

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇEŞME ILDIR KÖRFEZİ İLE EĞRİLİMAN
BOĞAZI'NIN DENİZ TABAN YAPILARININ
HOLOSEN DÖNEMİ SİSMİK STRATİGRAFİ,
GÜNCEL TEKTONİK VE OŞİNOGRAFIK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Tarık İLHAN

Ekim, 2020

İZMİR

**ÇEŞME ILDIR KÖRFEZİ İLE EĞRİLİMAN
BOĞAZI'NIN DENİZ TABAN YAPILARININ
HOLOSEN DÖNEMİ SİSMİK STRATİGRAFI,
GÜNCEL TEKTONİK VE OŞİNOGRAFIK
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

**Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği
Programı**

Tarık İLHAN

Ekim, 2020

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

TARIK İLHAN, tarafından **PROF. DR. MUHAMMET DUMAN** yönetiminde hazırlanan “**ÇEŞME ILDIR KÖRFEZİ İLE EĞRİLİMAN BOĞAZI’NIN DENİZ TABAN YAPILARININ HOLOSEN DÖNEMİ SİSMİK STRATİGRAFİ, GÜNCEL TEKTONİK VE OŞİNOGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Muhammet DUMAN

Yönetici

Prof. Dr. Doğan YAŞAR

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Mustafa AKGÜN

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Doç.Dr. Ali ALKAN

Jüri Üyesi

Doç.Dr. Denizhan VARDAR

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Özgür ÖZÇELİK

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Sevgili Anneannem'e, Sevgili Babaannem'e, Sevgili Recep Dedem'e, Sevgili Ahmet Dedem'e ve Sevgili Sacit Amcam'a ithafen...

Tez danışmanı hocam Sayın Prof.Dr. Muhammet Duman'a sonsuz teşekkürlerimi, her zaman yanımda olan aileme sevgilerimi, öğreten, çalışan ve düşünen herkese saygılarımı sunarım.

Bu doktora tezi, TÜBİTAK 115Y180 no'lu "Ege Kıyı Sularında Deniz Taban Yapılarının Sınıflandırılması ve Haritalanması" projesi tarafından desteklenmiştir.

Tarık İLHAN

ÇEŞME ILDIR KÖRFEZİ İLE EĞRİLİMAN BOĞAZI'NIN DENİZ TABAN YAPILARININ HOLOSEN DÖNEMİ SİSMİK STRATİGRAFI, GÜNCEL TEKTONİK VE OŞİNOGRAFIK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Dünya genelindeki kıyısız alanlar son derece karmaşık ekosistemlerin dahil olduğu farklı ve üretken ortamları kapsamaktadır. Bu ortamlar, doğal, sosyal, çevresel ve ekonomik yararları açısından son derece değerlidir. Sahip olduğu bunca öneme karşın, Türkiye'deki kıyı alanlarının deniz taban yapıları, jeomorfolojik, sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri, oşinografik modelleri, denizel habitat dağılımı ve biyoçeşitliliği hakkındaki bilgi eksikliği inkar edilemez bir gerçektir. Bu tez kapsamında, Ege Denizi Karaburun Yarımadası'nda bulunan Ildır Körfezi ve çevresinde jeolojik ve jeofizik araştırmalar yapılmıştır. Çalışmanın veri toplama sürecinde yaklaşık 193 km²'lik denizel alana ve 68 km'lik kıyı şeridinde sahip Ildır Körfezi ve önlerinde 0-85 m derinlik aralığında multibeam echosounder, subbottom profiler, yanal taramalı sonar, akustik doppler akıntı profili (ADCP), deniz suyu ortamsal parametre ölçümü (CTD), sedimet örnekleme ve gravite kor çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Ildır Körfezi'ndeki kirlilik ve bunun habitat üzerindeki etkisini belirlemek için yüzey sedimet örneklerinde tane boyutu, element, organik karbon, karbonat dağılımları saptanmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte elde edilen ağır metal verileri zenginleştirme faktörü (EF) ve jeokümülyasyon (I_{geo}) gibi jeostatistik metotlarla deniz tabanındaki element etkileşimleri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak tüm bu verilerin ışığında, Ildır Körfezi özelinde, deniz tabanı morfolojik yapısı, denizel habitat ve yüzeysel jeolojik yapılara ait alansal verileri içeren haritalar, jeokimyasal ve oşinografik değerlendirmeler ve son buzul dönemi sonrasındaki deniz seviyesi yükselimine bağlı sedimentolojik özellikler, güncel deniz taban sirkülasyonu ve sediment depolanma merkezlerine ilişkin yorum ve sonuçlar yer ve deniz bilimcilerle sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Ildır Körfezi, deniz taban yapıları, denizel habitat, deniz seviyesi değişimi, sedimentoloji

INVESTIGATION OF SEABED FEATURES, HOLOCENE SEISMIC STRATIGRAPHY, RECENT TECTONICS AND OCEANOGRAPHY OF ÇEŞME ILDIR BAY AND EGRILIMAN STRAIT

ABSTRACT

Coastal areas around the world encompass diverse and productive environments, including highly complex ecosystems. These areas are extremely valuable for their natural, social, environmental and economic benefits. In spite of all of its importance, the lack of information of the geomorphological, sedimentological and geochemical features, oceanographic modeling, the marine habitat distribution and biodiversity of the seabed structure of the coastal areas in Turkey is an undeniable fact. Within the scope of this thesis, geological and geophysical researches were carried out in Ildır Bay and its surroundings which is located on the Karaburun Peninsula in the Aegean Sea. During the data collection process of the study, multi-beam echosounder, sub bottom profiler, side scanning sonar, acoustic doppler current profile (ADCP), seawater environmental parameter measurement (CTD), sediment sampling and gravity core studies were carried out in the 0-85 m depth range in Ildır Bay, which has a marine area of approximately 193 km² and a coastline of 68 km. In addition, in order to determine the amount of pollution in Ildır Bay and its effect on the habitat, particle size, element, organic carbon, carbonate distributions in surface sediment samples were determined. In addition, the obtained heavy metal data were evaluated by geo-statistical methods such as enrichment factor (EF) and geoaccumulation (I_{geo}) and element interactions on the sea floor. In conclusion, the compilation of all the acquired data, comments and results developed original area maps on the morphological structure of the sea floor, marine habitat and surface geological structures, geochemical and oceanographic evaluations and sedimentological features due to sea level rise after the last glacial period, current seafloor circulation and sediment storage centers in the Ildır Bay, which were then presented to earth and marine scientists.

Keywords: Ildır Bay, seabed structures, marine habitat, sea level change, sedimentology

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ - DOĞU AKDENİZ'DEN KARABURUN YARIMADASI'NA JEOLOJİK VE TEKTONİK ÖZELLİKLER	4
2.1 Doğu Akdeniz'in Tektonik Evrimi	4
2.2 Karaburun Yarımadası'nın (Ildır ve Gerence Körfezi Özelinde) Jeolojisi ve Depremselliği.....	6
BÖLÜM ÜÇ - ILDIR VE GERENCE KÖRFEZİ İLE EĞRİLİMAN BOĞAZI FİZİKSEL OŞİNOGRAFİSİ	13
BÖLÜM DÖRT - MATERYAL METOT.....	16
4.1 Hidroakustik Ölçümler	16
4.2 Sediment Örneklemeleri ve Ölçümleri	19
4.3 Sedimentte Ölçülen Parametreler	21
4.3.1 Kirlilik İndeksleri.....	22
4.3.2 Kalite Parametreleri	24
4.3.3 Toksisite ve Risk Analizi.....	26
4.4 Sediment Trend Analizleri (GSTA)	26

BÖLÜM BEŞ - VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ..... 28

5.1 Ildır ve Gerence Körfezi Geç Kuvaterner Jeolojik Evrimi ve Deniz Taban Yapıları.....	28
5.1.1 Sismik Stratigrafi	30
5.1.2 Göreceli Deniz Seviyesi Yükselimi ve Erime Suyu Taşkınları.....	38
5.1.3 Deniz Taban Yapıları ve Biyojeolojik Oluşumlar	40
5.2 Sediment Tane Boyu, Organik Karbon ve Karbonat	45
5.3 Sedimentte Ölçülen Elementler	48
5.3.1 Ölçülen Parametrelerin Alansal Dağılımı.....	48
5.3.2 Kirlilik Ölçümü.....	53
5.3.2.1 Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo})	53
5.3.2.2 Zenginleştirme Faktörü (EF).....	54
5.3.2.3 Kontaminasyon Faktörü (CF) ve Modifiye Kirlilik İndeksleri.....	56
5.3.3 Sediment Kalite Parametreleri	59
5.3.4 Toksikite Tahmini ve Risk Değerlendirmesi	62
5.4 Sediment Taşınma İşlevleri	65
5.5 Akıntı Rejimi	68

BÖLÜM ALTI - SONUÇLAR..... 71

KAYNAKLAR.....79

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Çalışma alanı (Ildır Körfezi) yer bulduru haritası.....	1
Şekil 1.2 Ildır Körfezi batimetri haritası.....	2
Şekil 1.3 Karaburun-Ildır Körfezi özel çevre koruma bölgesi.....	3
Şekil 2.1 Doğu Akdeniz bölgesinin basitleştirilmiş tektonik haritası.....	5
Şekil 2.2 Karaburun Yarımadası'nın basitleştirilmiş jeoloji haritası.....	7
Şekil 2.3 Karaburun Yarımadası ve çevresinde 2007-2011 arası magnitüdü 4.0'dan küçük bazı depremlerin lokasyonları ve odak mekanizması çözümleri.....	11
Şekil 3.1 Ege Denizi 1991 yaz dönemi ve 1992 sonbahar dönemi akıntı sisteminin şematik gösterimi.....	13
Şekil 4.1 C-MAX CM2 yanal taramalı sonar cihazı.....	17
Şekil 4.2 Stratabox sığ sismik mühendislik sistemi.....	18
Şekil 4.3 Box Corer sediment örnekleme sistemi ve biyolojik örnekler.....	20
Şekil 4.4 Çalışma alanındaki sediment örnekleme lokasyonları (ID ve i kodlu).....	21
Şekil 5.1 A) Dünya genelinde son 140000 yıl süresince etkin olan deniz seviyesi değişimleri, B) Güney Brezilya örneğinde son buzul dönemi ve sonrası için çıkarılan deniz seviyesi eğrisi.....	28
Şekil 5.2 Çalışma alanı üç boyutlu batimetri haritası.....	30
Şekil 5.3 a) Gerence Körfezi'nde KB-GD yönlü sığ sismik kayıtlar ve yorumları, b) Ildır Körfezi'nde KB-GD yönlü sığ sismik kayıtlar ve yorumları.....	31
Şekil 5.4 a) Ildır Körfezi'nde GB-KD yönlü sığ sismik kayıtlar ve yorumları, b) Ildır Körfezi'nden Gerence Körfezi'ne GB-KD yönlü sığ sismik kayıt ve yorumu.....	33
Şekil 5.5 Ildır Körfezi'nden alınan sismik kesit örneğinde sismik ünite (SU) ve yansıma yüzeyleri (R).....	35
Şekil 5.6 a) Ildır Körfezi'nde yüzey sedimentlerinin (SU4) alansal dağılımı ve kalınlık verileri, b) En yaşlı istifin (SU1) alansal dağılımı ve kalınlık verileri.....	36

Şekil 5.7 Son 20000 yıllık döneme ait Dünya genelinde geçerli olan deniz seviyesi değişim eğrisine göre Ildır-Gerence Körfezleri'nde yer alan sedimanter oluşukların deniz seviyesi değişimlerine bağlı gelişimi.....	40
Şekil 5.8 Ildır ve Gerence Körfezi'nde saptanabilen deniz taban yapıları ve biyojenik unsurlar.....	41
Şekil 5.9 A, B: Gerence Körfezi'ndeki CB8 lokasyonundaki korallijenli habitatlar, C: Herhangi bir CB lokasyonundaki korallijenli habitat, D: <i>Posidonia oceanica</i> çayırları.....	44
Şekil 5.10 (a) İri taneli sediment boyu alansal dağılım haritası, (b) İnce taneli sediment tane boyu dağılım haritası, (c) Organik karbon içeriği alansal dağılım haritası, (d) Karbonat içeriği alansal dağılım haritası.....	46
Şekil 5.11 Ildır Körfezi yüzey sedimentlerindeki toplam ağır metal konsantrasyonları.....	49
Şekil 5.12 a) Ildır Körfezi'nde sedimentte ağır metal içeriklerinden As ve Cr alansal dağılım haritaları, b) Cu ve Ni alansal dağılım haritaları, c) Pb ve Zn alansal dağılım haritaları.....	50
Şekil 5.13 Ildır Körfezi sedimentte ağır metal içeriklerinin jeoakümüülasyon indeksi (I_{geo}) hesaplama sonuçları.....	54
Şekil 5.14 Ildır Körfezi sedimentte ağır metal içeriklerinin zenginleştirme faktörü (EF) hesaplama sonuçları.....	55
Şekil 5.15 a) Ildır Körfezi'nde istasyon bazında saptanmış sedimentte ağır metal içeriklerinin modifiye kirlilik indeksi (MPI) değerleri, b) MPI değerleri alansal dağılım haritası.....	58
Şekil 5.16 Ildır Körfezi sediment örneklerinde ölçülen metal konsantrasyonları ile biyolojik yan etki (TEL-PEL) ve toksiklik (ERL-ERM) oranları.....	61
Şekil 5.17 Ildır Körfezi sediment örneklerinde metal konsantrasyonlarına bağlı olarak hesaplanan Q_{TEL} ve Q_{PEL} değerlerinin istasyonlar genelindeki dağılımı.....	62
Şekil 5.18 Analizi yapılan ağır metallerin Ildır Körfezi sedimentlerinde toplam risk bölümlerine (Q_{PEL}) katkıları.....	63

Şekil 5.19 Ildır Körfezi sedimentlerinde toplam risk (Q_{PEL}) unsurlarının alansal dağılımı.....	64
Şekil 5.20 Çalışma alanında (a) GSTA yöntemiyle üretilen sediment taşınma yönleri, (b) Sediment taşınma modelinin sadeleştirilmiş yorumsal konfigürasyonu.....	65
Şekil 5.21 (a) Sediment taşınma modeli ile sismik stratigrafik yorumlardan saptanmış güncel sediment depolanma alanı, b) Sediment depolanma alanı ile ince taneli yüzey sediment dağılım haritasının karşılaştırılması, (c) Saptanan güncel sediment depolanma (D) ve aşınma, taşınma (A/T) zonlarını gösteren örnek sismik kayıt.....	67
Şekil 5.22 Çalışma alanındaki noktasal akıntı yönleri ve hızları, (a) 7.4.2017, (b) 8.4.2017, (c) 9.4.2017.....	68
Şekil 5.23 Çalışma alanı genel akıntı rejimi ve sıcaklık dağılım haritası.....	70

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5.1 Sismik ünite ve yansıma yüzeyi tanımları, yorumlanmış litolojiler ve çökelme ortamları.....	35
Tablo 5.2 Biyojeolojik yükseltilerin bulunduğu derinlikler ve yaklaşık boyutları.....	44
Tablo 5.3 Ildır Körfezi sediment kalitesi ölçüm verileri ve sediment kalitesi kılavuz parametreleri (ppm).....	49
Tablo 5.4 Ildır Körfezi sedimentlerinde zenginleştirme faktörü yüzdesi (% EF) değerleri.....	56
Tablo 5.5 Ildır Körfezi yüzey sediment örneklerinde kontaminasyon faktörü değerleri.....	58
Tablo 6.1 Ildır Körfezi yüzey sediment örneklerinde uygulanan kirlilik kriterleri özet değerleri.....	75

BÖLÜM BİR

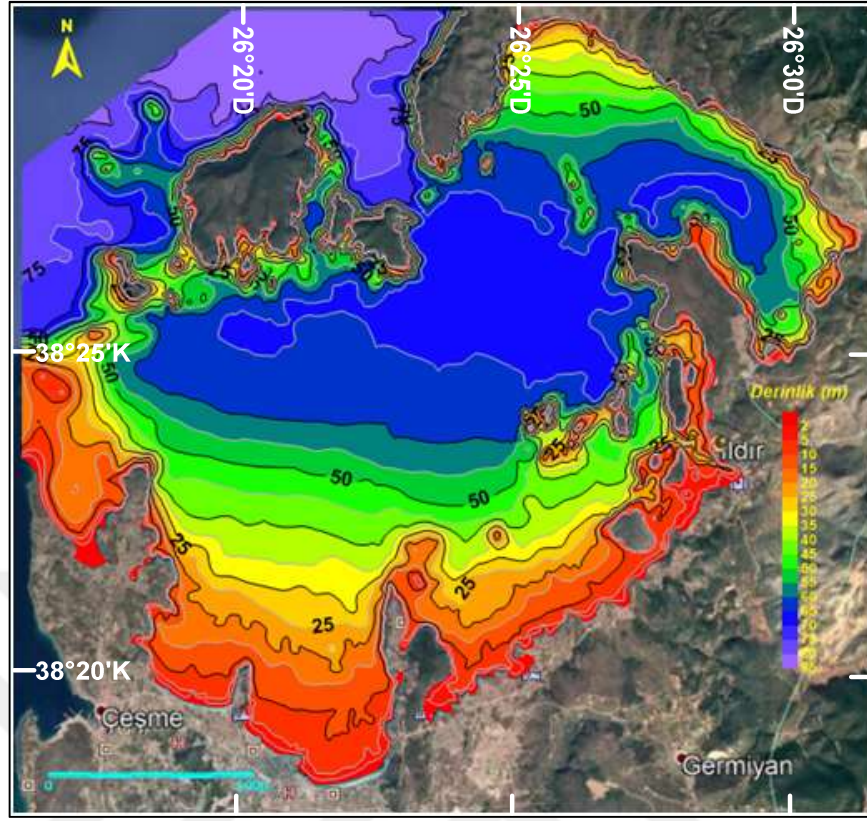
GİRİŞ

Çalışma alanı olan Çeşme Ildır Körfezi, Türkiye'nin batısında Karaburun Yarımadası ile Çeşme Kanalı arasında ve İzmir'den yaklaşık 60 km uzaklıkta yer almaktadır (Şekil 1.1). Körfezde son buzul döneminden sonra deniz seviyesi değişimleri göze çarpmaktadır (Eryılmaz, 2003). Ildır ve Gerence Körfezleri'ndeki denizaltı sırtları, adalar ve adacıklar topografik deniz yükselişinin en son biçimleridir.

Ildır Körfezi'nin kuzey kıyı şeridi çok dar ve aniden derinleşen bir yapı göstermektedir. Körfezdeki maksimum derinlik yaklaşık 70 m (Şekil 1.2) olup, alanın ortalama eğimi % 3 ile % 5 arasında değişmektedir (Eryılmaz ve Eryılmaz, 2017).

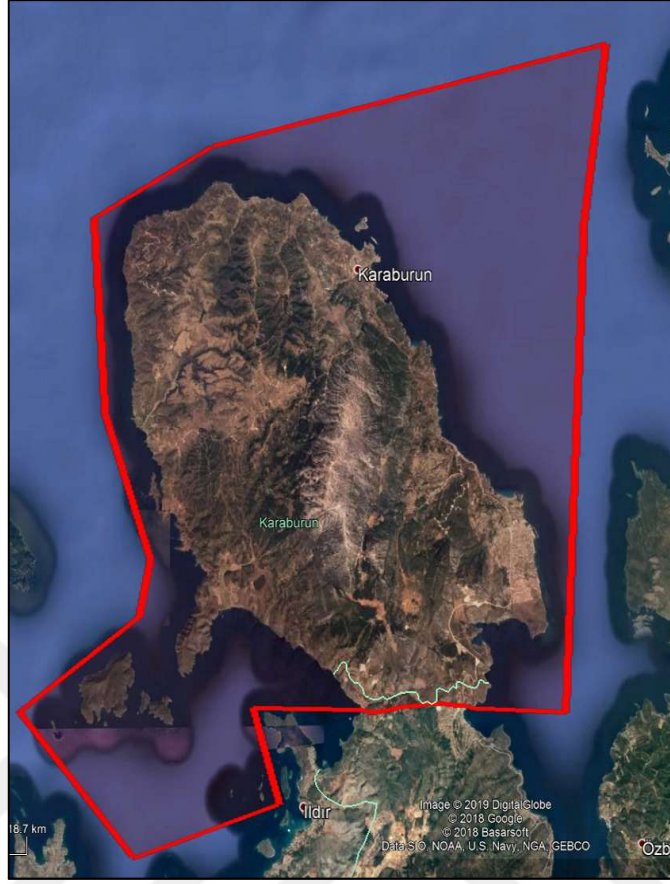


Şekil 1.1 Çalışma alanı (Ildır Körfezi) yer bulduru haritası



Şekil 1.2 Ildır Körfezi batimetri haritası (Gerence Körfezi-Ildır Körfezi elektronik haritasından (SHODB, 2004) oluşturulmuştur.)

Arkeolojik zenginliğinin yanında endemik, nadir ve nesli tükenmekte olan bitki örtüsü ve yine nesli kritik derecede tehlike altında olan Akdeniz fokunun önemli üreme ve yaşama alanlarını barındıran Ildır Körfezi'nin kuzeyi ve Karaburun çevresi kapsamındaki alan 2019 yılında “Özel Çevre Koruma Bölgesi” olarak ilan edilmiştir (Şekil 1.3). Karaburun Yarımadası'nın sulak alanlarında yaşayan su samuru ve makiliklerinde yaşayan karakulak alanda az sayıda bulunan önemli memeli türlerinden olup, yaklaşık çeyrek asırdır bölgede faaliyet gösteren balık çiftliklerinden kaynaklanan olumsuz çevresel etkilerin de neden olduğu baskılar altındadır. Sadece sınırlı sayıda yüzey unsurları nedeniyle koruma bölgesi kapsamına alınan bölgenin denizel ortam özellikleri yeterince bilinmemektedir.



Şekil 1.3 Karaburun-Ildır Körfezi özel çevre koruma bölgesi (T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, 2020)

Bu tez, esas olarak yer ve deniz bilimleri açısından Ildır Körfezi'nin son 20000 yıllık jeolojik geçmişiyle birlikte güncel oşinografik özelliklerinin araştırılması, deniz seviyesi değişimlerine ait bilgiler edinilmesi, deniz taban yapılarının tespiti, biyojeolojik ve kirletici unsurlar ile ilgili ayrıntılı denizel verilerin saptanması ve yorumlanması amacıyla yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM İKİ

DOĞU AKDENİZ'DEN KARABURUN YARIMADASI'NA JEOLojİK VE TEKTONİK ÖZELLİKLER

2.1 Doğu Akdeniz'in Tektonik Evrimi

Günümüzde Akdeniz'de, apaçık bir morfoloji ile İtalya Yarımadası, Yunanistan Yarımadası ve Ege Adaları haricinde, Anadolu'nun başka bir jeomorfolojik ve tektonik yapıya sahip olduğu kolayca ayırt edilmektedir. Batı Anadolu'nun stratigrafik özellikleri sadece iki boyutlu genel jeolojik bilgi olmakla kalmamıştır. Jeolojik zaman faktörünün dışında, yapısal derinlik boyutunun günden güne keşfiyle yeni bir teorik yaklaşımın oluşturulabileceği düşünülmektedir. Meydana gelebilecek yeni sentez, Ege Denizi'nin batısı ile karşılaştırmalı ve sonuçta farklı jeolojik yorumlamalar yapılabilir hale gelinebilinmelidir.

Jeomorfolojik birimlerin oluşması, Anadolu'nun karalaşmaya başladığı Oligosen sonlarındaki tektonik olaylarla başlamıştır. Doğu Akdeniz, Oligosen'de başlayan ve Neojen ile Kuvaterner boyunca gelişen oluşum süreci içinde bugünkü şeklini almıştır. Bu yüzden jeomorfolojik gelişimi Oligosen sonundan itibaren ele almak gereklidir. Karasallaşma başladıktan sonra yapısal özelliklerin ve tektonik olayların morfolojik biçimlenmede belirleyici rolü olmuştur. Tektonik olayların azaldığı dönemlerde aşınım yüzeyleri oluşurken, şiddetlendiği evrelerde düşey hareketlere bağlı grabenleşmeler, yelpazeler ve derin yarıklar oluşmuştur (Kozan, 1982).

