agriculture", Climatic Change, 46: 91-113.

[72] Warrick, R.A. Kenny, G.J. Sims, G.C. Ericksen, N.J. Ahmad, Q.K. ve Mirza, M.Q., (1996). "Integrated Model Systems for National Assessments of the Effects of Climate Change: Applications in New Zealand and Bangladesh", Water, Air, and Soil Pollution, 92: 215-227.

[73] Warrick, R.A. Kouwenhoven, P. ve Cheatham, C., (2005). New Developments of the SimCLIM Model for Simulating Adaptation to Risks Arising from Climate Variability and Change.

[74] NOAA-CSC, (1997). Alabama Coastal Hazards Assessment, Charleston, SC: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Coastal Services Center (CSC).

[75] NOAA-CSC, (1999). Community Vulnerability Assessment Tool: New Hanover County, North Carolina, Charleston, SC: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Coastal Services Center (CSC).

[76] Albury, K.A., (2004). Multiple Hazards and Community Vulnerability in Hillsborough County, Florida, Hillsborough County, Florida: University of South Florida, 105.

[77] Clark, G.E. Moser, S.C. Ratick, S.J. Dow, K. Meyer, W.B. Emani, S. Jin, W. Kasperson, J.X. Kasperson, R.E. ve Schwarz, H.E., (1998). "Assessing the Vulnerability of Coastal Communities to Extreme Storms: The Case of Revere, MA., USA", Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 3: 59-82.

[78] Cutter, S.L., (1996). "Vulnerability to Environmental Hazards", Progress in Human Geography, 20: 529-539.

[79] Cutter, S.L. Mitchell, J.T. ve Scott, M.S., (2000). "Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina", Annals of the Association of American Geographers, 90: 713-737.

[80] Cutter, S.L. Boruff, B.J. ve Shirley, W.L., (2003). "Social Vulnerability to Environmental Hazards", Social Science Quarterly, 84: 242-261.

[81] Emrich, C., (2000). Modeling Community Risk and Vulnerability to Multiple Natural Hazards: Hillsborough County, Florida, Hillsborough County, Florida.

[82] Morrow, B.H., (1999). "Identifying and Mapping Community Vulnerability", Disasters, 23: 1-18.

[83] Nicholls, R.J. Tol, R.S.J. ve Vafeidis, A.T., (2008). "Global Estimates of the Impact of a Collapse of the West Antarctic Ice Sheet: An Application of FUND", Climatic Change, 91: 171.

[84] Batjes, J.J. ve Goldewijk, C.G.M., (1994). The IMAGE 2 Hundred Year (1890-1990), Database of the Global Environment (HYDE), Bilthoven: RIVM: Bilthoven: RIVM.

[85] Darwin, R.F. ve Tol, R.S.J., (2001). "Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise", Environmental and Resource Economics, 19: 113-129.

[86] Leggett, J. Pepper, W.J. ve Swart, R.J., (1992). Emissions Scenarios for IPCC: An Update, J.T. Houghton Callander, B.A. ve Varney, S.K., ed. Climate Change 1992: Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 69-95.

[87] Link, P.M. ve Tol, R.S.J., (2004). "Possible Economic Impacts of a Shutdown of the Thermohaline Circulation: An Application of FUND", Portuguese Economic Journal, 3: 99-114.

[88] Tol, R.S.J. ve Dowlatabadi, H., (2001). "Vector-Borne Diseases, Development & Climate Change", Integrated Assessment, 2: 173-181.

[89] Tol, R.S.J., (1997). "On the Optimal Control of Carbon Dioxide Emissions: An Application of FUND", Environmental Modeling & Assessment, 2: 151-163.

[90] Tol, R.S.J., (1999). "Spatial and Temporal Efficiency in Climate Policy: Applications of FUND", Environmental and Resource Economics, 14: 33-49.

[91] DEFRA, (2001). Shoreline Management Plans: A Guide for Coastal Defence Authorities, Department for Environment Food and Rural Affairs.

[92] MAFF, (1995). Shoreline Management Plans: A Guide for Coastal Defence Authorities., Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF), Welsh Office, Association of District Councils, English Nature & National Rivers Authority, London, U.K.: Ministry of Agriculture Fisheries & Food.