Anadolu'dan Ege Denizi'ni de içine alan Doğu Akdeniz bölgesinin tektonik yapıları Şekil 2.1'deki haritada basitleştirilmiş olarak gösterilmiştir. Özellikle son 40 yıldır jeolojik araştırmaların odağında olan bu bölgede karasal litosferin mekaniği konusundaki tartışmalar halihazırda devam etmektedir.



Şekil 2.1 Doğu Akdeniz bölgesinin basitleştirilmiş tektonik haritası; Anadolu-Toros bloğu, Sakarya zonu, Sakız Adası-Karaburun birimleri, Kenet kuşağı, Bindirme fayı, (Karaburun Yarımadası kırmızı kare içine alınmıştır) (Löwen ve diğer., 2018'den değiştirilerek oluşturulmuştur.)

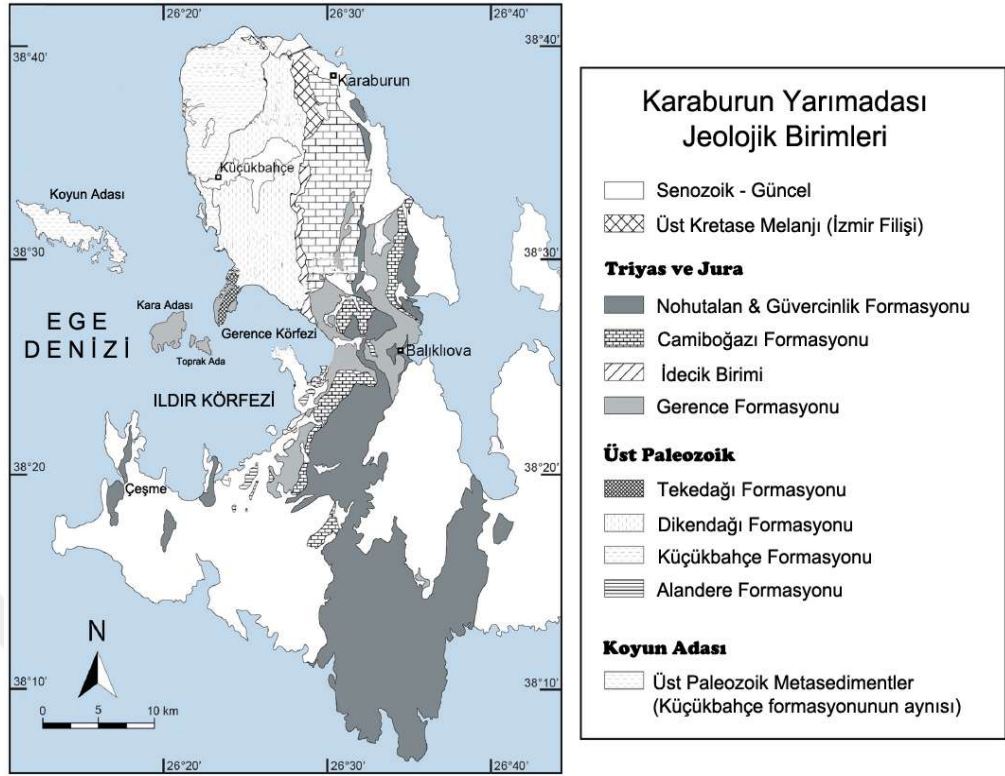
Doğu Akdeniz, Geç Paleozoyik ile Erken Mesozoyik dönemde Tetis Okyanusunun evriminden güçlü bir şekilde etkilenmiştir. Paleotetis, Gondwana ve ondan kopmuş olan kıta parçalarını Avrasya Kıtası'ndan ayıran Paleozoyik zamanın başından ortasına kadar ortaya çıkan bir okyanus olarak kabul edilmektedir (Stampfli ve Borel, 2002; Stampfli ve diğer., 2013; Şengör ve diğer., 1984a;). Paleotetis'in yakın tarihini anlamak için, Karaburun Yarımadası'nın ve Sakız Adası'nın neredeyse metamorfize edilmemiş tortul kayaç içerikleri kilit rol ifade etmektedir (Besenecker ve diğer., 1968; Erdoğan ve diğer., 1990; Kozur, 1998; Robertson ve Pickett, 2000; Robertson ve Ustaömer, 2009). Sakız Adası'ndaki kayaçların jeokimyasal yapısı (U-Pb yaşı), rutil ve krom spinel verileri Geç Paleozoyik'te güney Avrasya kenarı boyunca çökelmeyi düşündürmektedir (Löwen ve diğer., 2017; Meinhold ve diğer., 2007, 2008a, 2008b).

Bölüm 2.2'de bahsedilecek Küçükbahçe, Dikendağı, Alandere, Gerence ve Güvercinlik formasyonları ile İdecik biriminden alınan silikatlı örnekler Peleotetis'in boyutunun giderek azaldığını ve nihayetinde yok olduğunu göstermektedir (Löwen ve diğer., 2018).

Ege havzası, dünyadaki en aktif kıtasal genişleme alanlarından birisidir (Angelier, 1978; McKenzie, 1972; Şengör ve diğer., 1984b). Bölgedeki yüksek sismisite ve elde edilen jeomorfolojik kanıtlar, plaka tektoniğinin Ege havzası'nın kıtasal deformasyonuna etkilerini anlamak için en önemli göstergelerdir (Chatzipetros ve diğer., 2013). Batı Anadolu ile birlikte Ege Denizi'nin K-G yönlü hareketi, Helenik yitim zonunun levha çekim kuvveti ile batması ve/veya Anadolu'nun batıya kaçıışı ile ifade edilir (Dewey ve Şengör, 1979; Le Pichon ve Angelier, 1979; McKenzie, 1978; Taymaz ve diğer., 1991). Son yıllarda yapılan GPS çalışmaları, aktif fay dağılım haritaları ve deniz tabanı derinlik ve tabanaltı sismik ölçümleri bölgenin tektonik kinematığının daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır.

2.2 Karaburun Yarımadası'nın (Ildır ve Gerence Körfezi Özelinde) Jeolojisi ve Depremselliği

Karaburun Yarımadası, Türkiye'nin en batı kesiminde yer almaktadır. Yarımada, kuzeydeki Sakarya zonunu güneydeki Menderes masifinden ayıran İzmir-Ankara kenet zonunun bir parçasıdır (Moix ve diğer., 2008; Okay ve Tüysüz, 1999; Stampfli, 2000). Yaklaşık 1600 km²'lik Karaburun Yarımadası'nın jeolojik birimleri Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Karaburun Yarımadası'nın basitleştirilmiş jeoloji haritası (Löwen ve diğer., 2018'den değiştirilerek oluşturulmuştur.)

Von Alfred Philippson'un (1911) yılında yayınladığı İyonya ve batı Lidya'daki araştırmalar ile başlayan yarımada'nın jeolojik ve tektonik haritalama çalışmalarında önemli ilerlemeler sağlanmasına rağmen, özellikle Paleozoyik istif için tektono-stratigrafik durum ve tortu birikiminin zamanlaması tam olarak anlaşılamamıştır (Çakmakoğlu ve Bilgin, 2006; Erdoğan ve diğer., 1990; Kalafatçıoğlu, 1961; Philippson, 1911; Robertson ve Pickett, 2000; Robertson ve Ustaömer, 2009; Stampfli ve diğer., 2003).

Karaburun Yarımadası kuzeybatısının büyük bir bölümünde silikat içerikli kırıntılı kayaların oluşturduğu Küçükbahçe ve Dikendağı formasyonları hakimdir. Yapısal olarak daha altta olan Küçükbahçe formasyonu, blok oluşturmeyen metamorfize (türbiditik) kumtaşı ve şeyllerden oluşmuştur. Üstte bulunan Dikendağı formasyonu ilk olarak Çakmakoğlu ve Bilgin (2006) tarafından tanımlanmıştır.

Robertson ve Ustaömer (2009)'da ise Dikendağı formasyonundan, Karaburun melanji olarak bahsedilmektedir. Bu istif, yaşları Silüriyen'den Karbonifer'e kadar değişen siyah çört ve pelajik kireçtaşları ile yüksek oranda deforme olmuş silikatlı bir matris içine gömülü volkanik kayalardan oluşmaktadır. Biyostratigrafik verilere bakıldığında siyah çört Silüriyen-Karbonifer yaşlı, kireçtaşları ise Silüriyen-Devoniyen yaşlı olarak tarihlendirilmiştir (Kozur, 1995, 1997, 1998). Dikendağı formasyonunu, Küçükbahçe formasyonundan ayırt eden özellikler blokların oluşumu ve daha düşük metamorfik derecelendirme gösteren az bir şistozitedir. Bununla birlikte, Küçükbahçe ile Dikendağı formasyonları arasında tektonik bir ilişki bulunmaktadır.

Gerence Körfezi'nin güney kıyısındaki Alandere formasyonu, Robertson ve Pickett (2000) tarafından Karaburun melanjında yapısal olarak en üstteki bölüm olarak yorumlanmıştır. Alandere formasyonu ağırlıklı olarak fosilce zengin sığ su kireçtaşları, kumtaşları, konglomera, şeyl ve çörtlerden oluşmaktadır. Bu formasyon yine biyostratigrafik veriler ışığında Karbonifer yaşlı olarak sınırlandırılmıştır (Erdoğan ve diğer., 1990). Alandere, Dikendağı ve Küçükbahçe formasyonlarından oluşan Paleozoyik istif Ordovisiyen-Karbonifer sedimanter istifi olarak yorumlanmıştır (Çakmakoglu ve Bilgin, 2006). Buna karşılık bu sedimentlerden gelen kırıntılı zirkonun yaşı üzerine Löwen ve diğer. (2017) tarafından yapılan çalışma, Küçükbahçe ve Dikendağı formasyonlarının çökmesinin muhtemelen orta Karboniferde başladığını ve en azından Pennsylvaniyen-Cisuraliyen'e kadar devam ettiğini göstermektedir.

Robertson ve Pickett (2000) ile Robertson ve Ustaömer (2009)'a göre Geç Paleozoyik Karaburun melanji, Karaburun Yarımadası'nın doğu ve güney bölgesinin büyük bölümünü oluşturan Mezozoyik platform karbonatlarının hakim olduğu kalın bir istif tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Bu istif Erken Triyas-Geç Kretase yaşındadır ve Gerence formasyonu, İdecik birimi, Camiboğazı formasyonu ve Güvercinlik formasyonu dahil olmak üzere birkaç birime bölünmüştür (Çakmakoglu ve Bilgin, 2006). Gerence formasyonu, Karaburun melanjını uyumsuz bir biçimde

örtmektedir. Taban, altta yatan oluşumların yeniden işlenmiş malzemesi ve tepesinde karbonat bakımından daha zengin konglomeralara dönüşen kumtaşı ile çakıltaşlarının hakim olduğu silikatlı bir kısımdan oluşmaktadır. Bol fosil içeren Gerence formasyonu Erken Triyas yaşlıdır. Bu formasyonu, kalın tabakalı masif kireçtaşları içeren Orta-Geç Triyas yaşlı Camiboğazı formasyonu izlemektedir (Brinkmann ve diğer., 1972; Erdoğan ve diğer., 1990).

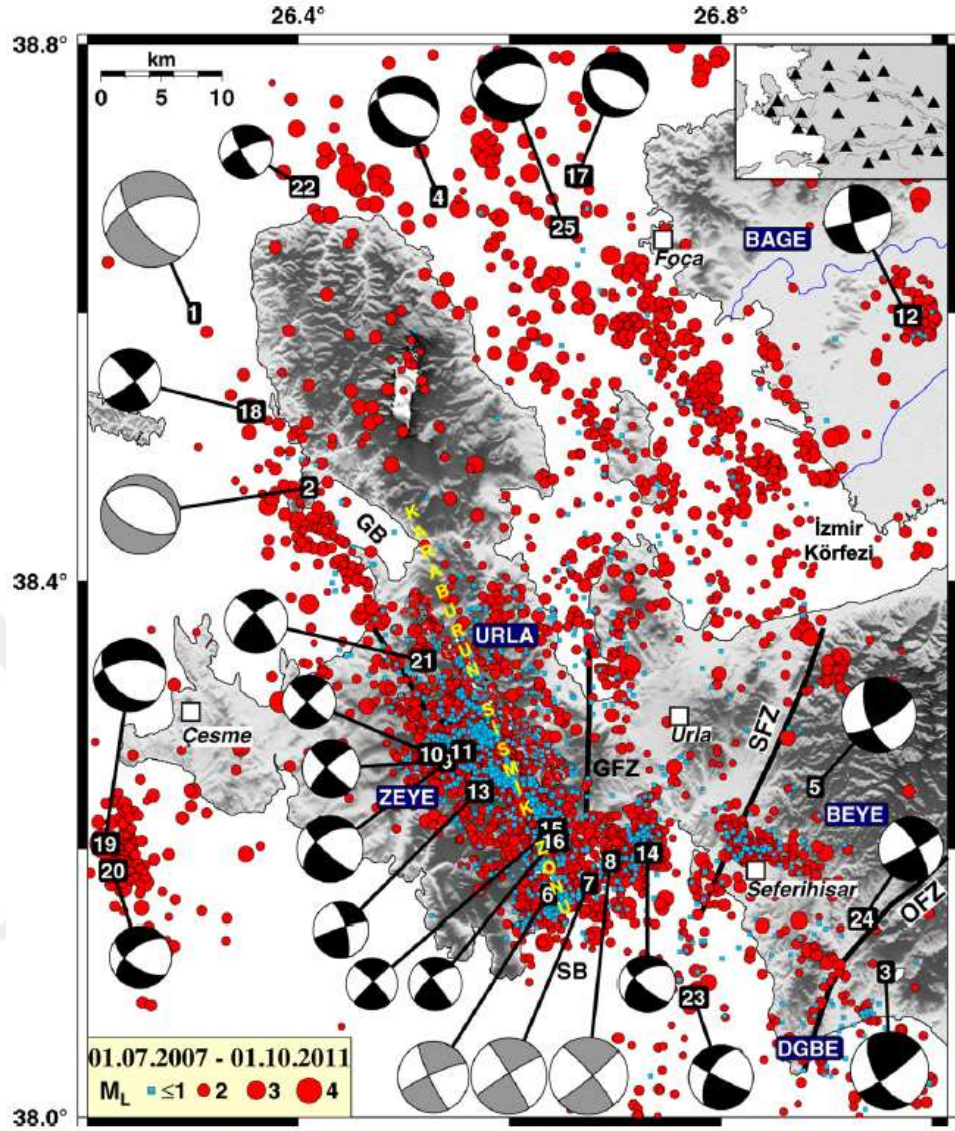
Güvercinlik formasyonu, kırmızı renkli kumtaşları, çakıltaşları ve fosilli (çift kabuklular, alglar ve gastropodlar) Geç Triyas yaşlı oolitik ve dolomitik kireçtaşlarının detritik bir istifidir (Çakmakoglu ve Bilgin, 2006; Stampfli ve diğer., 2003).

Karaburun Yarımadası'nın orta bölümünde, Karaburun melanji ile Gerence formasyonu arasındaki bindirme fayını oluşturan İdecik birimi bulunmaktadır. Volkanoklastik kayalar, bazik lavlar, tüflü-kalkerli malzemeler ve radyolaritler bu birimin temel bileşenleridir (Çakmakoglu ve Bilgin, 2006).

Çalışma alanında kıyıdan derine doğru kumlu malzemeler (kum, siltli kum), siltli malzemeler (kumlu silt ve killi silt), killi malzemeler (siltli kil) ve biyojenik malzemeler görülmektedir. Bu malzemeler derindeki akıntıların arttığı zamanlarda açık denizden içeriye körfezin derin deniz tabanına doğru hareket edebilmektedir. Düşük eğim sebebiyle yalnızca karasal kökenli silt ve kil boyutundaki malzemeler akıntılarla uzun mesafelere taşınabilmektedir. Kıyılara yakın yerlerde kum ve çakıllı çökeltilerden oluşan alanlar nispeten daha kompaktır. Eğimin % 10'u aştığı alanlarda ve şelf kırığı boyunca sedimantasyon minimumdur. Ildır Körfezi'ndeki çökeltiler çoğunlukla litojen ve tutarlı bir karakteristiktir. Gevşek ve iri malzemeler kıyı bölgelerinde, ince ve içiçe geçmiş malzemeler ise daha derin kısımlarda yaygındır (Eryılmaz ve diğer., 1998; Meriç ve diğer., 2013a, 2013b).

D-B graben sistemi (Gediz ve Büyük Menderes) büyük oranda normal faylardan oluşmasına rağmen ağırlıklı olarak yıkıcı depremleri yaratabilecek doğrultu atımlı faylar Karaburun Yarımadası'nı çevreleyen bölgede bulunmaktadır (Şekil 2.3). Sağ yanal doğrultu atımlı Gülbahçe Fay Zonu (GFZ), karbonatlar ve tortul birimler arasındaki sınırı belirler. Sağ yönlü doğrultu atımlı olan Seferihisar Fay Zonu (SFZ) deformasyon bölgesi boyunca 30 km uzunluğundadır. Orhanlı Fay Zonu (OFZ) ise birkaç sağ yönlü doğrultu atımlı segmente sahiptir ve yaklaşık 45 km boyunca uzanmaktadır (Emre ve Barka, 2000; Genç ve diğer., 2001; Uzel ve diğer., 2012). Çakmakoglu ve Bilgin (2006), 1996-1998 yılları arasında MTA'nın yaptığı çalışmalarda bölgenin jeolojik haritasını yayınlamış, Sığacık ile Gerence Körfezleri arasındaki bir fayı haritalamış ancak bu fay hakkında başka bir bilgi sunmamıştır. Ocakoğlu ve diğer., (2005) ise, Karaburun Yarımadası'nın güneyinde yaptığı deniz sismik yansıma çalışmaları ile bazı aktif doğrultu atımlı fayları haritalandırmıştır.

Maalesef ulusal deprem veri katalogları Batı Anadolu'daki yerel fayları tartışmak için yetersizdir. Bu fayların faaliyetlerini incelemek amacıyla 2007 yılında "Multi-Disciplinary Earthquake Researches in High Risk Regions of Turkey Representing Different Tectonic Regimes (TURDEP)" isimli proje hayata geçirilmiştir (İnan ve diğer., 2007). Bu proje kapsamında Temmuz 2007 yılından Ekim 2011 yılına kadar Karaburun Yarımadası'ndaki daha çok mikro ölçekli depremler analiz edilmiştir. Depremlere bakıldığında özellikle yarımadanın merkezi sismik olarak en aktif bölgedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Karaburun Yarımadası ve çevresinde 2007-2011 arası magnitüdü 4.0'dan küçük bazı depremlerin lokasyonları ve odak mekanizması çözümleri (TURDEP, 2007-2011), (Geniş bant sismoloji ağı haritanın sağ üst köşesinde gösterilmektedir. Siyah çizgiler fayları temsil etmektedir. GB: Gerence Körfezi, SB: Sığacık Körfezi, GFZ: Gülbahçe Fay Zonu, OFZ: Orhanlı Fay Zonu, SFZ: Seferihisar Fay Zonu), (Tan, 2013'den değiştirilerek oluşturulmuştur.)

Daha çok küçük deprem kümelenmeleri görülen yerler, Gerence Körfezi'nin güneybatı sınırında ve Seferihisar'ın kuzey kısmındadır. Gerence Körfezi kabaca dikdörtgen şeklinde ve KB-GD doğrultusunda olan iki küçük yarımada ile çevrelenmiştir. 2007-2011 yılları arasında körfezin güneybatısında yaklaşık 80 tane

sismik aktivite kayıt edilmiştir. Bu kayıtların episantrları haritalandığında KB-GD doğrultusunda uzandıkları ve Gerence Körfezi'nin şekli ile iyi bir uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

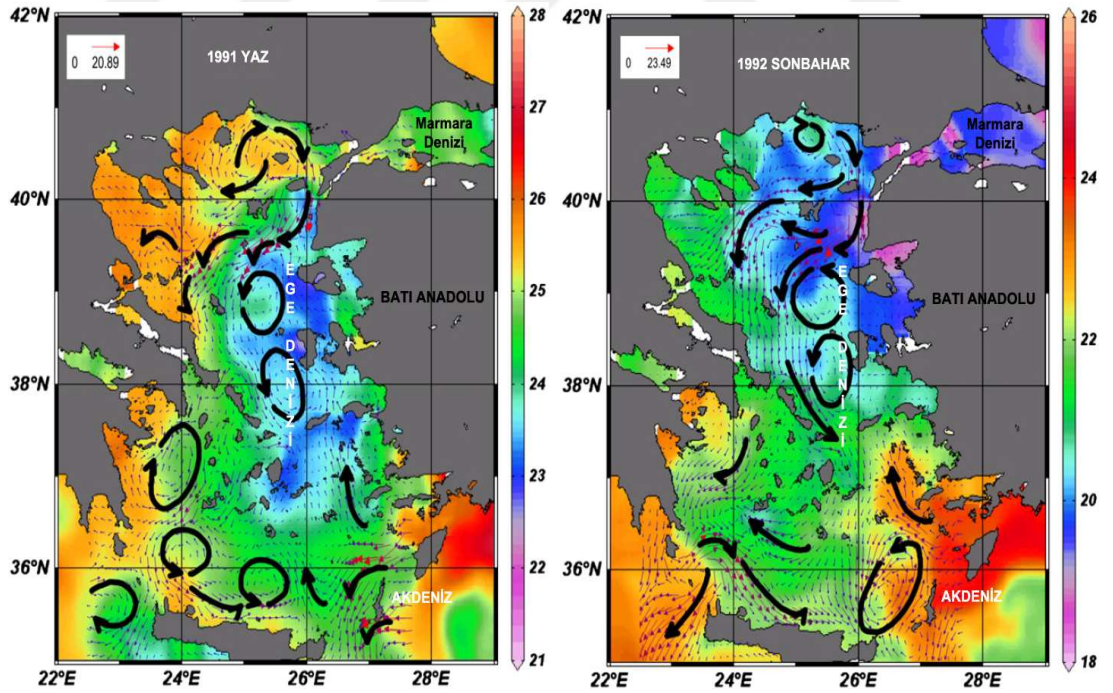
Karaburun Sismik Zonu (KSZ), Anadolu ve Güney Ege mikroplakaları arasındaki sınırın segmentlerinden biridir. Ancak bu çıkarım sadece blok modelleme çalışmalarıyla test edilmiştir. KSZ'nda meydana gelecek çok daha fazla sayıda mikro deprem yorumlanmalı ve jeodezik ölçümler gibi farklı yöntemlerle desteklenmelidir.



BÖLÜM ÜÇ

ILDIR VE GERENCE KÖRFEZİ İLE EĞRİLİMAN BOĞAZI FİZİKSEL OŞİNOGRAFİSİ

Ege Denizi genel akıntı sistemi havza boyutlarında bir siklonik döngü olarak tanımlanabilir (Şekil 3.1). Havzanın güneydoğu ucundan giren Doğu Akdeniz suları Türkiye kıyıları boyunca kuzeye doğru hareket eder. Bu akıntı Yunanistan kıyıları boyunca oluşan güney akıntısı tarafından telafi edilir. Adaların varlığı, karmaşık topoğrafya, batimetri, sualtı morfolojisi ve meteorolojik koşullar (rüzgar hızı ve yönü ile buna bağlı dalga yönü, hava sıcaklığı vb.) havza boyunca mezo-ölçekli siklonik ve anti-siklonik girintiler oluşturmaktadır. Ege Denizi'ndeki yüzey akıntılarını etkileyen diğer önemli bir faktör ise Marmara Denizi'nden Çanakkale Boğazı vasıtası ile gelen Karadeniz suyudur (Beşiktepe, 2015; Eryılmaz, 1997; Zodiatis ve diğer., 1996).



Şekil 3.1 Ege Denizi 1991 yaz dönemi (sol) ve 1992 sonbahar dönemi (sağ) akıntı sisteminin şematik gösterimi (ölçek deniz yüzeyi sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) göstermektedir) (Sayın ve diğer., 2011'den değiştirilerek oluşturulmuştur.)

Ege Denizi 2000'den fazla adası ve girintili çıkıntılı kıyıları ile karmaşık bir fiziksel yapıya sahiptir. Doğu kıyıları boyunca, güneyden Akdeniz Levant baseninden hem Levant yüzey sularının (LSW) hem de Levant aratabaka sularının (LIW) Ege Denizi'ni kuzey bölümlerine kadar etkiledikleri bilinmektedir. Türkiye, güneybatı kıyıları boyunca kuvvetlice akan (20-80 cm/s) Asya küçük akıntısı (AMC), sözü edilen Levant sularını Girit yayı'nın sağında kalan boğazlara (Rodos, Kassos, Karphatos) ve daha sonra da kuzeye doğru kıyıdan Ege Denizi içlerine kadar taşımaktadır. Bu suların girişleri genellikle bahar aylarında çok daha belirgin biçimde gözlemlenmektedir (Sayın ve diğer., 2011).

2015 yılında "Çevre Açısından Sürdürülebilir Çevre Dostu Balık Çiftlikleri Sisteminin Oluşturulması" projesi (Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 2015) kapsamında Ildır Körfezi'nin büyük bir kısmını kapsayacak şekilde belirlenen hatlar boyunca ADCP ile akıntı ölçümleri yapılmıştır. Noktasal akıntıyı belirlemek için ise, SEAGUARD akıntı ölçer sistemi yüzey ve dip olmak üzere iki derinliğe sabit olarak konuşlandırılmıştır. Gemiye monte edilmiş ADCP ölçümlerindeki akıntı hızı ve yönü doğrulanması noktasal olarak yapılan akıntı ölçümlerinden elde edilmiştir.

Proje sonucunda en çok izlenen akıntı dinamiği, Ildır Körfezi ile Gerence Körfezi arasındaki sınırda varolan su alışverişi ile açıklanmıştır. Ildır Körfezi'nden çıkan sular Gerence Körfezi'ne aralarındaki sınırın sağ sığ tarafından, Gerence Körfezi'nden çıkan sular ise Karareis Burnu'nu yalıyarak Ildır Körfezi'ne girmektedir. Bu iki yönlü akıntı balık çiftliklerinin bulunduğu alanı etkisi altına almaktadır. Özellikle yüzey akıntıları, bu dinamiği yöresel rüzgarların kuzeyden olmasına karşın göstermektedir. Kuzeyden esen rüzgarların şiddetleri çok fazla olmadığı takdirde, genelde bir dipol akıntısının olduğu görülmektedir. Siklonik döngünün Gerence Körfezi'ne giren ve Gerence Körfezi'ni terk eden akıntılar nedeniyle oluştuğu, antisiklonik döngünün ise daha çok balık çiftliklerinin yoğun olduğu bölgeden etkilenen akıntının girdap oluşturmamasından kaynaklandığı görülmüştür. Orta derinliklerde ve tabana yakın derinliklerde ölçülen akıntılar da çoğunlukla aynı desenleri oluşturmuşlardır. Çalışmada Ildır Körfezi'nde ölçülen en

yüksek akıntı hızı 54,5 cm/s olarak yüzeyde ölçülmüştür. Bu maksimum akıntı hızı kuzeybatıdan uzunca bir süre esen kuvvetli rüzgarın etkisinde meydana gelmiştir. Körfez için hesaplanan ortalama akıntı hızı ise 6 cm/s olarak ölçülmüştür.

Tez kapsamında 2017 yılında TÜBİTAK 115Y180 projesinde Ildır Körfezi'nde yapılan ADCP ölçümleri ve değerlendirmelerine Bölüm 5.5'de değinilecektir.



BÖLÜM DÖRT

MATERYAL METOT

4.1 Hidroakustik Ölçümler

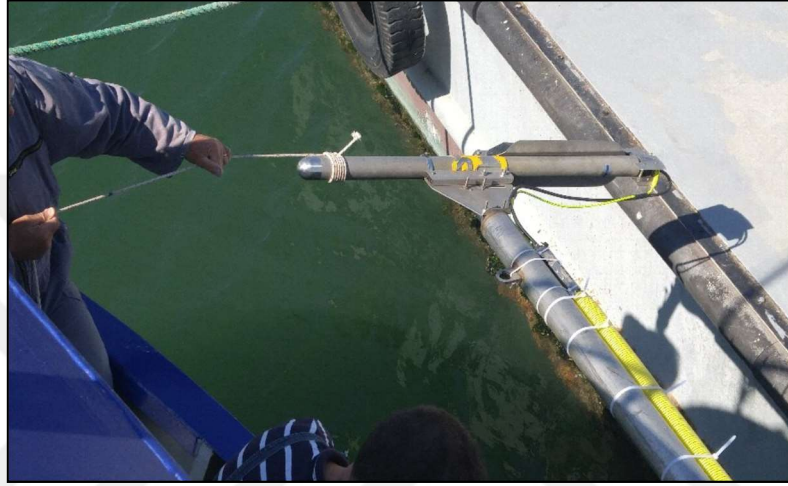
Ildır Körfezi ve Eğriliman boğazını kapsayan deniz çalışmalarında kullanılan hidroakustik veri toplama sistemleri R/V Dokuz Eylül-3 gemisine monte edilmiştir. Ölçümler, çalışma alanında (yaklaşık 193 km²) toplam 425 km'lik hat boyunca ve 1 km'lik grid düzeneğinde dört temel akustik sistemle gerçekleştirilmiştir. Tüm bu sistemlerin kullanımı ve örneklemeler esnasında hassas konum bilgisinin edinilmesi için Ashtech Promark 500 RTK GPS cihazı kullanılmış ve tekne hızının veri kalitesinin korunması için 3-4 knot aralığında olması sağlanmıştır.

GPS sisteminden alınan koordinat verileri, eş zamanlı olarak akustik sistemlere aktararak verilerin coğrafi konum bilgileriyle birlikte Hypack/Hysweep yazılımı yardımıyla depolanması ve işlenmesi sağlanmıştır. Derinlik ölçümleri sayesinde deniz tabanının 3 boyutlu batimetri haritası oluşturulmuş ve bu şekilde potansiyel depolanma alanları, posidonia çayırları ve diğer habitat alanları, kanal gibi morfolojik yapılar ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çalışmada, 500 m derinliğe kadar ölçüm yapabilen çift transdüserli (33-200kHz) ODOM ECHOTRAC MKIII DF3200 echosounder sistemi kullanılmış ve ulaşılan derinliğe göre % 0,02 hassasiyetle (50 m'de ± 1 cm hassasiyet) veri kaydı yapılmıştır.

Yanal Taramalı Sonar (YTS) ölçümleri kıyı alanlarında taban yapılarının sınıflandırılmasının ve habitat haritalamasının temelini oluşturacak, 100/325 kHz frekanslarında çalışabilen C-MAX CM2 cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kıyıya yakın çalışmalarda sonar, geminin yanına sabitlenerek gemi draftının (yaklaşık 1,5 m)

hemen altından, açık alanda ise 300 m tel kapasiteli vinç yardımıyla tabana maksimum yakınlıkta çekilerek kullanılmıştır (Şekil 4.1). YTS ölçümleri, cihazın hem iskele hemde sancak tarafından 250 m'lik uzaklığı kapsayacağı şekilde alınmış ve bu sayede karelej yapılarak taban materyalinin önemli oranda (%50) görüntülenmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.1 C-MAX CM2 yanal taramalı sonar cihazı (Kişisel arşiv, 2018)

Bölgedeki habitat çeşitliliğinin belirlenmesi, deniz tabanı ve taban altı yapıları ile ilgili yorum yapılabilmesinde destekleyici ve tamamlayıcı bir ölçüm sistemi olan sığ sismik mühendislik sistemi (subbottom profiler) deniz tabanının düşey kesitini çıkararak sığ alanlardaki jeolojik ve sedimantolojik durumun ortaya konmasında kullanılmıştır. Bu sistem, 3,5 kHz ve 10 kHz'lik iki farklı sensörün (Şekil 4.2) deniz tabanına değişik frekanlarda kısa ses dalgaları gönderip taban altından geri yansıyan dalgaların niteliğini kaydetmektedir.



Şekil 4.2 Stratabox sığ sismik mühendislik sistemi (Kişisel arşiv, 2018)

Ses dalgasının ne kadar derine ulaşacağını belirleyecek faktörlerden biri akustik frekans olsa da taban altının jeolojik yapısı da oldukça önemlidir. Gevşek zeminlerde 70 m'lerden veri alınabilirken, kayalık bir zeminde ancak üstünde biriken sediman katmanları görülebilmektedir. Çalışma alanındaki sığ sismik ölçümleri diğer akustik sistemlerle birlikte 1 km aralıklarla yapılmıştır. Bu ölçümler sayesinde deniz tabanının altında var olan yapıyı, kalınlıkları, sediman depolanma koşullarını, tabakalanmaları ve varsa batıkları tespit etmek mümkün olmuştur. Bu bilgiler ışığında, ortamın dinamiği ya da oluşumu hakkında tahminler yapılabilir ve gerekmesi halinde ek olarak, ilgilenilen tabakanın kalınlık haritaları ve ayrıca eğim haritaları oluşturulabilir.

Ildır Körfezi'ndeki akıntı ölçümleri 600 kHz RDI ADCP (Akustik Doppler Akıntı Profili) kullanılarak yapılmıştır. ADCP, geminin yan tarafına aynaları 1 m suyun içinde kalacak şekilde yerleştirilmiştir. ADCP ile toplanan veriler RS-232 kanalıyla VM-DAS (giriş) ve WinADCP (veri dönüşümü) yazılımları ile bilgisayara aktarılmıştır. ADCP ile veri toplanırken eşzamanlı olarak DGPS verileri de bir diğer

RS-232 kanalından bilgisayara aktarılmış ve DGPS ile ADCP ölçümleri eşleştirilmiştir. Gemi referans sisteminde yapılan ölçümleri yer koordinatlarına çevirebilmek için gerekli olan pruva bilgisi DGPS'den elde edilmiştir. DGPS verileri ile teknenin hızları hesaplanmış ve akıntının mutlak değerini bulabilmek için bu hızlar ADCP'nin ölçtüğü akıntı hızlarından çıkarılmıştır. Çalışma alanında ADCP su tabanını sürekli olarak görebildiğinden geminin hızı bu yollarda hesaplanmış ve bu iki metod karşılaştırılarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır.

ADCP, uygulamaya bağlı olarak seçilebilen, genişbant ve darbant olmak üzere iki aralıkta çalışmaktadır. Darbantta çalıştırıldığında yaklaşık yüzeyden 100 m'ye kadar su kolonunda akıntılar ölçülebilirken, geniş bantta yüzeyden 50 m'ye kadar akıntı ölçümü yapılabilir. Öte yandan genişbant kipinde ölçüm hassasiyeti artmaktadır. Akıntı ölçülen alanların derinliği en fazla 50-60 m civarında olduğundan ölçümlerin hassasiyetini artırabilmek için çalışma sırasında ADCP geniş bant kipinde kullanılmıştır. ADCP'nin teknik sınırları içerisinde, deniz yüzeyinin 2 m altından tabana kadar 1 m aralıklarla her saniyede ölçüm alınmıştır. Daha sonraki veri işleme safhasında her bir saniyede toplanan verilerin 120 sn'lik ortalamaları alınarak akıntıların dağılımı çıkarılmıştır. ADCP'nin üzerinde bulunan sıcaklık sensörü sayesinde akıntı verileri ile eşzamanlı sıcaklık verileri toplanmış ve bölgenin fiziksel oşinografi özelliklerini belirlemek için kullanılmıştır (TÜBİTAK-115Y180, 2018).

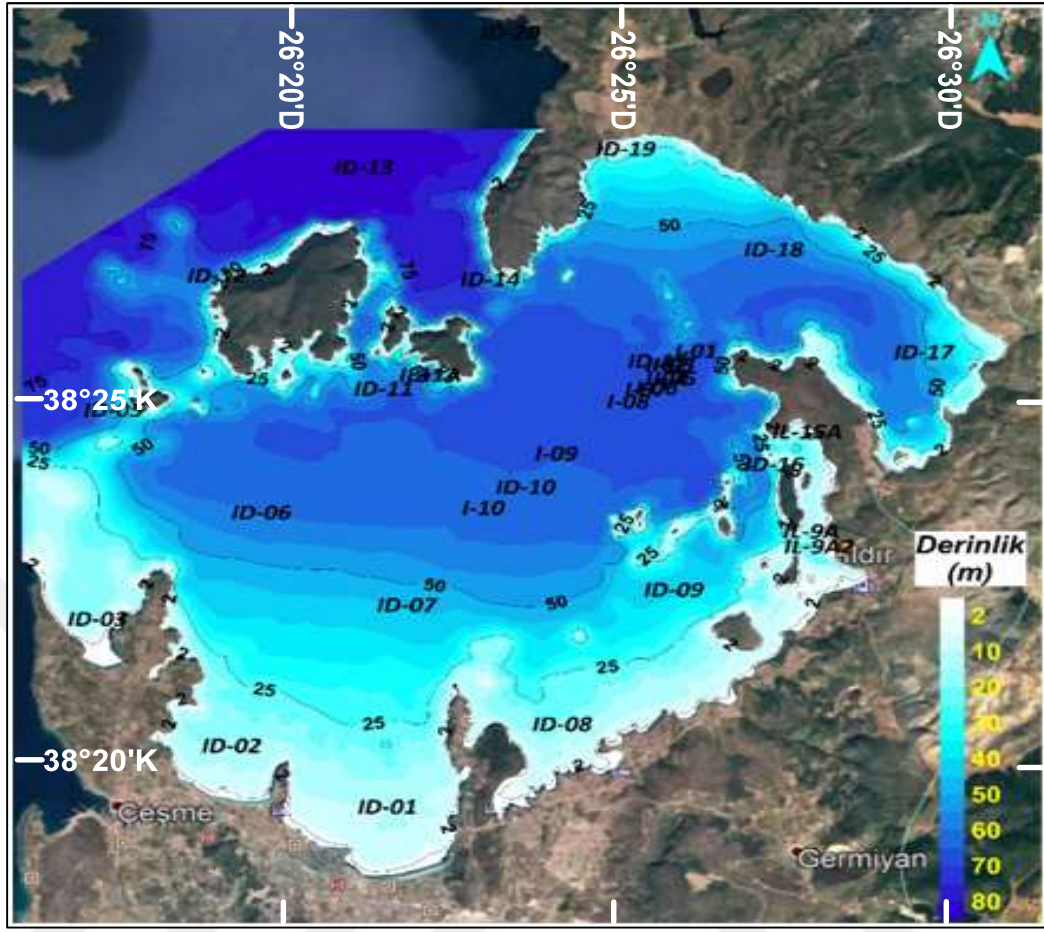
4.2 Sediment Örneklemeleri ve Ölçümleri

Sediment örneklemeleri sığ suda (<20 m) paslanmaz çelik VanVeen kepçe örnekleyicisi veya derin suda (>20 m) box corer ile yapılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Box corer sediment örnekleme sistemi ve biyolojik örnekler (Kişisel arşiv, 2018)

Yüzey sediment örnekleri 2017 yılı bahar ve yaz aylarında iki ayrı sefer sırasında su derinlikleri 10 m ile 80 m arasında değişen 35 lokasyonda toplanmıştır (Şekil 4.4). Örnek lokasyonları DGPS ile belirlenmiştir. Laboratuvar analizleri için sadece üst seviyedeki 5 cm'lik sediman katmanı örneklenmiştir. Tane boyu analizleri ön aşamasında sediment örnekleri karbonat ve organik karbonun ayrılması için HCl ve H₂O₂ ile ön işlemden geçirilerek elenmiş ve kurutulmuştur. 63µm'luk bir mikro elek yardımıyla elenen silt ve kil (<63µm) fraksiyonlarının yüzdeleri hidrometre ile ölçülmüştür. Elek üstünde kalan (>63µm) kum ve çakıl fraksiyonları ayrılarak iri malzeme dağılımı sınıflandırılmıştır. Element analizleri İndüktif Olarak Eşleşmiş Plasma Kütle Spektrometresi (Inductively coupled plasma mass spectrometry-ICP/MS) yöntemi ile yapılmıştır. Bu analiz için örnekler araziden alınır alınmaz dondurulmuş ve laboratuvarda Freeze Dryer ile kurutulmuştur. Kurutulan örnekler 63 mikron açıklıklı elekten elenip hassas terazi ile ölçülerek 5 gram'lık paketler halinde hazırlanmış ve ana merkezi Kanada'da olan Ankara'daki Acme Analitik Laboratuvar Hizmetleri Ltd.Şti.'ne gönderilerek analiz ettirilmiştir.



Şekil 4.4 Çalışma alanındaki sediment örnekleme lokasyonları (ID ve i kodlu)

4.3 Sedimentte Ölçülen Parametreler

Metaller doğal ve/veya antropojenik etkiler sonucunda ekosistemlerde birikebilmektedir. Kirleticilerin denizel ortamlarda birikimi ağırlıklı olarak doğal depolanma ortamlarında yer alan sediment bünyesinde gerçekleşmektedir. Denizel sedimentlerde metal içeriğinin değerlendirilmesi, doğal ve antropojenik etkilerin güncel ve geçmişe yönelik verileri hakkında bilgi edinilmesini mümkün kılmaktadır. Antropojenik ve benzeri çevre kaynaklı etkilerin belirlenmesinde pek çok yöntem kullanılmakta olup Ildır ve Gerence Körfezi denizel ortamından alınan sediment örneklerindeki kontaminasyon çeşitli yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir.

4.3.1 Kirlilik İndeksleri

Jeoakümülayon indeksi (I_{geo}):

Metal kirliliğini değerlendirmek için kullanılan I_{geo} :

$$I_{geo} = \log_2(C_n/1,5 \times B_n) \quad (4.1)$$

C_n : Ölçülen metal konsantrasyonu, B_n : Ölçülen metalin referans konsantrasyonu (Tablo 5.3). 1,5; litojenik etkilerin azaltılması amacıyla kullanılan dalgalanma katsayısı. $I_{geo} < 0$ Neredeyse hiç kirlenmemiş; $0 < I_{geo} < 1$: kirlenmemiş- orta derecede kirlenmiş; $1 < I_{geo} < 2$: orta derecede kirlenmiş; $2 < I_{geo} < 3$: orta-güçlü derecede kirlenmiş; $3 < I_{geo} < 4$: güçlü derecede kirlenmiş; $4 < I_{geo} < 5$: güçlü-aşırı derecede kirlenmiş; $5 < I_{geo}$: aşırı derecede kirlenmiş (Ji ve diğer., 2008; Loska ve diğer., 2003; Lu ve Bai, 2010; Muller, 1969)

Zenginleştirme faktörü (EF):

Zenginleştirme faktörü antropojenik ve jeojenik etkilerin tanımlanması amacıyla önerilmiştir (Reimann ve de Caritat, 2000; Sutherland, 2000). Zenginleştirme faktörünü (EF) ölçmek için Al konservatif bir metal olarak kullanılmıştır.

$$EF = (C_n/C_{ref}) / (B_n/B_{ref(Al)}) \quad (4.2)$$

Burada $(C_n/C_{ref(Al)})$ ölçülen metal değerinin aynı metalin referans değerine oranıdır. $(B_n/B_{ref(Al)})$ ise referans elementin (Al) analizi yapılan örnekteki konsantrasyonunun referans elementin referans değerine oranıdır ($EF < 2$: minimum zenginleştirme; $2 < EF < 5$: orta zenginleştirme; $5 < EF < 20$: önemli zenginleştirme; $20 < EF < 40$: şiddetli zenginleştirme; $40 < EF$: çok şiddetli zenginleştirme)

Kontaminasyon faktörü (C_f):

Sedimentte bulunan ağır metallerin değerlendirildiği çalışmalarda sıklıkla kullanılan ve mevcut durum hakkında ciddi veriler sağlayan bir yöntemdir (Hakanson, 1980; Loska ve diğer., 2004).

$$C_f = C_m / C_{np} \quad (4.3)$$

C_m : Sedimentte ölçülen metal değerlerinin ortalaması (min. 5 ölçüm).

C_{np} : Metale ait endüstriyel faaliyet öncesi döneme ait referans değeri

$C_f < 1$: nispeten düşük; $1 < C_f < 3$: orta; $3 < C_f < 6$: oldukça yüksek ve $C_f > 6$ çok yüksek kontaminasyon

Kontaminasyon derecesi (C_{deg}):

C_f^i kontaminasyon faktörüdür. Kontaminasyon derecesi ise tüm (C_f^i) değerlerinin toplamıdır (Caeiro ve diğer., 2005; Hakanson, 1980).

$$C_{deg} = \sum_{i=1}^n C_f^i \quad (4.4)$$

$C_{deg} < 8$: düşük; $8 < C_{deg} < 16$: orta; $16 < C_{deg} < 32$: oldukça yüksek ve $C_{deg} > 32$ çok yüksek derecede kontaminasyon

Modifiye Kontaminasyon Derecesi (mC_{deg}) ve Modifiye Kirlilik İndeksi (MPI):

Tekli metal indekslerinde uygulamada görülen sınırlamaları çoklu metal indekslerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Hakanson (1980) ve Nemerow (1991) tarafından geliştirilen ve yaygın kullanılan iki indeks, Abraham ve Parker (2008)'in önerdiği modifiye kontaminasyon derecesi (mCd) ve Brady ve diğer. (2015)'in

zenginleştirme faktörü göz önüne alınarak uyarlanmış modifiye kirlilik endeksi (MPI) geliştirilmiştir. Bu indeksler aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$mC_{deg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_f^i \quad (4.5)$$

$$MPI = \sqrt{\frac{(EF_{average})^2 + (EF_{max})^2}{2}} \quad (4.6)$$

$EF_{average}$ ve EF_{max} ortalama zenginleştirme faktörü ve maksimum zenginleştirme faktörüdür. $mCd < 1,5$ yok-çok az kirli; $1,5 < mCd < 2,0$ düşük, $2 < mCd < 4$ orta, $4 < mCd < 8$ yüksek, $8 < mCd < 16$ çok yüksek, $16 < mCd < 32$ aşırı yüksek ve $mCd > 32$ ultra yüksek kirli durum. $MPI < 1$ Kirlenmemiş, $1 < MPI < 2$ az kirli, $2 < MPI < 3$ orta derecede kirli, $3 < MPI < 5$ orta ila yoğun kirlenmiş, $5 < MPI < 10$ ciddi derecede kirlenmiş ve $MPI > 10$ aşırı şekilde kirli durum.

4.3.2 Kalite Parametreleri

Bentik organizmalar için potansiyel biyolojik tehdidi tahmin etmek amacıyla sediment kalitesini değerlendirmek için çeşitli göstergeler geliştirilmiştir (Burton, 2002). Bunların en yaygını Long ve diğer. (1998) tarafından önerilmiş olan, TEL, PEL ile ERL ve ERM etki düzeyleri aşağıda açıklanmıştır:

TEL_PEL:

Sediment kalitesi yönergelerinin (SQG) geliştirilmesinde kimyasal konsantrasyonlardaki aralıkların tanımlanması önerilmiştir (USEAPA, 1992). Bu kapsamda geliştirilen iki kılavuz değer (TEL ve PEL); ender, olası ve muhtemel olumsuz biyolojik yan etkilerle ilişkili olan üç kimyasal konsantrasyon aralığını tanımlamak için kullanılmaktadır (Tablo 5.3). Burada Threshold Effect Level (TEL), yan etkilerin sadece nadiren meydana gelmesi beklenen konsantrasyonu temsil eder.

Probable Effect Level (PEL), Üzerinde olumsuz etkilerin sık sık meydana gelmesi beklenen konsantrasyonu temsil eder (Smith ve diğer., 1996).

(Kimyasal Konsantrasyon)<TEL: Minimum toksik (% 9)

TEL<(Kimyasal Konsantrasyon)<PEL: Olası toksik (% 24)

PEL<(Kimyasal Konsantrasyon): Muhtemel toksik (% 53)

ERL-ERM:

Çevresel toksikolojide, düşük etki aralığı (ERL) ve orta etki aralığı (ERM), deniz ortamındaki sedimentlerde toksisite ölçümleridir ve genel olarak kamu kurumları tarafından, özellikle eser metaller veya organik kirleticilerden kaynaklanan toksisite risklerinin değerlendirilmesinde ve kılavuz ilkelerin hazırlanmasında kullanılırlar (Tablo 5.3). ERL ve ERM ölçümleri, tortudaki toksik bir maddenin spesifik kimyasal konsantrasyonları olarak ifade edilir. ERL, toksik etkilerin nadiren gözlemlendiği veya tahmin edildiği konsantrasyonu gösterir: ERM, üzerinde toksik vb. etkilerin genellikle veya her zaman gözlemlendiğini gösterir. Aşağıda verilen tanımlar biyolojik toksisite deneylerinden ve sinoptik örneklemelemlerden türetilmiştir (Long ve diğer., 1995).