[93] Leafe, R. Pethick, J. ve Townend, I., (1998). "Realizing the Benefits of Shoreline Management", The Geographical Journal, 164: 282-290.

[94] Burgess, K. Jay, H. ve Hosking, A., (2004). FUTURECOAST: Predicting the Future Coastal Evolution of England and Wales.

[95] Pendleton, E.A. Barras, J. Williams, S. ve Twichell, D., (2010). Coastal Vulnerability Assessment of the Northern Gulf of Mexico to Sea-Level Rise and Coastal Change: US Department of the Interior, US Geological Survey.

[96] Thieler, E.R. ve Hammar-Klose, E.S., (1999). National Assessment of Coastal Vulnerability to Future Sea Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Atlantic Coast, U.S. Geological Survey.

[97] USGS, (2000). National Assessment of Coastal Vulnerability to Future Sea-Level Rise, U.S. Geological Survey, 2.

[98] Shaw, J. Taylar, R.B. Forbes, D.L. Ruz, M.H. ve Solomon, S., (1998). Sensitivity of the Coasts of Canada to Sea-Level Rise, Canada: Geological Survey of Canada.

[99] Saaty, T., (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures.

[100] Saaty, T.L. ve Vargas, L.G., (1991). Prediction, Projection and Forecasting: Applications of the Analytic Hierarchy Process: Springer.

[101] Y. Ju, C. Jia, Y. X. Shan, H. W. Tang, C. ve J. Ma, W., (2012). GIS-Based Coastal Area Suitability Assessment of Geo-Environmental Factors in Laoshan District, Qingdao.

[102] TÜİK, (2013). Türkiye İstatistik Yıllığı 2013, Türkiye İstatistik Kurumu.

[103] Google, "Google Earth Pro", Adres: https://earth.google.com/download-earth.html/, 2.4.2017.

[104] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Adres: https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx/, 8.11.2017.

[105] ECMWF, "ERA-Interim Athmospheric Reanalysis", European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Adres: http://apps.ecmwf.int/datasets/, 31.7.2017.

[106] Özhan, E. ve Abdalla, S., (2002). Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Dalga Atlası: MEDCOAST-ODTÜ.

[107] Medvedev, I.P. Rabinovich, A.B. ve Kulikov, E.A., (2016). "Tides in Three Enclosed Basins: The Baltic, Black, and Caspian Seas", Frontiers in Marine Science, 3.

[108] TUDES, Adres: http://tudes.hgk.msb.gov.tr/, 3.5.2017.

[109] Karasu Çalışma Grubu, (2012). Karasu Kıyı Alanı Kıyı Daralması Raporu.

[110] Bayram, B. Seker, D.Z. Acar, U. Yuksel, Y. Guner, H.A.A. ve Cetin, I., (2013). "An Integrated Approach to Temporal Monitoring of the Shoreline and Basin of Terkos Lake", Journal of Coastal Research: 1427-1435.

[111] NTV, Adres: https://www.ntv.com.tr/turkiye/dalgalar-evleri-yikti,gykD5ep0SkqtRgCGq2Nyxg/, 8.11.2017.

[112] Gupta, N.J., (2014). Fundamentals of Geographical Information System (GIS), Map Sources, and Digital Map Preparation, J. Sundaresan Santosh, K.M. Déri, A. Roggema, R. ve Singh, R., ed. Geospatial Technologies and Climate Change. Cham: Springer International Publishing, 247-260.

[113] Görmüş, T. Aydoğan, B. Korzinin, D. ve Ayat, B., (2017). Development of a GIS for the Black Sea Coastline, The Thirteenth International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management & Conservation. Malta.

[114] Thieler, E.R. Himmelstoss, E.A. Zichichi, J.L. ve Ergul, A., (2009). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change.

[115] USGS, "LANDSAT Satellite Images", Adres: http://earthexplorer.usgs.gov/, 1.6.2017.

[116] GEBCO, "GEBCO 30 arc-second grid 2014", Adres: https://www.gebco.net/, 25.7.2017.