(Kimyasal Konsantrasyon)<ERL: Düşük etki aralığı (% 9 Toksik)

ERL<(Kimyasal Konsantrasyon)<ERM: Orta etki aralığı (% 21 Toksik)

ERM<(Kimyasal Konsantrasyon): Yüksek etki aralığı (% 49 Toksik)

4.3.3 Toksisite ve Risk Analizi

Ağır metallerle kirlenmiş sedimentlerin toksik risklerini değerlendirmek için kullanılan iki yöntemden bir tanesi TEL ve PEL'lere dayanmaktadır (Zhang ve diğer., 2017). Bu amaçla TEL ve PEL'lere dayanan ağır metallerin toplam risk bölümleri olan Q_{TEL} ve Q_{PEL} aşağıdaki formüllerle ifade edilmiştir.

$$Q_{TEL} = \sum_{i=1}^n \frac{C}{TEL} \quad (4.7)$$

$$Q_{PEL} = \sum_{i=1}^n \frac{C}{PEL} \quad (4.8)$$

Burada C, sedimentte ölçülen ağır metalin konsantrasyonudur. $Q_{TEL} < 1$ ise, sedimentteki ağır metaller bentik organizmalar için herhangi bir risk oluşturmaz. Öte yandan, $Q_{PEL} > 1$ ise sediment yüksek “toksik” olarak tanımlanırken, $Q_{PEL} \leq 1 \leq Q_{TEL}$ ise risk belirsizdir. Sediment, toksisite testlerinin sonuçlarına göre “toksik” (toksisite $> \% 30$), “toksik olmayan” (toksisite $< \% 10$) ve “belirsiz” ($\% 10 \leq$ toksisite $\leq \% 30$) olarak sınıflandırılmıştır (Zhang ve diğer., 2017).

4.4 Sediment Trend Analizleri (GSTA)

Sediman taşınması ve depolanmasını modellemek için Gao (1996) tarafından uyarlanan GSTA'nın (Grain size trend analysis) esas alındığı Fortran yazılımı QGIS 2.8-GiSedTrend Ver. 2.5 programı kullanılmış ve tüm çalışma alanı için sediment taşınma vektörleri tanımlanmıştır. Bu vektörler, büyüklükleri anlamsız olsa da bir anlamda göreceli farklılığı yansıtır ve özellikle sediment taşınma yönünü önerir. Başlangıçta, ya maksimum örnekleme aralığı ya da jeostatistiksel mesafe gibi kritik bir karakteristik mesafe (D_{cr}) tanımlanır (Gao ve Collins, 1991; Poizot ve diğer., 2006). Herhangi iki örnekleme lokasyonu arasındaki mesafe bu karakteristik mesafeden daha kısaysa, bir çift komşu olarak tanınırlar. İki komşu istasyon arasındaki eğilim vektörü, (mean-ortalama boyut, sorting-sıralanma ve skewness-çarpıklık) (McLaren, 1981; McLaren ve diğer., 2007) den oluşan üç tane büyüklüğü parametresine dayanarak hesaplanır. Bu konfigürasyonda sekiz adet olası tane

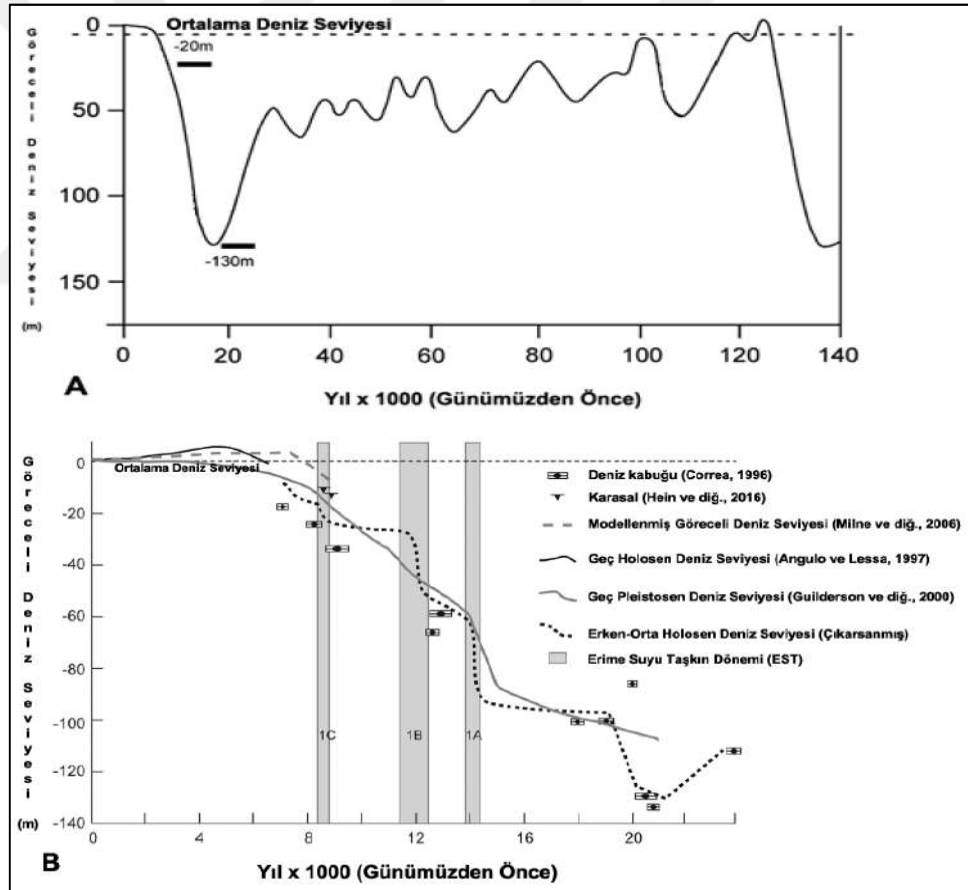
boyutu eğilimi oluşur, ancak sadece iki eğilim daha geçerli sonuçları yansıtmaktadır (Pedreros ve diğer., 1996). Yani, taşıma doğrultusu boyunca, sediment ya (1) daha iyi sıralanmış, daha ince ve daha negatif çarpık ya da (2) daha iyi sıralanmış, daha kaba ve daha olumlu çarpık özellikler gösterir (Gao ve diğer., 1994; Poizot ve diğer., 2008). Bu iki eğilim daha sonra GSTA modelinde değerlendirilmektedir. Bu şekilde bir alandaki taşınma eğilimi hesaplanabilmektedir. Herhangi bir lokasyondaki bir taşınma vektörü, ilgili lokasyon ve çevresindeki komşularının tüm trend vektörlerinin toplamıdır. Son olarak finalde, taşınma modeli olarak adlandırılan tüm taşıma vektörlerinin haritası, sediment taşınma yön ve göreceli şiddetlerini göstermektedir. Bununla birlikte, GSTA modelinin iki ana belirsizlik kaynağından etkilendiğine dikkat edilmelidir ((1) farklı karakteristik mesafeler ve (2) örnekleme alanının sınırları boyunca oluşan kenar etkileridir.) (Li ve diğer., 2019).

BÖLÜM BEŞ

VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Ildır ve Gerence Körfezi Geç Kuvaterner Jeolojik Evrimi ve Deniz Taban Yapıları

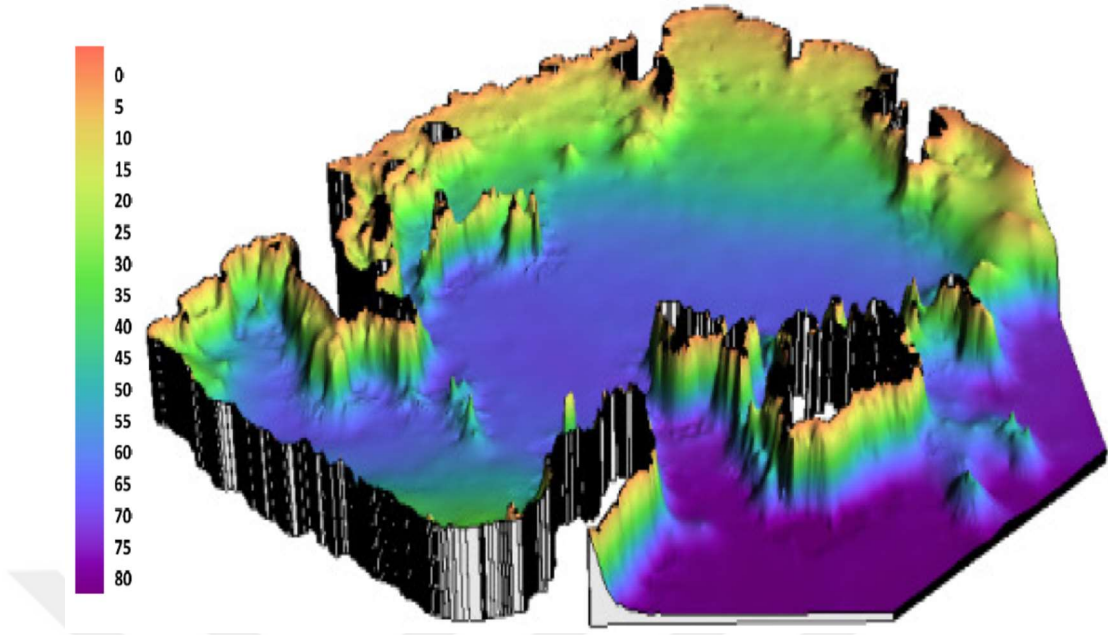
Dünya genelindeki son buzul dönemini izleyen deniz seviyesi yükselmesi, bazı ara dönemlerde kısa (10-100 yüz yıllık) zaman ölçeklerinde gerçekleşen hızlı artışlarla karakteristik olan buzul erimeleri sonrasında yaklaşık 20000 yıllık süreçte gerçekleşmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 A) Dünya genelinde son 140000 yıl süresince etkin olan deniz seviyesi değişimleri (Bailey ve diğer., 2007'den değiştirilerek oluşturulmuştur.), B) Güney Brezilya örneğinde son buzul dönemi ve sonrası için çıkarılan deniz seviyesi eğrisi (Cooper ve diğer., 2018'den değiştirilerek oluşturulmuştur.), (Derinlik verileri, ortalama deniz seviyesi esas alınarak hazırlanmıştır.)

Güncel deniz seviyesinin en düşük düzeyi, şimdiki seviyenin ~120 m altında olduğu Son Buzul Maksimum'a karşılık gelmektedir (Peltier, 2002). Buzul erimelerinin gerçekleşmesinin ardından ara hızlanmalara neden olan pik dönemleri erime suyu taşkınları (EST) olarak adlandırılmıştır. Bu taşkınların doğasını ve zamanlamasını anlamak, deniz seviyesi değişimlerine katkıda bulunan iklimsel etkilerin yoğun olduğu geçmiş dönemlerine ilişkin verilerin elde edilmesini sağlamaktadır (Dutton ve diğer., 2015). Bu verilerden hareketle gelecekteki olası yanıtlara erişim sağlamak mümkündür. Bununla birlikte, günümüz koşullarında kaynak oluşturan EST'leri ve ana kütlede ayrılmış olan parçalayıcı buzullardan okyanuslara olan göreceli katkı ile ilgili veri arşivinde büyük belirsizlikler bulunmaktadır. Buna ek olarak, bazı buzul sonrası deniz seviyesindeki hızlı artış olayları, güçlü aday olmalarına rağmen, EST olarak geniş bir şekilde belirlenmemiştir (Harrison ve diğer., 2019). Bu çalışmada, EST'ler hakkında dünya genelinde yapılmış olan önceki çalışmalar esas alınarak çalışma alanının potansiyel EST alansal boyutları, kıyı ve denizaltı süreçleri ve olası katkıları değerlendirilmiştir. Bu amaçla Ildır ve Gerence Körfezi ve bitişik anakara kıyılarının tamamını kapsayan lokal kıyı şeridi stratigrafisi araştırılmış ve bölgesel ölçekte kaydedilen başlıca sismik stratigrafik paketler tanımlanmış ve yorumlanmıştır. Bu yorumlara dayanarak, Ildır Körfezi basen ve kıyı bölümünün geç Kuvaterner evrimi ve deniz seviyesi değişimi, öncül topografya ve sediment temini araştırılmıştır.

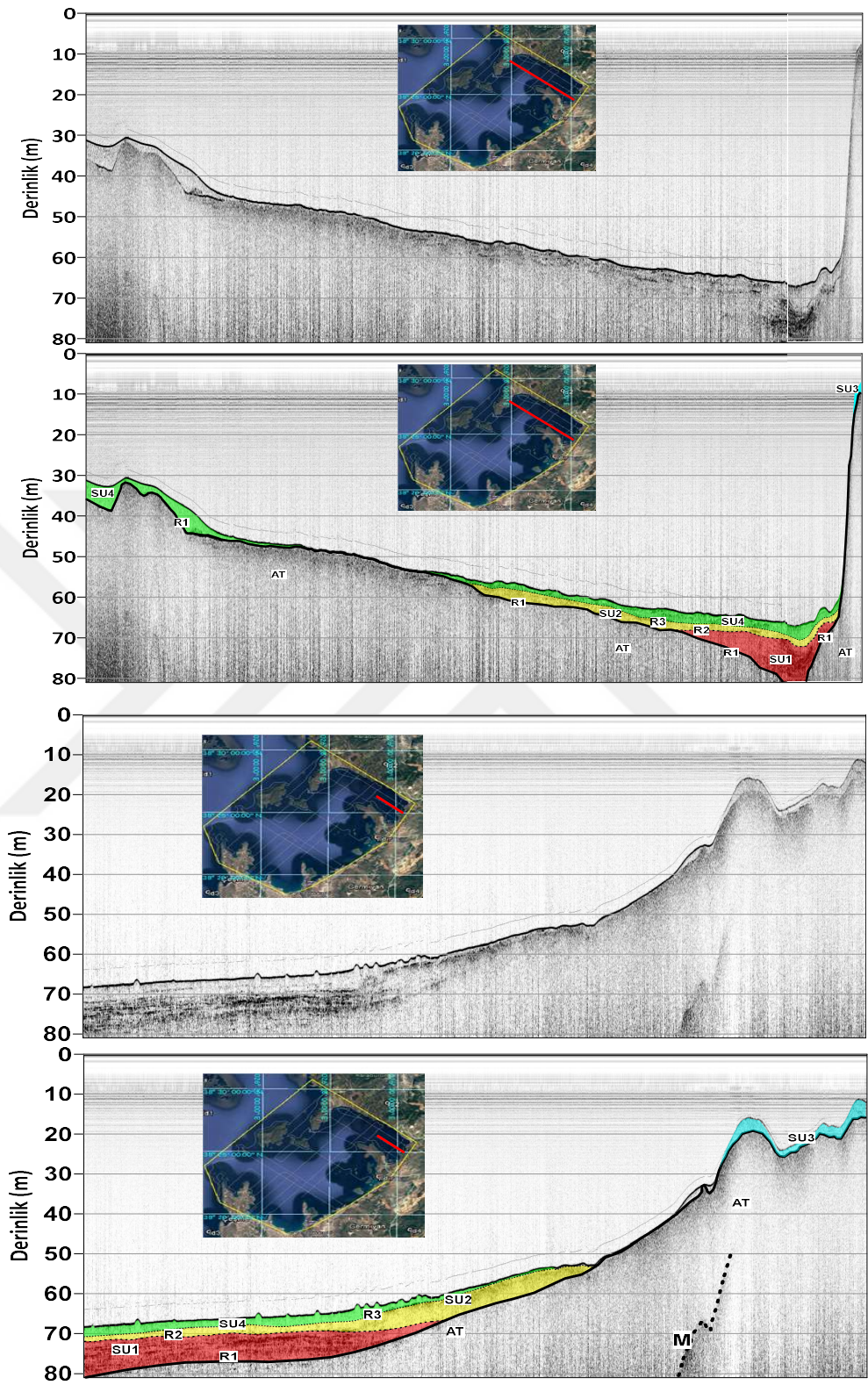
Tüm bu araştırmalara temel oluşturacak çalışma alanı derinlik (batimetri) haritası, Şekil 5.2'deki gibi üç boyutlu olarak oluşturulmuştur.



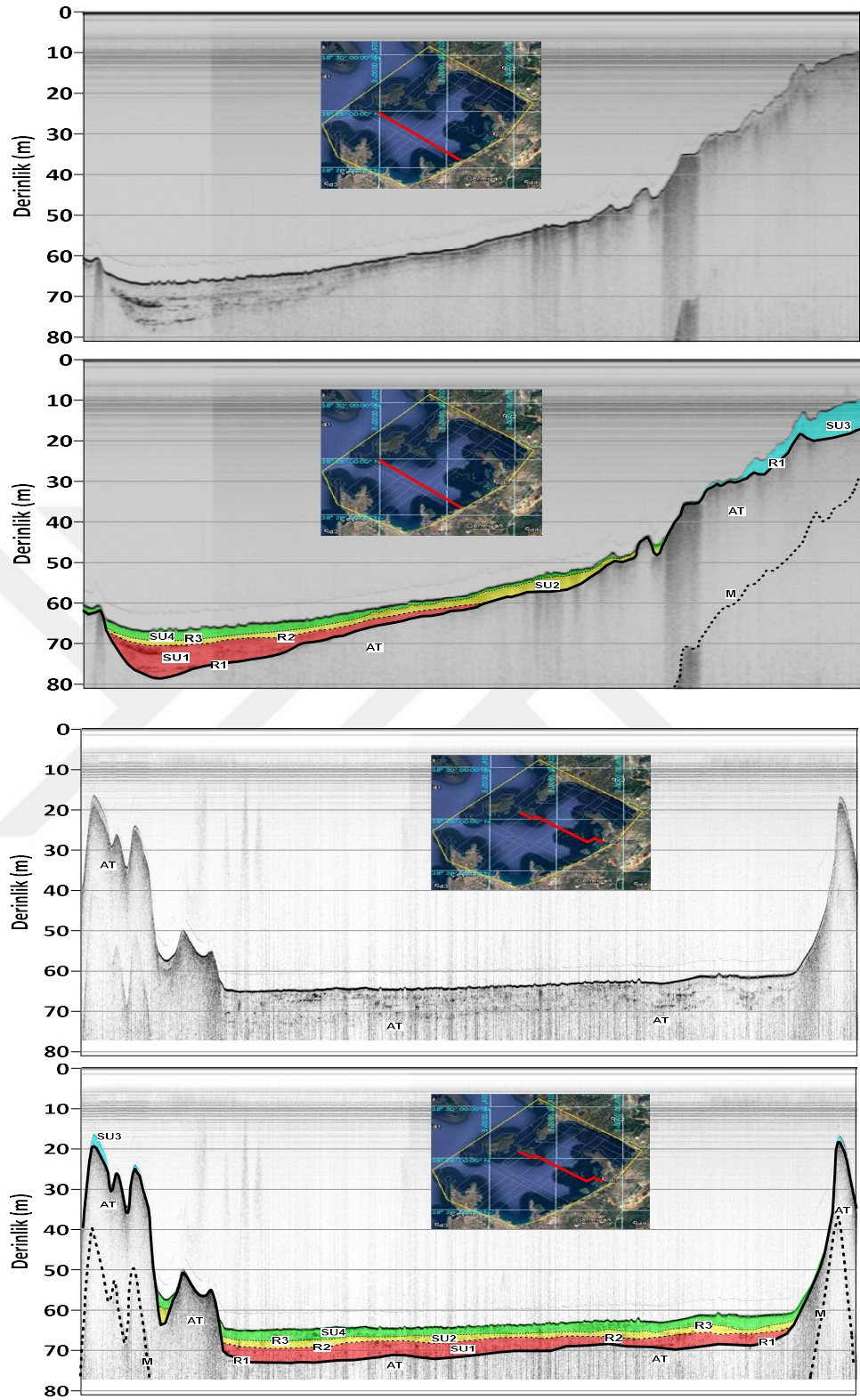
Şekil 5.2 Çalışma alanı üç boyutlu batimetri haritası (Ölçek, derinlik (m)'dir.) (TÜBİTAK 115Y180 projesi kapsamında toplanan verilerden ve Gerence Körfezi-Ildır Körfezi elektronik haritasından (SHODB, 2004) oluşturulmuştur.)

5.1.1 Sismik Stratigrafi

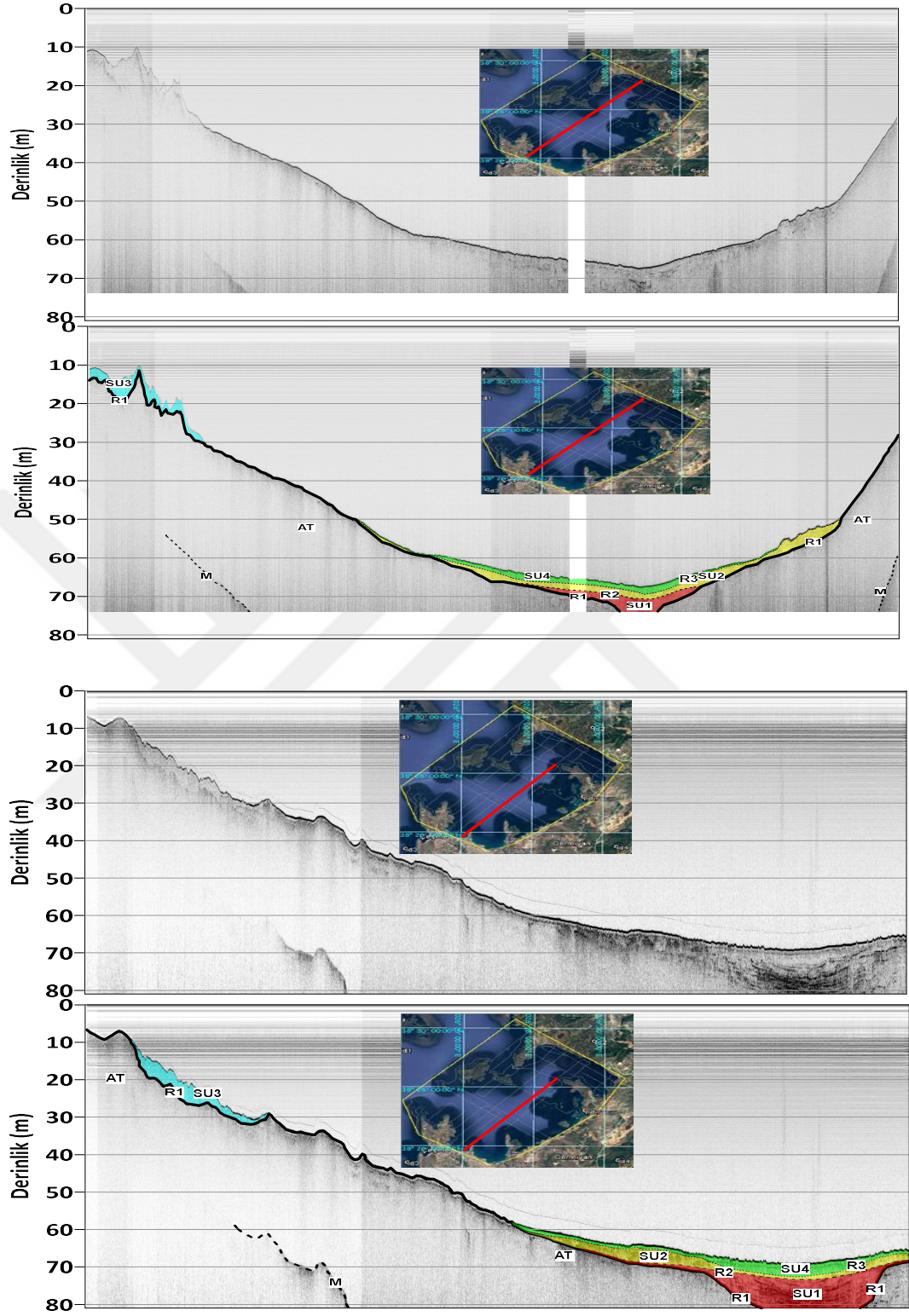
Sismik stratigrafik uygulamalar kapsamında belirgin akustik özelliklere ve sınırlayıcı yüzeylere (R1-3) sahip beş ana sismik birim (AT, SU1-4) 3,5 kHz'lik yüksek ayrımlı sığ sismik kayıtlarında tanımlanmıştır (Şekil 5.3 ve 5.4). Birbirini izleyen birimler ve sınırlayıcı yüzeyler izleyen bölümde açıklanmıştır.



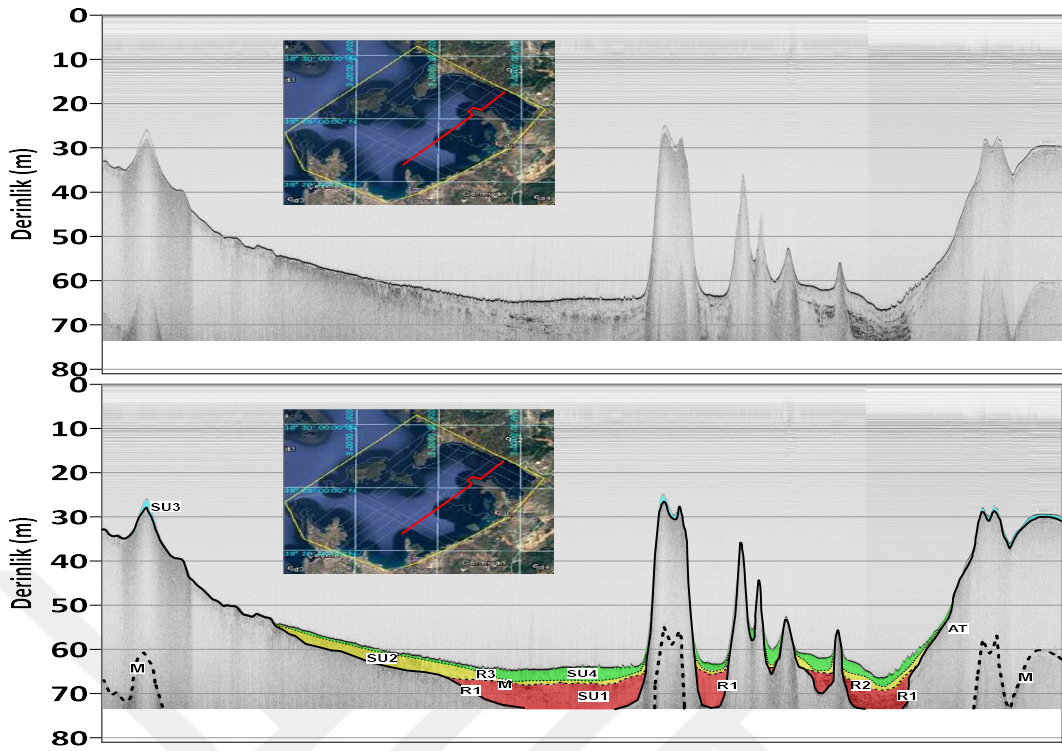
Şekil 5.3 a) Gerence K rfesi'nde KB-GD yönlü sığ sismik kayıtlar ( stlerdeki siyah-beyazlar) ve yorumları (altlardaki renkliler)



Şekil 5.3 b) Ildır Körfezi'nde KB-GD yönlü sıg sismik kayıtlar (üstlerdeki siyah-beyazlar) ve yorumları (altlardaki renkliler)

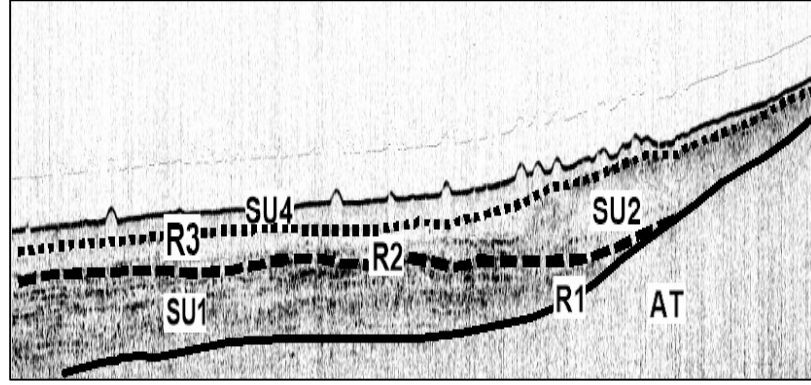


Şekil 5.4 a) Ildır Körfezi'nde GB-KD yönlü sığ sismik kayıtlar (üstlerdeki siyah-beyazlar) ve yorumları (altlardaki renkliler)



Şekil 5.4 b) Ildır Körfezi'nden Gerence Körfezi'ne GB-KD yönlü sığ sismik kayıt (üstteki siyah-beyaz) ve yorumu (alttaki renkli)

Sismik kesitlerde en altta yer alan homojen iç yapıdaki birimler, çalışmanın akustik temelini oluşturur. Akustik temel (AT), genelde fark edilebilir bir iç yapıya sahip olmayan, oldukça düzensiz, yüksek genlikli ve yüksek kabartmalı düzensiz bir üst yüzey (Reflektör 1 - R1) ile tanımlıdır. Yapısal olarak hemen hemen tüm kesitlerde farklı ölçeklerde vadiler oluşturan düzensiz üst yüzey (R1), güncel depolanmanın olmadığı alanlarda genelde ayrılmış/aşınmış yapıda erozyonel deniz taban yüzeyi ile sonlanır ve ayrıca çalışma alanı boyunca (Şekil 5.3 ve 5.4) sınırlı sayıda hiperbolik yansıma konfigürasyonları ile izole edilmiş zirveler oluşturur. Gerence-Ildır geçişinde güncel basen 4 km genişliğe erişirken tabanaltı jeolojik yapı son derece karmaşık olup büyük oranda Neojen çökel, volkanik, tuf ve piroklastik kaya birimlerinden oluşmaktadır. Akustik temel üzerinde yer alan konsolide olmamış istifler Sismik Ünite 1-4 (SU1-4) olarak adlandırılmış dört ana ünitelerden oluşmakta ve bu sismik üniteler R1, R2 ve R3 olarak tanımlanmış yüzeyler ile birbirlerinden ayrılmaktadır (Şekil 5.5, Tablo 5.1).

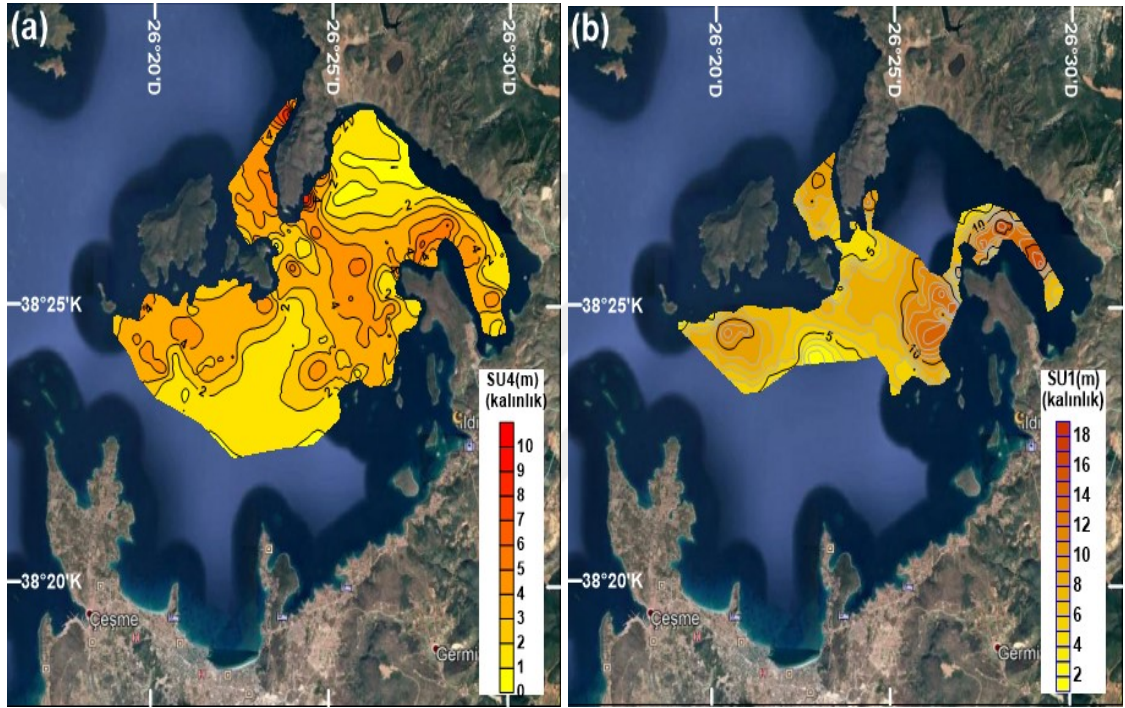


Şekil 5.5 Ildır Körfezi'nden alınan sismik kesit örneğinde sismik ünite (SU) ve yansımaya yüzeyleri (R)

Tablo 5.1 Sismik ünite ve yansımaya yüzeyi tanımları, yorumlanmış litolojiler ve çökelme ortamları

Ünite	Alt/Üst Sınır	Tanım	İç Yansımaya Özellikleri	Kalınlık (m)	Depolanma Ortamı	Litolojik Özellik
SU4	R3/deniz tabanı	Basen yüzey dolgusu	Nispeten homojen, düşük aralıklı paralel, yamaç yönlü SU2 birimini onlap ile örten katmanlar ve yer yer topuk şekilli yüzey yapıları	0-12	Güncel basen dolgusu	Kum-çamur
SU3	R1/deniz tabanı	Kıyı yakını örtü	Süreklilik göstermeyen tabakalanma izleri, genelde homojen kütle	0-8	Kıyı yakını, 10-30 m derinlik	Kum
SU2	R2/R3	Yamaç ve basen dolgusu	Basende paralel ve paralele yakın, yamaç bitiminde downlap sonlanması, yamaçta karmaşık üst yüzey gösteren kaotik istif	2-10	Basen ve 50 m'den daha derin yamaç	Basende kum-çamur, yamaçta çakıl-çamur
SU1	R1/R2	Vadi dolgu istifi	Paralel ve paralele yakın ve vadi şekilli akustik temel yüzeyini onlap konfigürasyonu ile üstleyen yamaçlara doğru kaotikleşen istif	0-15	Vadi ve basen dolgusu	Çakıl, kum, çamur
AT	yok/R1	Karada devamı görülen Neojen birimleri	40-50 m'den derin bölümlerde kaotik derine doğru ve karaya yakın bölümlerde akustik olarak şeffaf özellikte	Temel birim	Sedimanter, Volkanik, Tuf ve piroklastik kaya birimleri	Üst kesimlerde hafif ayrılmış kompakt kaya birimi

Sismik ünitelerden alan genelinde en geniş yayılımı gösteren yüzey sedimentleri (SU4) üstledikleri SU2 ile birlikte körfez alanının yaklaşık yarısında (~100 km²) yayılım gösterirken, kalan bölümde kıyı yakınındaki dar alanda ağırlıklı olarak deniz çayırıları tarafından örtülü olan SU3 ile birlikte AT yer almaktadır. En yaşlı ünite olan SU1, yaklaşık 70 m su derinliğinin altındaki depolanma alanında yer alan vadi biçimli bölümde yayılım gösterir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 a) Ildır Körfezi'nde yüzey sedimentlerinin (SU4) alansal dağılımı ve kalınlık verileri, b) En yaşlı istifin (SU1) alansal dağılımı ve kalınlık verileri

Gerence Körfezi güney yarısı ile Ildır Körfezi'nin kuzey yarısında hakim olan vadi genelde 60 m derinlik zonunda, Gerence, Ildır ve açık deniz bağlantısında sırasıyla 1,5 km, 3,5 km ve 1,5 km genişlikte olacak biçimde şekillenmiştir. Bölüm 5.1.3'de deniz taban yapıları kapsamında değinilen vadi eksenleri esas olarak doğu batı yönelimli olup Ildır-Gerence ara yüzeyinde yer alan güneybatı-kuzeydoğu yönelimli ana kanal ile açık denize bağlanmaktadır. Genel olarak vadi tabanı ve vadi dolgusu istiflerinin en derin bölümleri, kullanılan 3,5 kHz yüksek ayrımlı sığ sismik sistemin penetrasyon kapasitesinin yeterli olmaması nedeniyle net olarak belirlenememiştir.

Bununla beraber vadi şekilli temel yapının tabanını bütünüyle örten onlap konfigürasyonlu doğası ve belli belirsiz dönüşümler gösteren düşük ve orta genlikli reflektörlerden oluşur (Şekil 5.3, 5.4, 5.5). Ünite 1, düşey ve kısmen yatay olarak iç içe geçmiş kum ve çamur katmanları olarak yorumlamıştır. Belirgin bir bükülme olmadan altta yer alan mevcut topografik yüzeyi örterler. Bu sismik fasiyeslerin, dönüşümlü orta ve düşük genlikli yansıtma özelliklerinin literatürde yer alan benzer çalışmalarda dönüşümlü yüksek ve düşük enerji koşullarını ifade ettiği önerilmiştir (Green ve diğer, 2013; Cooper ve diğer., 2018; Liu ve diğer., 2017). SU1'in alt seviyeleri yatay tabakalanmaların belli belirsiz olduğu ve ağırlıklı olarak orta genlikli reflektörden oluşmaları olası yüksek enerjili ortamları işaret etmektedir.

Sismik Ünite 1'in üst bölümünü oluşturan Reflektör 2 (R2), 60-70 m derinlikler arasında akustik temel üst sınır R1 ile onlap konfigürasyonu sonlanmaktadır. Deniz yönlü olarak hafif eğimli olan R2 altında yer alan SU1 üst seviyeleri ile yer yer toplam konfigürasyonu göstermektedir. 2 ile 10 m kalınlığında olan SU2, R2 yüzeyi tarafından oluşturulan düzlükte ve kara yönlü olarak R1 yüzeyinin 50 m'den derin bölümlerindeki yamaç alanında yer almaktadır. SU2, altlayan ünite SU1 üzerindeki bölümlerle R1 yüzeyini üstleyen yamaç bölümlerinde değişken akustik yapı gösterir, ancak genel morfolojisi tüm bölgelerde büyük ölçüde benzerdir. Açık deniz bölümünde nisbeten ince örtü katman özelliğinde ve orta derecede akustik olarak şeffaf olan iç yapısı yamaçlarda güçlü akustik kontrastlara sahip ve oldukça düzensiz bir iç konfigürasyon göstermektedir (Şekil 5.3 ve 5.4). Ünite içinde alt sınırı oluşturan R2 yüzeyinin yamaca bitişik üst bölümlerinde sonlanan deniz yönlü downlap konfigürasyon deniz yönlü ilerlemeyi işaret etmektedir. Üst seviyelere doğru ciddi şekilde bozulmuş iç ve yüzey konfigürasyonları ile karakteristik olan birim sismik olarak deforme olmuş kıyı ve kıyı yakını çökeltileri işaret etmektedir. Sonuç olarak, Cooper ve diğer. (2016) ve (2018)'deki çalışmalara benzer şekilde SU2, 50 m'ye yakın konumlarda olan deniz seviyesinde biriktirilmiş bir kıyısız birim olarak yorumlanmıştır.

Sismik ünite 2'yi üstleyen yansıma yüzey 3 (R3), 60 m derinliklerden sığ kesimlere doğru akustik temel yüzeyi R1'e geçiş gösteren karakteristik bir ransgresif dalga aşındırma yüzeyi özelliği göstermektedir (Cooper ve diğer., 2018; Zecchin ve diğer., 2019). R3 yüzeyi R1 geçiş ve sonrasında kuvvetli aşındırıcı özelliği ile yamaçta üstledikleri SU2 istifleri de dahil olmak üzere altta yatan tüm birimleri kesme özelliğindedir (Şekil 5.3 ve 5.4). Sismik Üniteler 3 ve 4 (SU3-SU4), güncel deniz tabanındaki konsolide olmamış denizel sedimentleri temsil etmektedir. Akustik olarak şeffaftırlar, 50 m'den daha derinde yer alan basen istifleri (SU4) yatay tabakalanmalar içerirken 40 m'den daha sığ kesimlerde akustik temel üzerinde depolanmış olan SU3 birimi homojen yapıda tabakalanma göstermeyen örtü özelliğindedir (Şekil 5.3 ve 5.4). Deniz seviyesinin yükseliminin son aşamalarında ve güncel konumuna erişmesinden sonraki süreçte depolanmış olan bu güncel istifler akustik temelin yüzlek verdiği net bir aşınma yüzeyi ile birbirlerinden ayrılmakta ve farklı iç konfigürasyonlar göstermektedir. Sığ kesimlerde yer alan SU3 birimleri Gerence kuzeyindeki kıyasal zon dışında yaklaşık 30 m derinlikte göreceli biçimde incelenerek sonlanmaktadır. İzleyen ilk SU4 güncel sediment istifleri 50 m derinlikten sonra inceden kalına doğru bir istiflenme konfigürasyonu göstermektedir. Güncel sedimentlerin yer almadığı bu ara zon (30-50 m) olası dip akıntı rejiminin etkin olduğu bölüm olarak değerlendirilmiştir. SU4 eş kalınlık haritasının alansal dağılımı SU1 vadi dolgusu istiflerinin yer aldığı zon boyunca kalınlaşma özelliği göstermektedir (Şekil 5.6). SU4 istiflerinin diğer önemli bir özelliği de vadi eksenleriyle bağlantılı zonlarda maksimum 2 m yüksekliğinde 80-100 m boy ve 20-50 m en ölçeklerinde eliptik yükseltilerin varlığıdır. Bu yapıların alansal dağılımına ilişkin bilgiler deniz taban yapıları kapsamında sunulmuştur.

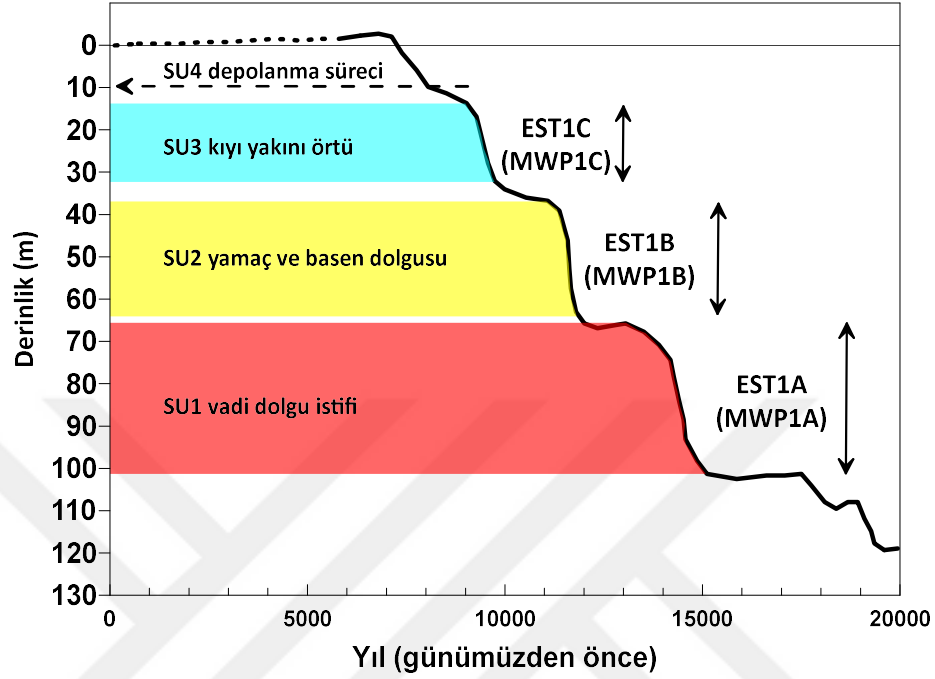
5.1.2 Göreceli Deniz Seviyesi Yükselimi ve Erime Suyu Taşkınları

Karot örnekleriyle belirlenmiş herhangi tarihleme verisi olmamasına rağmen, geçmiş dönem batimetrik veri aralığına (80 ila 10 m deniz seviyesi) dayanarak, SU1, SU2 ve SU3'ün sismik stratigrafik özellikleri, depolanma derinliği ve olası üst sınır limitleriyle bağlantılı kıyı izlerinin kara yönlü geri çekilmesi süreçlerinin erime suyu

taşkın dönemleri (EST) MWP (Melt Water Pulse) 1A-1C ile ilişkilendirilmesi mümkündür (Şekil 5.1). Çalışma alanı genelinde 60 m'den daha derin kesimlerde yer alan muhtemel aktif vadi ve olası gölSEL alanların su altında kalması durumunda potansiyel depolanma alanlarına dönüşmesi morfolojik özelliklerin doğal bir sonucudur. Bu kapsamdaki tortulların kara yönlü incelenmesi ayrıca göreceli deniz seviyesi yükseliminin yavaşlamadan önce hızla yükseldiğini ve bu nedenle potansiyel depolanma alanının azaldığını ve istiflerin alan genelinde dalga aktiviteleri tarafından denetlendiğini göstermektedir. Göreceli deniz seviyesi yükselimindeki ara piklerin, özellikle dünya genelinde buz tabakası erime faaliyetlerinden kaynaklanan erime anomalileri ile bağlantılı olabileceği önerilmiştir. Günümüzden 14300 ila 14000 yıl önce EST 1A döneminde, deniz seviyeleri -96 m' den -76 m'ye yükselmiştir (Bard ve diğer., 1990; Fairbanks, 1989). Deniz seviyesi kayıtlarında çok belirgin olmasa da (Bard ve diğer., 1990, 1996; Camoin ve diğer., 2004; Fairbanks, 1989; Peltier ve Fairbanks, 2006), EST 1B günümüzden önce 11500 ile 11200 yılları arasında meydana gelmiş ve göreceli deniz seviyesi (RSL) -58 m'den -45 m'ye yükselmiştir (Kirkpatrick ve diğer., 2019; Liu ve Milliman, 2004, Salzmänn ve diğer., 2013).

Ildır Körfezi genelinde EST 1A ve EST 1B'nin hızlı ivmeli deniz seviyesi yükselmelerine karşılık gelen vadi (SU1) ve izleyen yamaç dolgusu (SU2) istiflerinin yerleşimi gerçekleşmiştir (Şekil 5.7). SU1 istiflerinin üst seviyeleri genelde 50 m derinlik limitinin altında kalıp, EST 1B dönemine ilişkin üst seviyelerde (45 m) görülmemekte ve ayrıca yukarı yönlü inceleme özelliği göstermektedir. Sedimanter yapıdaki bu özellik ve incelemeyi izleyen dönemlerdeki etkin kıyısız aşınma aktiviteleri, özellikle deniz seviyesinin güncel konumuna eriştikten sonraki süreçte aktif olan dip akıntıları ve benzeri faktörlerle ilişkilendirilmiştir. Çalışma alanında 30 m'den daha sığ seviyelerde yer alan SU3 birimi EST 1C ve izleyen final yükselimi döneminde gelişen genelde ince kum boyutlu enerjik ortam ürünü sedimanter istiflerdir. Bu yorumda, SU3 birimindeki tabakalanmanın olmadığı homojen istiflenme kısa batimetrik konuşlanmalarla birlikte değerlendirildiğinde EST 1C hızlı yükselimine karşılık gelmektedir. Sonuç olarak, Cooper ve diğer. (2018), Kirkpatrick ve diğer. (2019) ve Salzmänn ve diğer. (2013)'in çalışmalarında da belirtildiği gibi

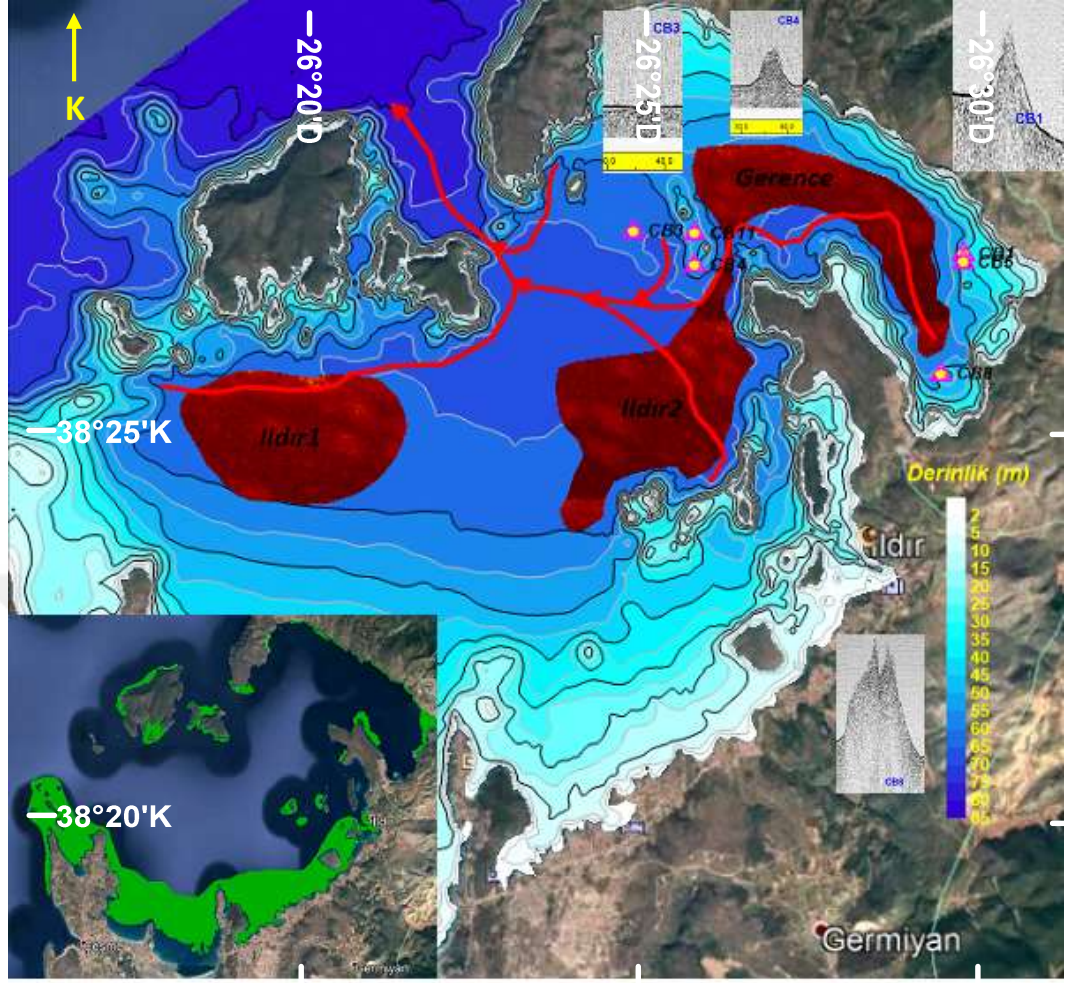
deniz seviyesindeki yükselimlerin çalışma alanındaki sedimanter istiflenmede gözlemlenen geometrilerle bağlantılı olduğu önerilmiştir.