[117] Copernicus, "Corine Land Cover 2012", Adres: https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012/, 24.10.2017.

[118] TÜİK ve ÇŞB, "TÜİK Nüfus 2015", Adres: https://tucbs-public-api.csb.gov.tr/trk_tuik_nufus_2015_wms/, 17.10.2017.

[119] Zhang, F. Tiyip, T. Kung, H.-t. Johnson, V.C. Wang, J. ve Nurmemet, I., (2016). "Improved Water Extraction Using Landsat TM/ETM+ Images in Ebinur Lake, Xinjiang, China", Remote Sensing Applications: Society and Environment, 4: 109-118.

[120] USGS, "Earth Explorer", Adres: http://earthexplorer.usgs.gov/, 1.6.2017.

[121] Chander, G. Markham, B.L. ve Barsi, J.A., (2007). "Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration", IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 4: 490-494.

[122] Chander, G. ve Markham, B., (2003). "Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41: 2674-2677.

[123] QGIS, "QuantumGIS v2.18", Adres: http://www.qgis.org/, 22.11.2016.

[124] Karsli, F. Guneroglu, A. ve Dihkan, M., (2011). "Spatio-Temporal Shoreline Changes Along the Southern Black Sea Coastal Zone", Journal of Applied Remote Sensing, 5: 053545-053513.

[125] Janssen, P., (1995). The Wave Model, ECMWF: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts.

[126] Copernicus, Adres: http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/, 24.10.2017.

[127] CERC, (1972). A Glossary of Coastal Engineering Terms, US Army Corps of Engineers Coastal Engineering Research Center.

[128] Jensen, J.R., (2006). Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective: Pearson.

[129] Colwell, R.N., (1997). History and Place of Photographic Interpretation.

EK-A

SÖZLÜK

Terim (İngilizce)	Terim (Türkçe çevirisi)	Terimin tanımı	Tanımın kaynağı
adaptation	uyum, uyarlanma	Doğal veya yapay sistemde, mevcut veya beklenen iklimsel uyarıcılara veya etkilerine karşı zararları yumuşatmaya veya yarar sağlanabilecek fırsatları kullanmaya yönelik düzenlemeler.	IPCC [46]
adaptive capacity	uyum kapasitesi	Bir sistemin iklim değişkenliği ve ekstrem olaylardan orta düzeyde zararlara kadar çeşitli durumlar karşısında fırsatların avantajını kullanmasını veya sonuçlarla başa çıkmasını kapsayan iklim değişikliğine ayak uydurma kapasitesi.	IPCC [46]
aquifer	akifer, suveren	Tabanında geçirimsiz bir kaya birimi ile sınırlanmış ve yeraltı suyunu bünyesine alabilecek kadar gözenekli olan, ayrıca bu suyu bir noktadan diğerine iletebilecek dolayısıyla suyun dışarıya çıkmasına izin verecek kadar geçirimli olan katman/birim/formasyon(lar).	TÜBA [28]
barrier beach	bariyer plajı	Takriben kıyıya paralel olarak uzayan, tepesinin yüksekliği normal yüksek su seviyesinin üzerinde olan uzantı.	CERC [127]

beach	plaj	Alçak su seviyesinden fiziksel yapıda veya malzemede belirgin değişimin olduğu bölgeye veya kalıcı bitki örtüsü sınırına kadar karaya doğru uzayan konsolide olmamış malzeme bölgesi.	CERC [127]
cliff	falez, yalıyar	Dik bir yamaçtan denize doğru inen kıyı	TÜBA [28]
climate change	iklim değişikliği	Karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğa kaynaklı iklim değişikliğine ek olarak, atmosfere salımlanan sera gazlarındaki artış ve ormanların yok edilmesi sonucu arazi kullanımındaki farklılaşmalar gibi doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik.	TÜBA [28]
coral reef	mercan kayalığı		
delta	delta, çatalağız	Akarsuların hızlarının ve taşıma güçlerinin aniden azaldığı durgun bir suya ulaştıkları yerlerde taşıdıkları malzemenin çökelmesiyle oluşmuş ve ileri doğru büyümüş düzlük alan.	TÜBA [28]
erosion (coastal erosion)	erozyon (kıyı erozyonu)	Doğal güçler tarafından karanın başka bir bölgeye taşınması. Bir plajda; dalga etkisi, gelgit akıntıları, kıyı akıntıları veya deflasyon tarafından plaj malzemesinin taşınması.	CERC [127]
estuary	haliç	Nehrin denizle birleştiği yerden ya da denizin belirli bir yerinden karaya doğru, giderek daralan ve deniz tarafındaki genişliğine göre uzunluğu oldukça fazla, huni şeklindeki deniz uzantısı.	TÜBA [28]
estuary	akarsu ağzı	1. Akarsuyun gelgitlerden etkilenen kısmı. 2. Akarsuyun denize döküldüğü, tatlı suyunun denizin tuzlu suyuyla karıştığı bölge.	CERC [127]

fiord	fiyort	Buzulların oluşturduğu dik yamaçlı çukurların deniz altında kalmasıyla oluşan körfez.	TÜBA [28]
flooding (coastal flooding)	taşkın (kıyısal taşkın)	Genellikle denizden karaya doğru şiddetli ve uzun süreli esen rüzgârların, gel-git hareketlerinin, kıyıdaki ya da kıyıdan uzakta bulunan kuvvetli alçak basınç ve fırtına sistemlerin, bazen volkan, deprem ve tsunamilerin neden olduğu kıyıdan kara tarafına doğru denizin tırmanarak taşması.	TÜBA [28]
floodplain forest	longoz		
geographic information system (GIS)	coğrafi bilgi sistemi (CBS)	Uzamsal verilerin toplanması, kullanımı, görüntülenmesi, yönetimi ve dağıtımı için kullanılan bilgisayar sistemleri.	Gupta [112]
greenhouse gas	sera gazı	Su buharı ile birlikte karbon dioksit, metan, ozon, azot oksitler ve freonlar gibi dünya yüzeyinden salımı yapılan uzun dalga boylu ışınımı soğuran ve salan atmosferik iz gazların genel adı	TÜBA [28]
groundwater	yeraltı suyu	Yeryüzünün altındaki kayalar ve zeminlerin içerdiği, herhangi bir şekilde yeryüzüne ulaşan veya ulaşamayan, çıkarılabilen veya çıkarılamayan tüm sular.	TÜBA [28]
integrated coastal zone management (ICZM)	bütünleşik kıyı alanları yönetimi (BKAY)	Kıyı alanlarında sürdürülebilir bir gelişme için, sürekli, önlem alıcı ve uyarlanmış bir planlama ve kaynak yönetimi.	ÇŞB ve DAMPO [41]
inundation	su baskını		
isostasy	izostazi	Yerkabuğunun ya da daha genel olarak litosferin yüzeydeki topografik düzensizliklerden bağımsız olarak aynı basınç altında olması fenomeni, diğer bir deyişle, yerkabuğunun kütleleri ve yoğunlukları birbirinden farklı büyük blokları arasındaki denge durumunun bulunması.	TÜBA [28]