Şekil 5.7 Son 20000 yıllık döneme ait Dünya genelinde geçerli olan deniz seviyesi değişim eğrisine göre Ildır-Gerence Körfezleri'nde yer alan sedimanter oluşukların deniz seviyesi değişimlerine bağlı gelişimi

5.1.3 Deniz Taban Yapıları ve Biyojeolojik Oluşumlar

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen batimetri, yanal taramalı sonar, 3,5/10 kHz yüksek ayrımlı sığ sismik ve video görüntüleme (belirlenen noktalarda görsel doğrulama amaçlı GoPro kamera ile) çalışmaları sonucunda saptanan ve haritalanan deniz taban yapıları ve biyojenik unsurlar Şekil 5.8'de sunulmuştur. Deniz tabanı altından kıyısız alana kadar olan bölümde tesbit edilen unsurlar vadiler ile küçük ölçekli sediment tepelik ve/veya dalgalardan oluşan jeolojik yapılar olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 5.8 Ildır ve Gerence Körfezi'nde saptanabilen deniz taban yapıları ve biyojenik unsurlar

Sismik profillerdeki sedimanter istiflerin, konfigürasyonlardan izlendiği kadarıyla deniz seviyelerinin düşük olduğu dönemlerde aktif olduğu belirlenmiştir. Sığ sismik verilerin penetrasyon sorunları nedeniyle bu vadilerin aktif oldukları dönemde (15000 ila 20000 yıl önce) açık denizle tümüyle bağlantılı olup olmadıkları konusunda herhangi bir bulgu saptanamamış olmakla birlikte genel eğilim deniz yönlü bir akışın olduğu yönündedir. Şekil 5.6'deki en yaşlı istifler olarak verilen SU1 vadi dolgusu sediment dağılımı haritasında görüldüğü şekilde dört farklı depolanma merkezinin varlığı saptanmıştır. Sismik kayıtlarda izlenmesi mümkün olmamakla birlikte muhtemel tektonik yapıyla ilişkili olası basenel çökme alanları ile bağlantılı bu zonlar güncel sediment (SU4) kalınlık haritalarında da gözlenmiştir. SU1 ve SU4 depolanma merkezleriyle ilgili olarak her iki istifin ortak özelliklerinden hareketle

son 20000 yıllık süreçte etkin olan olası tektonik yerleşim yapıları mevcut olup bunların yapısal özelliklerinin araştırılması için derin penetrasyon sağlayan sismik profillerin kayıtlanması gerekmektedir. Güncel batimetrik yapının hem Ildır hem de Gerence Körfezleri'ndeki depolanma merkezleri ve açık deniz bağlantılarıyla ilgili net bir akışın olduğunu gösteren konfigürasyonu diğer bir güncel özellik olarak ortaya çıkmaktadır.

Körfezlerin doğal depolanma merkezleriyle benzer alansal dağılım gösteren diğer bir deniz taban yapısı ise küçük ölçekli sediment tepeciklerinin oluşturduğu yataklanma yapılarıdır. Literatürde benzer yapılanmalar küçük ölçekli çamurlu yataklanma olarak adlandırılmış olup genelde maksimum taşkın yüzeyleriyle ilişkilendirilmişlerdir (Rovere ve diğer., 2019). Çalışma alanındaki bu küçük ölçekli yataklanmalar (Şekil 5.8) esas olarak, 60-65 m'lik batimetrik aralıktaki çukur alan boyunca yaklaşık 4 ila 6.5 km boyunca uzanan üç alanda bulunmaktadır. Ildır 1 alanındaki yatak formları (Şekil 5.8), maksimum 1 m yükseklik, ortalama 30-150 m uzunluk, 10-50 m genişlikte eliptik şekilde ve aralarında 20-50 m boşluklar olacak şekildedir. Yataklanma şekillerinde tepelerin belirgin bir yönelimi olmasa da kabaca derinlik konturlarına paralel biçimdedir. Ildır 2 sahasındaki yatak formları, 20-100 m boy ve 10-30 m genişlikte olup, yükseklikleri 1 m'ye kadar ulaşabilir ve tepe yönelimleri genelde KD-GB yönelimlidir. Gerence Körfezi'ndeki tepecikler 150-300 m'ye varan uzunlukta, 30-50 m genişlikte dalgacıklar şeklinde farklılık göstermekte ve yine ağırlıklı olarak KD-GB yönelimli uzanmaktadır. Yüksek ayrımlı sismik profiller incelendiğinde küçük ölçekli tepeciklerden bazen tabandan konik olarak yüzeye erişmiş alt istif materyali görünümü alınırken, diğerlerinde taban altındaki iç konfigürasyonların aynen korunduğu gözlenmiş olup bu konularla ilgili net bir tanımlama yapılamamıştır. Tepecik yüksekliklerinin çok küçük olması nedeniyle herhangi bir erozyonel etki izlemek mümkün olmamıştır. Bununla birlikte, bu yapıların gelişimini denetleyen temel parametrenin deniz tabanında etkin olan akıntı rejimi veya taban altından kaynaklanan muhtelif kökenli yukarı yönlü sediment hareketi ve/veya benzeri etkilerin kombinasyonu olup olmadığı hususunda herhangi veriye erişim mümkün olmamıştır.

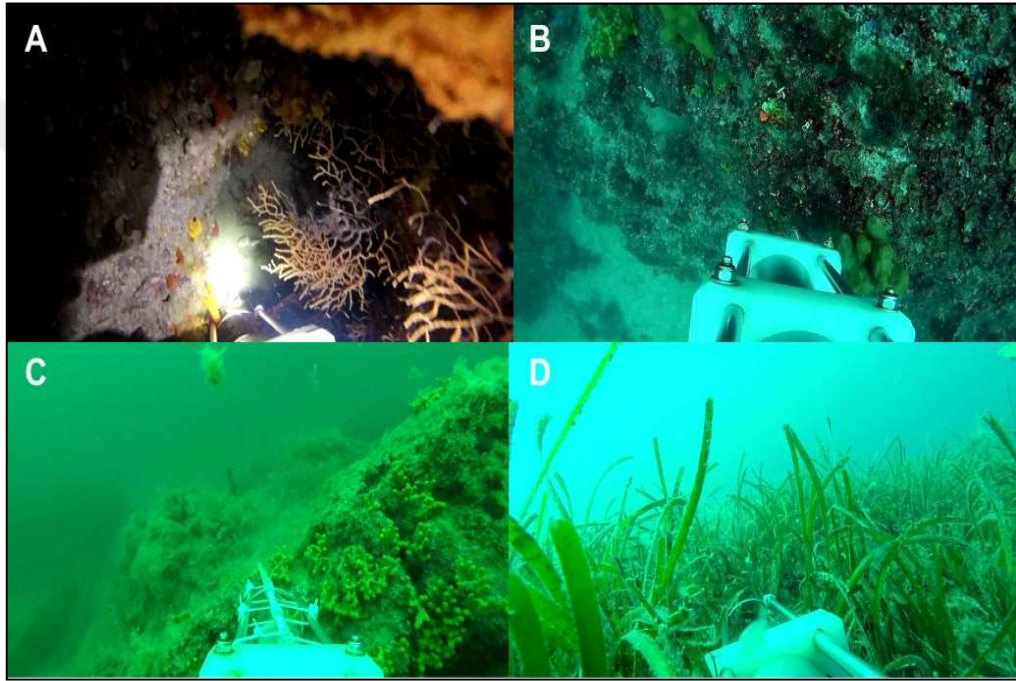
Genelde Gerence Körfezi'nde dağılım gösteren ve biyojeolojik oluşuklar olarak adlandırılan bireysel yapılardan olan korallijenli habitatlar CB kodlamasıyla (CB1-CB11) işaretlenmiştir (Şekil 5.8). Korallijenli habitatların ana türleri kalkerli kırmızı algler, bryozoonlar, süngerler ve diğer omurgasızlardır ve bunlar denizel kayalık zeminler üzerinde binlerce yıl boyunca resif benzeri yapılar oluştururlar. Bu bağlamda, korallijenli oluşumlar mercan resiflerinin Akdeniz'deki karşılıkları olarak kabul edilirler. Çok sayıda omurgasız canlının (örneğin; krustaseler, ekinodermiler, mollusklar) ve balıkların korallijenli habitatlarla birlik oluşturmaları, korallijenli habitatın eşsiz bir biyoçeşitlilik sunmasını sağlamaktadır (Cigesmed, 2020).

Akdeniz'in kıyı sert tabanları, genellikle sedimantasyon hızına, suyun bulanıklılığına, katmanların mineralojisi ve morfolojisine bağlı olarak farklı büyüme modelleri ile gelişen mercanlı habitatlarla karakteristiktir (Ballesteros, 2006; Bavestrello ve diğ., 2000). Fakat ne yazık ki bu habitatlar Akdeniz genelindeki antropojenik faaliyetlerin tehdidi altındadır.

CB8 lokasyonunda GoPro sualtı kamerasıyla çekilen korallijenli habitatlar Şekil 5.9 A ve B'de, diğer CB lokasyonlarından herhangi birinde görüntülenen korallijenli habitat Şekil 5.9 C'de ve Ildır Körfezi'nin güneybatısında daha çok yayılım gösteren *Posedonia oceanica* çayırları Şekil 5.9 D'de görülmektedir. Çalışma alanında saptanabilen biyojeolojik yükseltilerden CB8 no'lu lokasyon dışında Tablo 5.2 kapsamında derinlik ve boyut bilgileri verilen diğer istasyonlarda video doğrulaması yapılmamış olup tüm bilgiler sismik ve sonar kayıtlarından elde edilmiştir.

Tablo 5.2 Biyojeolojik yükseltilerin bulunduğu derinlikler ve yaklaşık boyutları

	Taban derinliği (m)	Yükseklik (m)	Genişlik (m) (Üst-Taban)
CB1	44-47	8	5
CB3	66	2	4
CB4	66	9	3-7
CB6	55	20-30	2-15
CB8	54	28	8-16
CB11	65	14	3-8



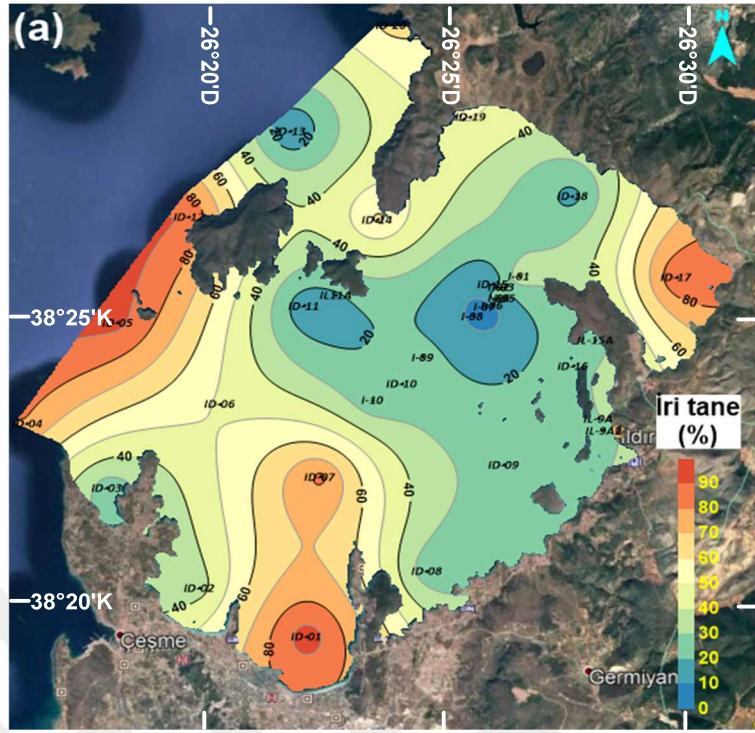
Şekil 5.9 A, B: Gerence Körfezi'ndeki CB8 lokasyonundaki korallijenli habitatlar (genel olarak kalkerli kırmızı algler ve süngerler tarafından oluşturulmuş), C: Herhangi bir CB lokasyonundaki korallijenli habitat, D: *Posidonia oceanica* çayırları (Kişisel arşiv, 2018)

Akdeniz'e özgü diğer bir birim olan *Posidonia Oceanica* deniz çayırları çalışma alanında saptanan ve alansal dağılımı (Şekil 5.8, sol alt) haritalanan diğer biyolojik unsurdur. Söz konusu deniz çayırlarının alansal dağılımında EST 1C döneminde geliştiği önerilen SU3 no'lu sedimanter istif üzerinde yer almaları diğer önemli bir husustur. Kum ve siltli kum biriminden oluşan SU3 istifleri üzerinde yer alan deniz çayırlarının erişebildiği maksimum derinlik yaklaşık 38 m iken, yaklaşık 45 km² ile

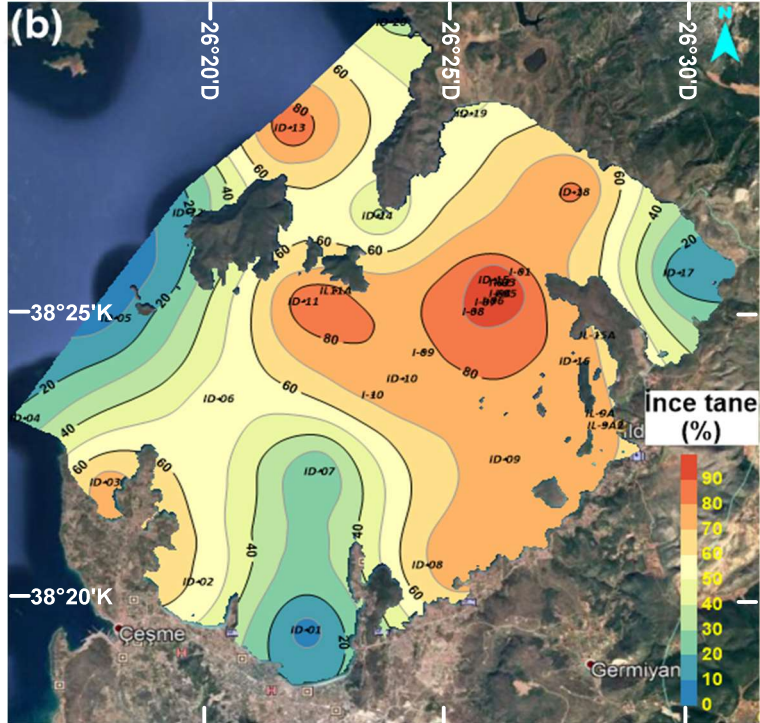
Ildır ve Gerence Körfez alanlarının % 22'lik bir bölümünü kaplamaktadır. *Posidonia Oceanica* deniz çayırları ile SU3 sedimanter istifinin birlikteliği önemli bir ayrıntı olup deniz çayırlarının yer almadığı derinliklerde nisbeten daha ince olan SU3 istifinin önemli oranda erozyonal etkiye maruz kaldığı diğer önemli bir özelliktir.

5.2 Sediment Tane Boyu, Organik Karbon ve Karbonat

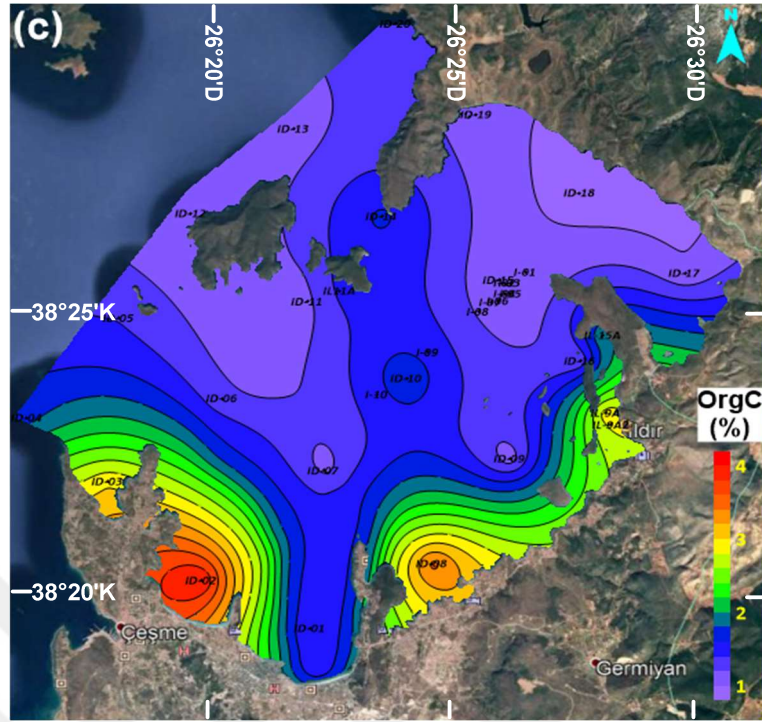
Ildır ve Gerence Körfezleri'nden alınan sediment örneklerindeki iri ve ince tane, karbonat ve organik karbon içerikleri belirlenmiş ve her birinin alansal dağılım haritaları Şekil 5.10 a,b,c ve d'de sunulmuştur. Çalışma alanı batı bölümünde açık deniz ile sınırı oluşturan sığlık alan ile güney ve doğu kesimlerde yer alan sığ kıyı yakını alanlarda % 70-90 aralığında değerlere sahip olan kum boyutlu iri taneli sedimentler yaygındır. Körfezin derin bölümleriyle birlikte güneybatı-kuzeydoğu orta hattı kıyısal bölümler de dahil olmak üzere ve güneydoğu sahil kesiminin hemen tamamına yakın bir bölümünde ince taneli çamur özelliğindeki sedimanter birimler daha yaygındır. Kıyı ve kıyı yakını alanların önemli bir bölümünü de kapsayan bu bölümlerde kum yüzdeleri çoğunlukla % 20'nin altındadır. Organik karbon içerikleri genelde çamur boyutlu malzeme konsantrasyonlarıyla uyumlu olarak güney sahillerinde maksimum değerler gösterirken doğu bölümde yer alan Gerence Körfezi'nde minimum (<% 1) seviyelerdedir. Karbonat içeriği, tane boyu ile herhangi ilişki göstermeyecek şekilde Gerencenin kuzeyi haricinde alan genelinde ve özellikle sığ kesimlerde yüksek konsantrasyonlar göstermektedir.



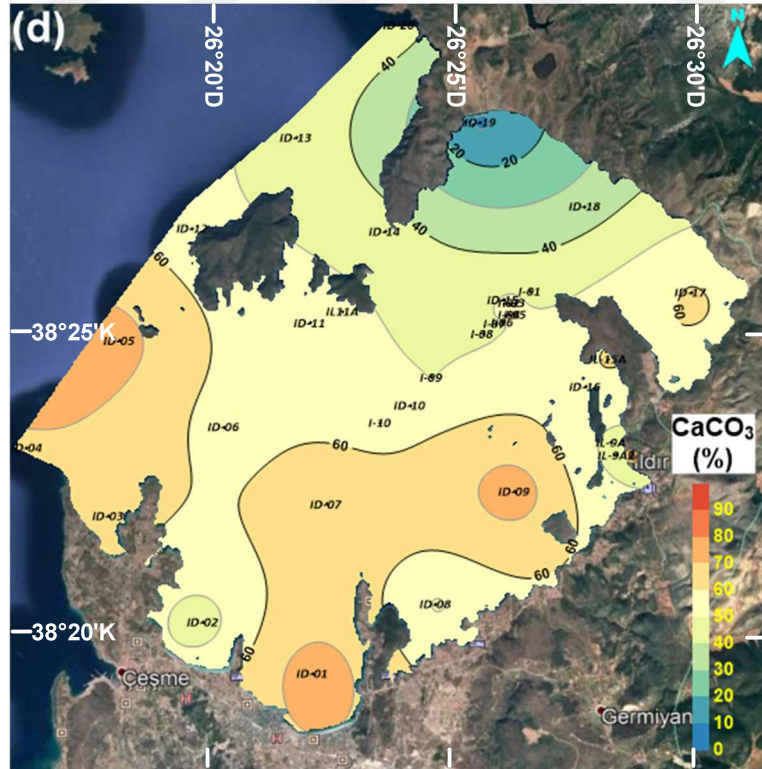
Şekil 5.10 (a) İri taneli sediment tane boyu alansal dağılım haritası



Şekil 5.10 (b) İnce taneli sediment tane boyu alansal dağılım haritası



Şekil 5.10 (c) Organik karbon içeriği alansal dağılım haritası



Şekil 5.10 (d) Karbonat içeriği alansal dağılım haritası

5.3 Sedimentte Ölçülen Elementler

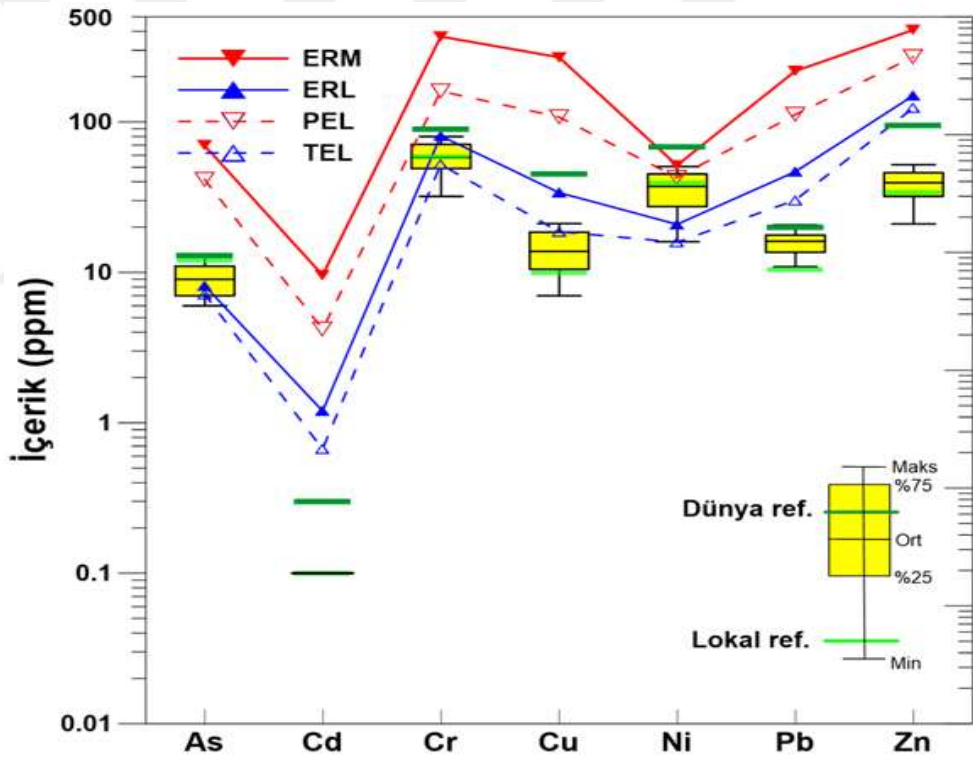
Çalışma alanı genelinde 34 istasyondan alınan yüzey sediment örneklerinde yaptırılan ve kirlilik kriterleri açısından önemli olan element (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Al ve Fe) analiz sonuçları dünya genelinde uygulanmakta olan kirlilik araştırma kriterleri esas alınmak suretiyle izleyen başlıklarda değerlendirilmiştir.