lagoon	lagün, deniz kulağı	Bir kıyı dili ya da resif ile denizden veya okyanustan ayrılarak göl durumuna dönüşmüş, küçük bir boğazla denize bağlı kalabilen sığ kıyı gölü.	TÜBA [28]
latitude	enlem, coğrafi arz	Yerküre üzerinde herhangi bir noktadaki çekül doğrultusu ile eşlek (ekvator) düzlemi arasındaki açı.	TÜBA [28]
longitude	boylam	Bir noktadan geçen meridyen düzlemi ile başlangıç meridyeni düzlemi arasında ekvator düzlemi boyunca tanımlanan açı.	TÜBA [28]
mangrove	mangrov	Tropikal kuşakta, kumsallı kıyılarda, tuzlu ve acı su ortamlarında, su yüzeyi dışındaki kökleriyle oksijen alarak gelişen, kimi ağaç ve çalı türleriyle onların oluşturdukları ormanlar.	TÜBA [28]
meridian, line of longitude	meridyen, öğlen çemberi	Dünya'nın Kuzey ve Güney Kutuplarından geçen ve aynı boylam açısına sahip tüm noktaları birleştiren daire.	TÜBA [28]
mitigation	hafifletme, zararlarını azaltma	Sera gazı emisyonunun kayıplarını arttırmaya veya kaynaklarını azaltmaya yönelik antropojenik müdahaleler.	IPCC [46]
mud flat	çamur düzlüğü		
parallel	paralel, koşut çemberi	Eşleğe (ekvatora) koşut (paralel) olarak geçtikleri varsayılan ve çevre uzunlukları kutup noktasına yaklaştıkça kısalan çemberlerden her biri.	TÜBA [28]
radiance	radyans	Belirli bir doğrultuda, projected hedef alanının birim başına radiant yoğunluğu.	Jensen [128]
reflectance	yansıma	Radyasyonun, bulut, su kütlesi veya karadan sekerek geri dönmesi süreci.	Jensen [128]

remote sensing	uzaktan algılama	Fiziksel objeler ve çevre hakkında; bu ortamlarla temas halinde olmayan sensör sistemlerinden elde edilmiş görüntü ve dijital enerji pattern larının kayıt altına alınması, ölçülmesi ve değerlendirmesi yollarıyla güvenilir bilgiler elde edilmesi sanatı, bilimi ve teknolojisi.	Colwell [129]
resilience	esneklik	Sistemin etki öncesi orijinal haline geri dönme hızı.	Klein ve Nicholls [47]
resistance	direnme	Sistemin etkilere maruz kalmadan bunları engelleme kabiliyeti.	Klein ve Nicholls [47]
salt marsh	tuz bataklığı	Tuzlu su tarafından periyodik olarak taşkına maruz kalan bataklık.	CERC [127]
salt water intrusion	deniz suyu istilası	Tatlısu suvereni içine, aşırı su çekimi ya da deniz kıyısındaki kanal gibi derin inşaatlardan ötürü deniz suyu girişi.	TÜBA [28]
satellite image	uydu görüntüsü	Mühendislik projelerinde yararlanmak için yer üstündeki bitki örtüsü, sıcaklık, hava ve yer kabuğu yapısı vb. bilgileri sağlayan uydulardaki kameralardan gönderilen imgeler	TÜBA [28]
sensitivity	hassasiyet	Bir sistemin iklim kaynaklı uyarıcılar (stimuli) nedeniyle olumlu veya olumsuz yönde etkilenme derecesi.	IPCC [46]
solar zenith angle	solar zenit açısı	Yüzeyin normali ile güneş ışınları arasındaki açı.	
spektral band	spektral bant	Elektromanyetik spektrumda iki dalga boyu ya da iki frekans arasında kalan frekans bölgesi.	TÜBA [28]
susceptibility	hassasiyet	Sistemin su seviyesi yükselmesinden etkilenme derecesi.	Klein ve Nicholls [47]
vulnerability	kırılganlık	Bir sistemin hassas olduğu ve üstesinden gelemediği iklimsel değişkenlik ve ekstrem olayları da içeren iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin derecesi.	IPCC [46]

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Tahsin GÖRMÜŞ

Doğum Tarihi ve Yeri : 21/06/1990, Üsküdar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : tahsingormus@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Yüksek Lisans	İnşaat Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	
Lisans	Felsefe	Anadolu Üniversitesi	2016
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Karadeniz Teknik Üniversitesi	2015
Lise	Fen Bilimleri	Kocaeli Fen Lisesi	2008

YAYINLARI

Bildiri

1. Görmüş, T., Aydoğan, B., Korzinin, D. ve Ayat, B. (2017). “Development of a GIS for the Black Sea Coastline”, Proceedings of the Thirteenth International MEDCOAST Congress on Coastal and Marine Sciences, Engineering, Management & Conservation, 31 Ekim - 4 Kasım 2017, Malta.

Proje

1. Changes in storminess and coastal erosion induced variability along the Black Sea coasts: Management and adaptation”, ERANet Rus Plus-TÜBİTAK 116M061.