5.3.1 Ölçülen Parametrelerin Alansal Dağılımı

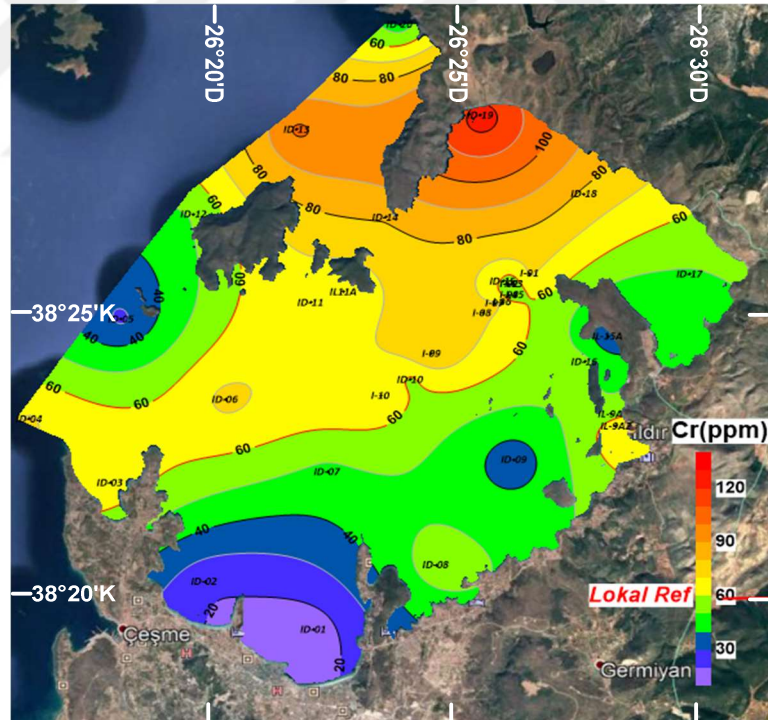
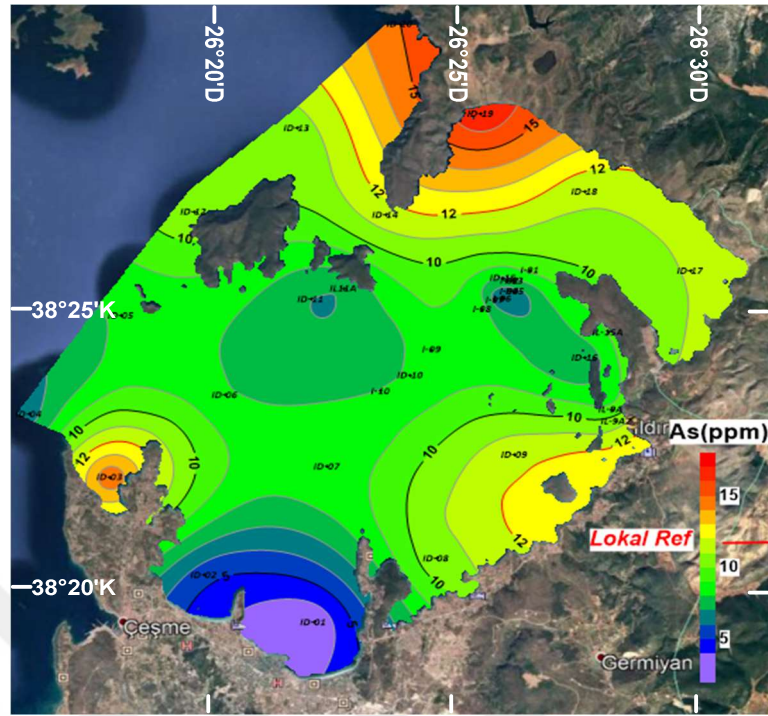
Sedimentte ölçülen metal konsantrasyonundaki genel eğilim $Al > Fe$, haricinde $Cr > Zn > Ni > Pb > Cu > As > Cd$ olarak belirlenmiştir (Şekil 5.11). Analiz sonuçlarına ilişkin minimum, maksimum ve ortalama değerlerin verildiği Tablo 5.3'den görüleceği üzere 60 mg/kg ortalama değerdeki Cr verileri 14-127 mg/kg arasında değişirken, Cd dışında minimum konsantrasyonun ölçüldüğü As 9,18 ortalama ve 3-17 mg/kg aralığında dağılım göstermektedir. Ağır metal içerikleri garifiğinden görüleceği üzere tüm elementler dünya geneli referans değerlerinden düşük, lokal referans değerinin dünya geneliyle benzer olduğu As dışında hemen tüm içerikler lokal referans değerlerinden yüksektir. İzleyen bölümlerde anlatılacak olan sediment kalitesi kriterlerinden Eşik Etki Seviyesi (TEL) ve Olası Etki Seviyesi (PEL) değerleri ile kıyaslandığına Cu, Pb ve Zn temel değer olan eşik etki seviyesinden (TEL) daha düşük içeriklerde olduğu öne çıkmaktadır (Şekil 5.11). Diğerlerine kıyasla nisbeten daha yüksek konsantrasyonlar gösteren Ni, sınırlı sayıda istasyonda olası etki seviyesi (PEL) değerini aşmaktadır. Alansal dağılımlar incelendiğinde en belirgin özellik olarak hemen tüm metal dağılımlarında yüksek konsantrasyonların Gerence kuzeyinde yer alan ID-19 no'lu istasyonla ilişkili olduğu görülmektedir. Tüm dağılım modellerinde en belirgin özellik büyük oranda güneybatı yönlü bir yayılma ve depolanma eğiliminin gelişmiş olduğudur (Şekil 5.12).

Tablo 5.3 Ildır Körfezi sediment kalitesi ölçüm verileri ve sediment kalitesi kılavuz parametreleri (ppm)

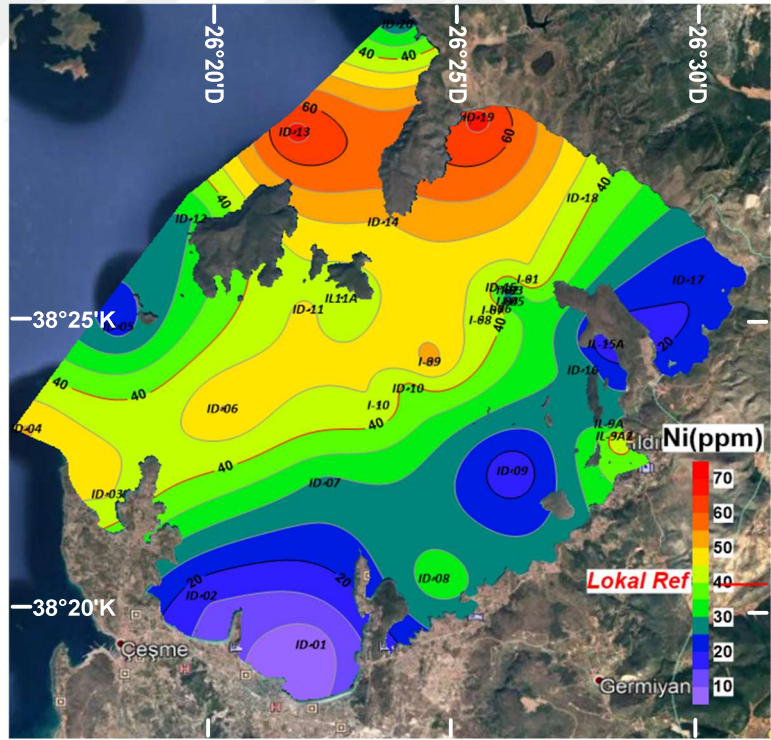
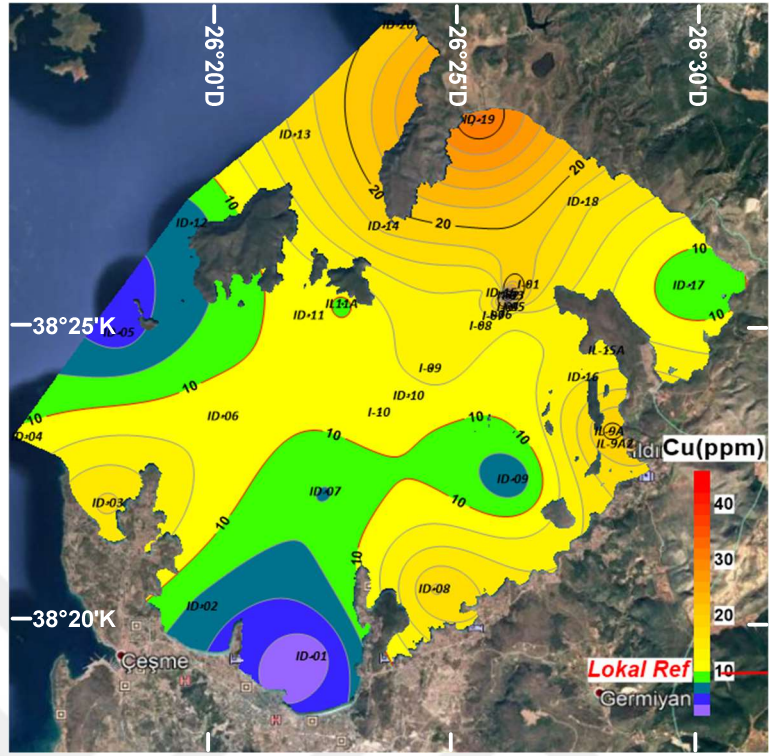
	Min.	Max.	Ort.	Ref. (Dünya)	Ref. (lokal)	TEL	PEL	ERL	ERM
As	3	17	9,18	13	12	7,2	41,6	8,2	70
Cd	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,67	4,2	1,2	9,6
Cr	14	127	60,06	90	59	52,3	160,4	81	370
Cu	2,4	49,2	15,09	45	10	18,7	108,2	34	270
Ni	6,6	67,4	36,26	68	39,1	15,9	42,8	20,9	51,6
Pb	7	23,8	15,82	20	10,4	30,2	112	46,7	218
Zn	9	90	38,76	95	34	124	271	150	410
Al (%)	0,72	7,74	3,3	8,1	3,43	-	-	-	-
Fe (%)	0,21	3,96	1,51	4,72	1,54	-	-	-	-



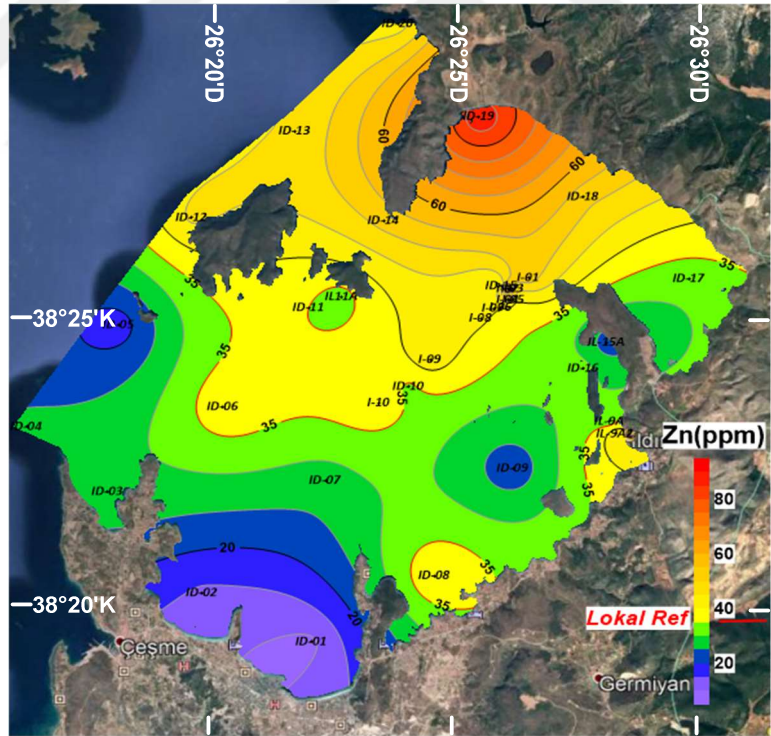
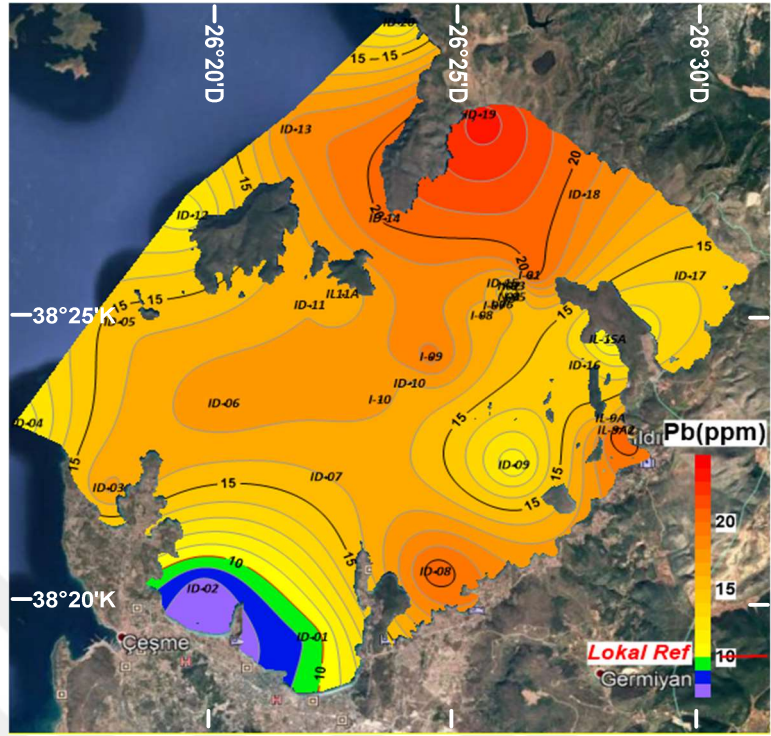
Şekil 5.11 Ildır Körfezi yüzey sedimentlerindeki toplam ağır metal konsantrasyonları (Dikdörtgen alt ve üst sınırları, ilgili metalin alan için geçerli % 25 ve % 75 sınır değerlerini belirlerken, üst ve alt kısa çizgiler minimum ve maksimum değerleri göstermektedir. Kutunun içindeki yatay çizgi ortalama değerdir. Olası etki düzeyi (PEL) aşağı yönelik üçgen ve noktali kırmızı çizgi; Eşik etki seviyesi (TEL) yukarı yönelik üçgen ve noktali mavi çizgi ile işaretlenmiştir. Açık ve koyu yeşil çizgi değerleri sırasıyla elementin lokal ve dünya referans değerlerini göstermektedir.)



Şekil 5.12 a) Ildır Körfezi'nde sedimentte ağır metal içeriklerinden As (üst) ve Cr (alt) alansal dağılım haritaları



Şekil 5.12 b) Ildır Körfezi'nde sedimentte ağır metal içeriklerinden Cu (üst) ve Ni (alt) alansal dağılım haritaları



Şekil 5.12 c) Ildır Körfezinde sedimentte ağır metal içeriklerinden Pb (üst) ve Zn (alt) alansal dağılım haritaları

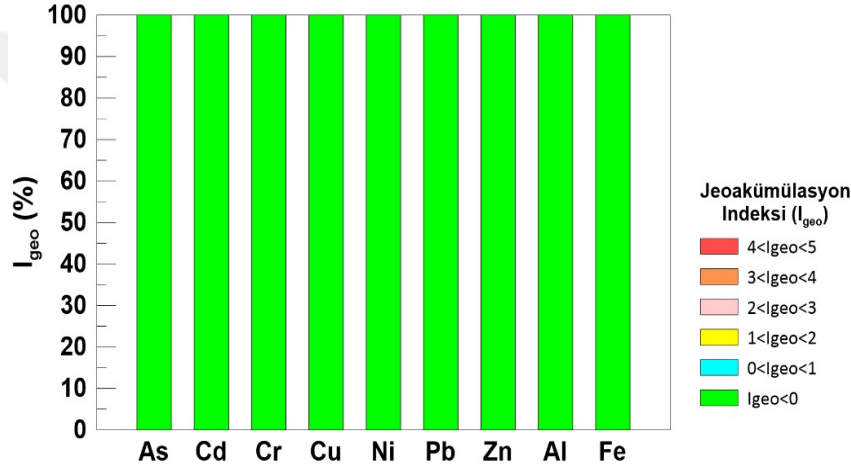
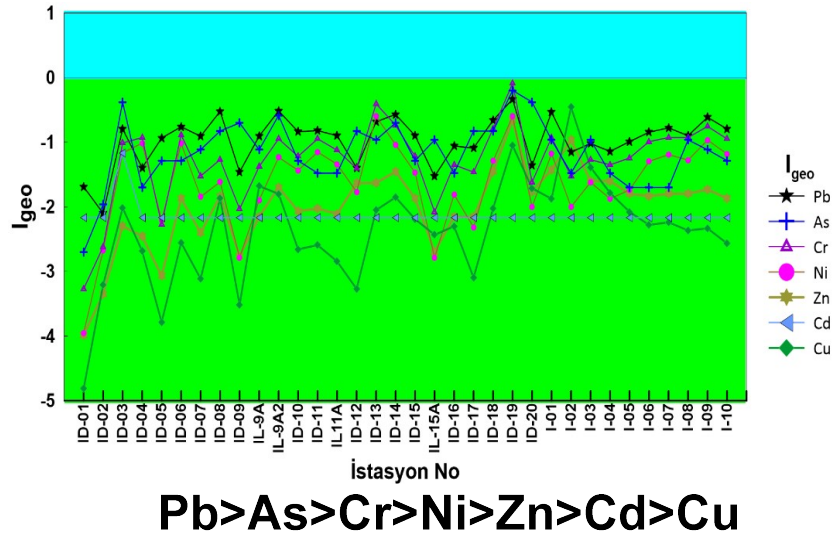
5.3.2 Kirlilik Ölçümü

Kontaminasyon seviyesi ve sediment örneklerinde olası antropojenik etkiyi belirlemek amacıyla, jeoakümülayon indeksi (I_{geo}), zenginleştirme faktörleri (EF), kontaminasyon faktörü (CF) ve derecesi, modifiye kontaminasyon derecesi (mCdeg) ve modifiye kirlilik indeksi (MPI) gibi kriterler kullanılarak potansiyel olarak tehlikeli ağır metal ve organik kirletici unsurlar bu başlık altında değerlendirilmiştir. Ayrıca bentik organizmalarda potansiyel biyolojik tehdidi tahmin etmek amacıyla sediment kalitesini değerlendirmek için geliştirilmiş olan göstergelerden düşük ve orta etki aralığı (ERL-ERM), olası ve muhtemel olumsuz biyolojik yan etkiler (TEL-PEL) ile ağır metallerin toplam riskleri Q_{TEL} ve Q_{PEL} belirlenmiştir.

5.3.2.1 Jeoakümülayon İndeksi (I_{geo})

Ölçülen konsantrasyonların incelenmesi sonucunda Jeoakümülayon indeks (I_{geo}) değerlerinin potansiyel tehlike aralık dağılımlarında tümüyle kirlenmemiş ($I_{geo} < 0$) zonda yer aldığı görülmektedir (Şekil 5.13).

İlgili grafikten de görüleceği üzere ortalama I_{geo} değerleri gözününe alındığında kirlenme sıralaması $Pb > As > Cr > Ni > Zn > Cd > Cu$ düzenindedir. Alan genelinde maksimum değerlerin gözleendiği $Pb > As > Cr$ düzeninde sıralanmış elementler diğerlerine kıyasla yüksek değerleriyle kirlenmemiş zonun bir üst sınıfı olan kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş zona yakın bölümde toplanmıştır (Şekil 5.13)

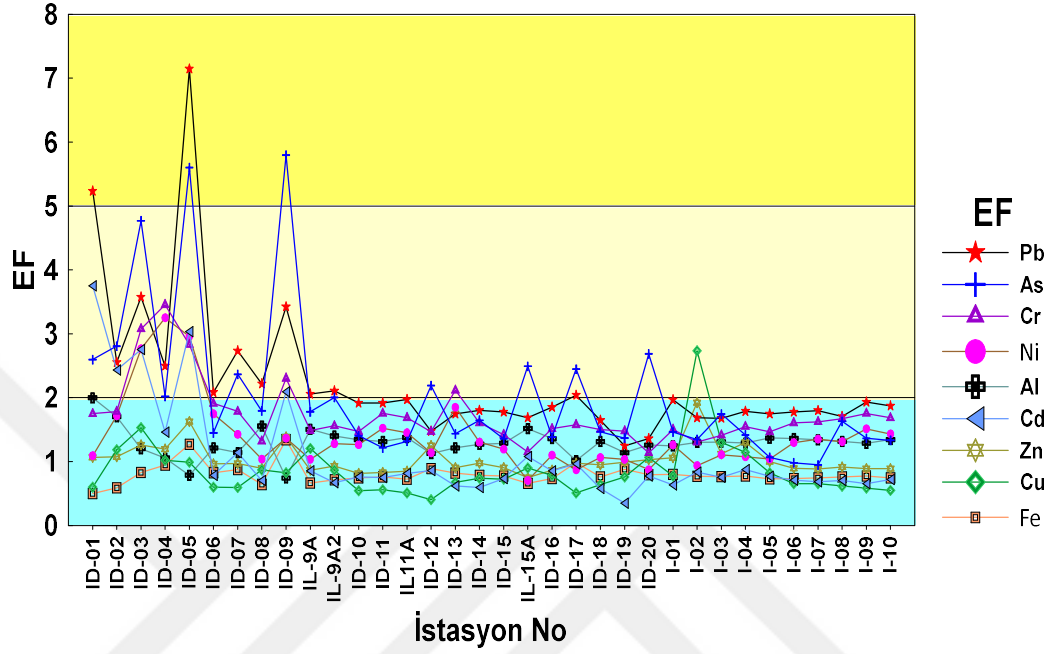


Şekil 5.13 Ildır Körfezi sedimentte ağır metal içeriklerinin jeoakümülayson indeksi (I_{geo}) hesaplama sonuçları

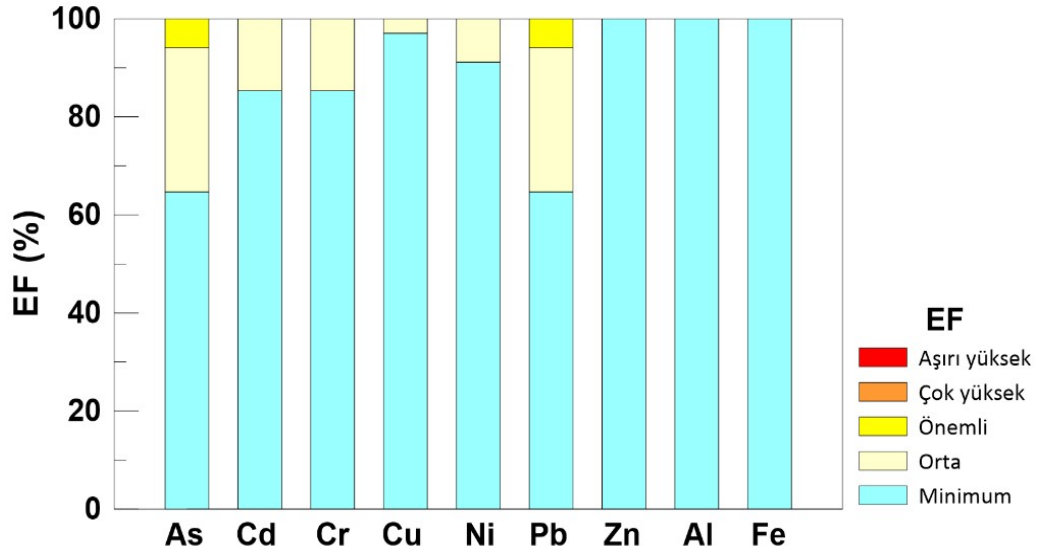
5.3.2.2 Zenginleştirme Faktörü (EF)

Elementler için bölgesel jeokimyasal referans değerlerinin mevcut olmadığı durumlarda yerküre kabuğu için Turekian ve Wedepohl (1961) tarafından belirlenen dünya ortalama element konsantrasyonları bu yöntemde referans olarak kullanılmaktadır (Tablo 5.3). 5.0'dan düşük olarak elde edilen EF değerleri önemli olarak kabul edilmez, çünkü bu tür küçük zenginleştirmeler, lokal sediment materyalinin ve EF hesaplamalarında kullanılan referans örneğin bileşimindeki farklılıklardan kaynaklanabilir. Ildır Körfezi sediment örneklerine ait zenginleştirme

faktörü ortalama değeri 0,79-2,23 arasında değişmekte olup, büyük oranda minimum zenginleşmeyi işaret etmektedir (Şekil 5.14).



Pb>As>Cr>Ni>Al>Cd>Zn>Cu>Fe



Şekil 5.14 Ildır Körfezi sedimentte ağır metal içeriklerinin zenginleştirme faktörü (EF) hesaplama sonuçları

Minimum ve maksimum değerler sırasıyla 0,34-1,24 ve 1,34-7,14 aralığında yer almaktadır. Şekil 5.14’de verilen grafikten de görüleceği üzere Ildır Körfezi için ortalama EF değerleri gözününe alındığında zenginleşme sıralaması $Pb>As>Cr>Ni>Al>Cd>Zn>Cu>Fe$ düzenindedir.

EF, antropojenik bir kaynağı doğal bir kaynaktan ayırt etme konusunda bir fikir verebilir. Temel olarak, EF değeri arttıkça litojenik olmayan kaynaklardan gelen katkı da artar. Zonta ve diğer. (1994) çalışmasında sedimentte kirlilik, zenginleştirme faktörü yüzdesi (% EF) kullanılarak değerlendirilmiştir. Buna göre bir metalin sediment örneklerinin tamamına ait ortalama (C_{ort}), minimum (C_{min}) ve maksimum (C_{max}) konsantrasyon olacak şekilde metale ait (% EF);

$$\% EF = 100 * (C_{ort} - C_{min}) / (C_{max} - C_{min}) \quad (5.1)$$

şeklinde hesaplanır. Bu verilere göre % EF sıralaması % 2,9-52,5 aralığında ve $Pb>Ni>As>Cr>Zn>Cu>Cd$ düzeninde elde edilmiştir. Tablo 5.4’den görüleceği üzere göreceli olarak düşük olan $Cu>Cd$ (% 3-% 27) haricinde $Pb>Ni>As>Cr>Zn$ ’nın yüksek (>% 36) konsantrasyonlar göstermesi sediment örneklerinde olası antropojenik kaynakları işaret etmektedir.

Tablo 5.4 Ildır Körfezi sedimentlerinde zenginleştirme faktörü yüzdesi (% EF) değerleri

Pb	Ni	As	Cr	Zn	Cu	Cd
52,49	48,78	44,12	40,76	36,75	27,12	2,94

5.3.2.3 Kontaminasyon Faktörü (CF) ve Modifiye Kirlilik İndeksleri

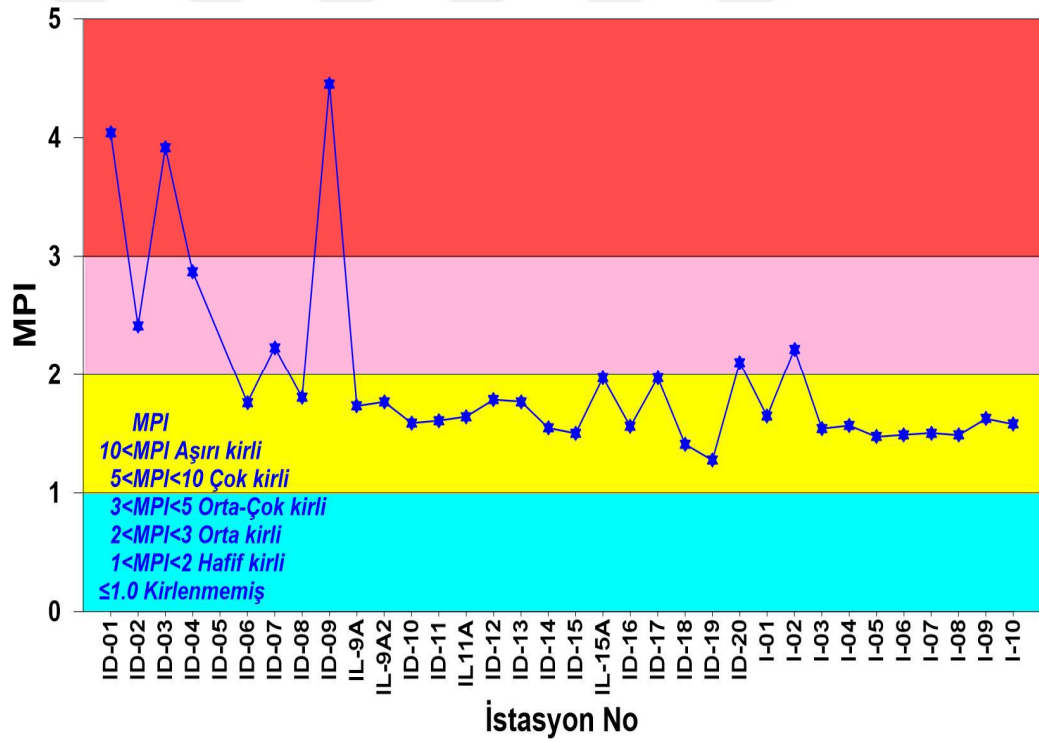
Belirli bir ortamdaki metal konsantrasyonu, sediment tabakasının doğası, metallerin çözünmesini ve çökmesini kontrol eden fiziko-kimyasal koşullar, kirlilik

bölgelerine yakınlık gibi değişken parametrelerle kontrol edilir. Sedimanter oluşuklar diğer bir anlamda geçmiş dönem özelliklerinin arşivlenmesi ve dolayısıyla kirlilik derecesini gösterme yeteneğine sahiptir. Farklı metallerin dağılım gösterdikleri alanı kapsamında olumlu ve olumsuz etkileri vardır. CF hesaplamalarında esas olan araştırma alanındaki antropojenik etkilerden etkilenmemiş olan dönemlere ait referans element değerlerinin saptanmış olmasıdır. Ildır körfez alanı CF değerlerinin hesaplanmasında kullanılan ve göreceli olarak en düşük konsantrasyonların ölçüldüğü IL-9A2 gravite karot taban (145 cm) verilerinden uyarlanmış lokal referans element değerleri Tablo 5.3 kapsamında sunulmuştur. Bu hesaplama yönteminde doğrudan bireysel elementlerin alan genelinde kendilerine özgü kontaminasyon değeri belirlenir (Tablo 5.5). Bireysel CF değerlerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda tüm alan için geçerli genel kontaminasyon tanımları yapılmış ve Tablo 5.5'den görüleceği üzere CF sınıflaması için alt seviyeler olan nispeten düşük ve orta kontaminasyon koşullarının egemen olduğu belirlenmiştir. Metaller arası kontaminasyon derecesi sıralaması, Pb>Cu>Zn>Cd>Cr>Fe>Al>Ni>As diziliminde olup düşük olan Pb>Cu>Zn>Cd>Cr dışında diğer tüm metaller için orta konsantrasyonlar hesaplanmıştır.

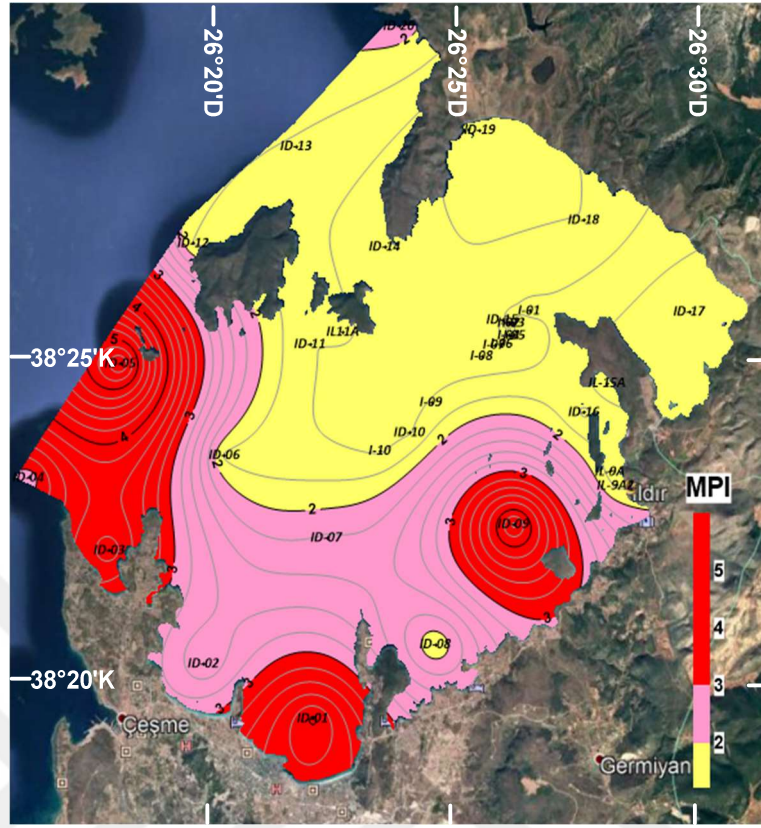
Bireysel element esasına dayalı kontaminasyon faktörünün (CF) tüm metallerin birlikte değerlendirilmesiyle geliştirilmiş olan ve düşük kontaminasyon ile çok az kirli sonuçlar veren (Tablo 5.5) kontaminasyon derecelerine (C_{deg} ve mC_{deg}) benzer şekilde zenginleşme faktörü (EF) esasına dayalı bir uygulama olan modifiye kirlilik indeksi (MPI) verileri Şekil 5.15 kapsamında sunulmuştur. Örnekleme istasyonu bazında elde edilen MPI değerlerinin tamamı bu uygulamanın en kirli bölümü olan hafif-orta kirli zonda yer almaktadır. MPI alansal dağılımında çalışma alanının güney yarısında yer alan kıyı istasyonlarındaki maksimum değerler (>3) ID-1, ID-3 ve ID-9 no'lu sığ lokasyonlarda maksimuma (>4) artmaktadır (Şekil 5.15).

Tablo 5.5 Ildır Körfezi yüzey sediment örneklerinde kontaminasyon faktörü değerleri

CF	Metal	Değer	Kontaminasyon
	Pb	1,52	Orta (1<CF<3)
	Cu	1,51	Orta (1<CF<3)
	Zn	1,14	Orta (1<CF<3)
	Cd	1,03	Orta (1<CF<3)
	Cr	1,02	Orta (1<CF<3)
	Fe	0,98	Nispeten Düşük (CF<1)
	Al	0,96	Nispeten Düşük (CF<1)
	Ni	0,93	Nispeten Düşük (CF<1)
	As	0,76	Nispeten Düşük (CF<1)
CF sıralama		Pb>Cu>Zn>Cd>Cr>Fe>Al>Ni>As	
C _{deg}		7,9	Düşük kontaminasyon
mCd		1,13	Yok - çok az kirli



Şekil 5.15 a) Ildır Körfezi'nde istasyon bazında saptanmış sedimentte ağır metal içeriklerinin modifiye kirlilik indeksi (MPI) değerleri



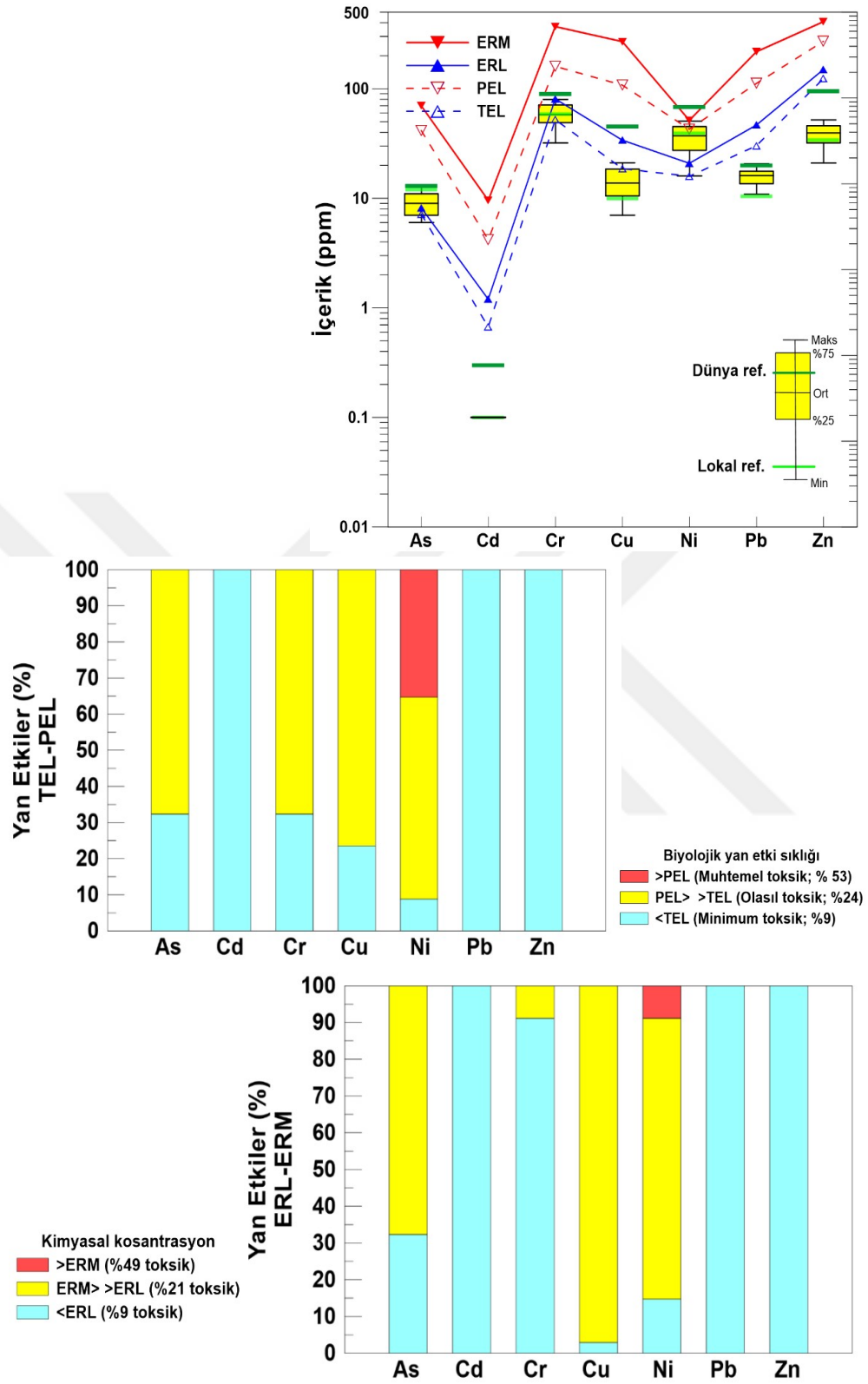
Şekil 5.15 b) MPI değerleri alansal dağılım haritası

5.3.3 Sediment Kalite Parametreleri

Sediment kalitesi yönergelerinde (SQG) belirlenmiş olan sınır değerler ve örneklerde yapılan analiz sonuçlarına ait veriler Tablo 5.3'de verilmiştir. Tablo verilerinin kullanıldığı Şekil 5.16'da görüleceği üzere Ildır Körfezi sedimentlerinde ölçülen metal ortalama konsantrasyonları Ni ve As PEL'den yüksek iken diğer metal ortalama değerlerinden Cr TEL-PEL arası, Cd, Cu, Pb ve Zn ise TEL altındadır. Diğer bir ifade ile tüm metal içerikleri Cd, Pn ve Zn dışında yan etkilerin meydana gelebileceği olası (% 24) ve yalnızca Ni muhtemel toksik (% 53) seviyelerdedir. Bu da olumsuz biyolojik etkilerin ortaya çıkması beklendiğini düşündürmektedir (MacDonald ve diğer., 2000). Ölçülen metal konsantrasyonlarının sınır değerlerine göre kıyaslandığı ve alan genelindeki dağılımlarına göre yalnızca Cd, Pb ve Zn verilerinde karşılık gelen içeriklerin tamamı TEL değerinin altında iken, diğer tüm

verilerde bu oran Ni (>% 90), Cu (>% 75), Cr ve As için % 60 tan fazlası TEL üzerindedir. Yalnızca Ni verilerinin toplamdaki dağılımı % 35 PEL üzerindedir. Dolayısı ile olumsuz biyolojik etkiler Ni konsantrasyonları nedeniyle daha sık görülür.

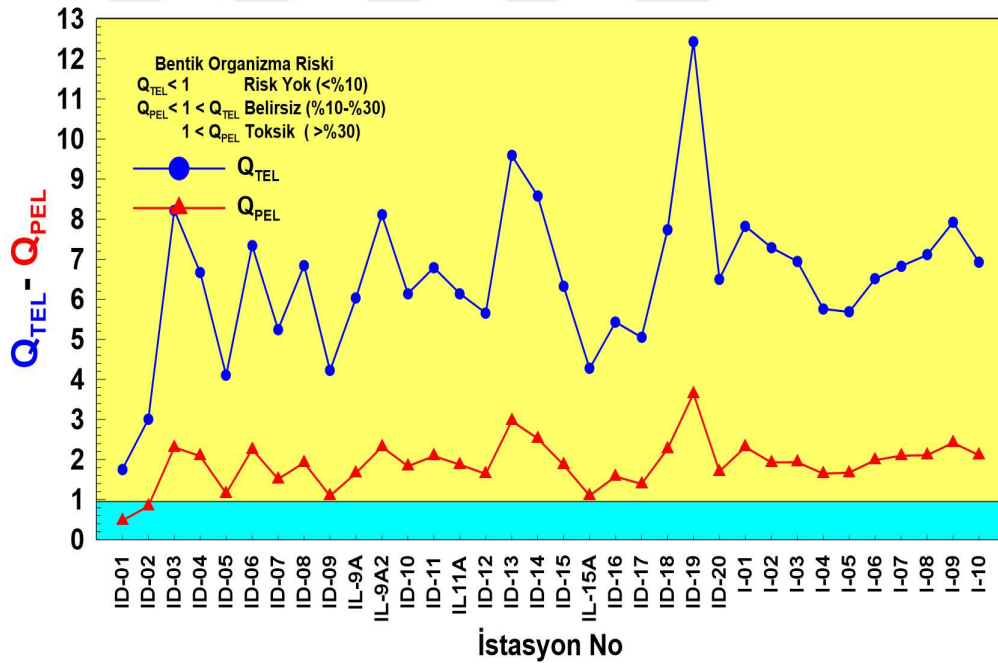
Sedimentte toksiklik kriterleri açısından incelendiğinde biyolojik yan etki kriterlerinde olduğu gibi Ni, Cu, As ve kısmen Cr haricinde diğer tüm metaller (Cd, Pb ve Zn) düşük etki aralık limiti (ERL) altında konsantrasyonlar göstermektedir. Yüksek limitlilerden yalnızca Ni % 49 oranında orta etki aralığı (ERM) limitini aşmaktadır. Cd, Pb ve Zn dışındaki metallerin hemen tamamına yakın kısmı büyük oranda (% 21) toksik özellik göstermektedir (Şekil 5.16).



Şekil 5.16 Ildır Körfezi sediment örneklerinde ölçülen metal konsantrasyonları (üst) ile biyolojik yan etki (TEL-PEL) ve toksiklik (ERL-ERM) oranları (alt)

5.3.4 Toksisite Tahmini ve Risk Değerlendirmesi

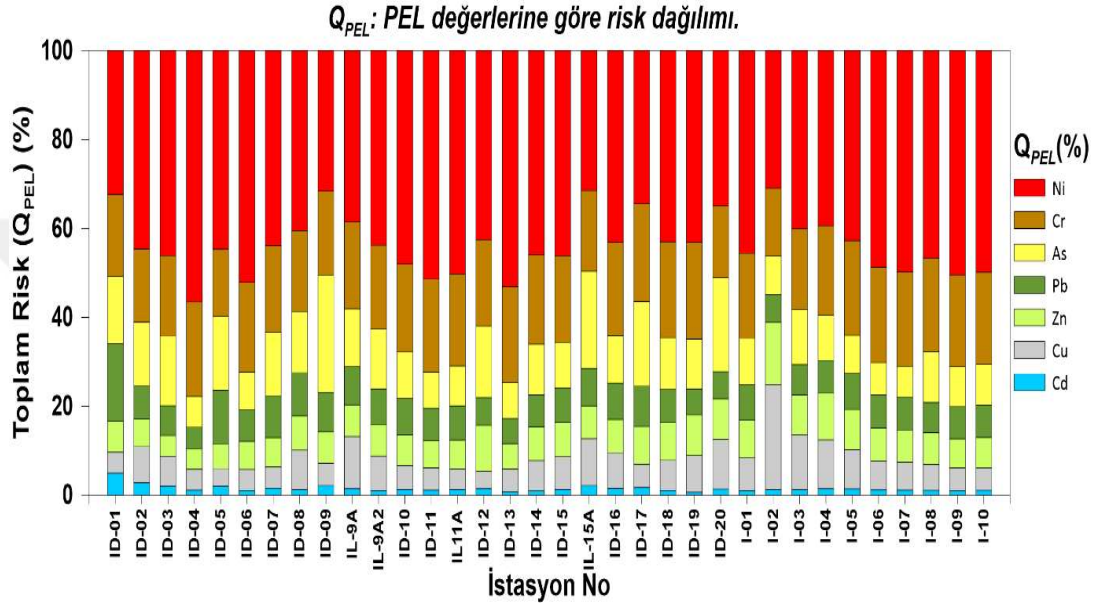
Ildır Körfezi sediment örneklerinde belirlenen 7 ağır metalin konsantrasyonları (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) önceki bölümlerde TEL ve PEL değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sediment kalitesi yönergeleri (SQG) verilen TEL ve PEL'e dayanılarak hesaplanan $Q_{PEL} > 1$, $Q_{PEL} \leq 1 \leq Q_{TEL}$ ve $Q_{TEL} < 1$ ile örnek sayısı göz önüne alınarak değerlendirildiğinde tüm Q_{TEL} değerlerinin tamamı 1'in üzerinde iken Q_{PEL} değerlerinin de ID01 ve ID02 no'lu istasyon haricinde diğer tüm istasyonlarda 1-4 aralığında olduğu saptanmıştır (Şekil 5.17). Bu verilerden hareketle minimal Q_{PEL} değerlerine sahip olan ve % 10-30 toksik aralığında olan ID01 ve ID02 no'lu istasyonlarının haricinde diğer tüm istasyonların toksik (>%30) özellik gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 5.17 Ildır Körfezi sediment örneklerinde metal konsantrasyonlarına bağlı olarak hesaplanan Q_{TEL} ve Q_{PEL} değerlerinin istasyonlar genelindeki dağılımı

Şekil 5.18'de analizi yapılan ağır metallerin ($Q_{MetalPEL}$) toplam toksikolojik risklere, yani $(Q_{MPEL})/Q_{PEL}$ oranına katkısı gösterilmektedir. Konsantrasyonları

belirlenen 7 metale ait değerlerin istasyonlar arası dağılımlarında; As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn için sırasıyla % 6,9-27,9, % 0,6-5, % 15,1-22, % 3,9-23,6, % 30,1-56,5, % 4,8-17,4 ve % 4,6-13,9 limitler saptanmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar Ni, Cr, As'ın sedimentte ağır metal karışımlarının toksisitelerine baskın katkıda bulunduğunu, bunu Pb, Zn ve Cu'nun izlediğini göstermiştir.



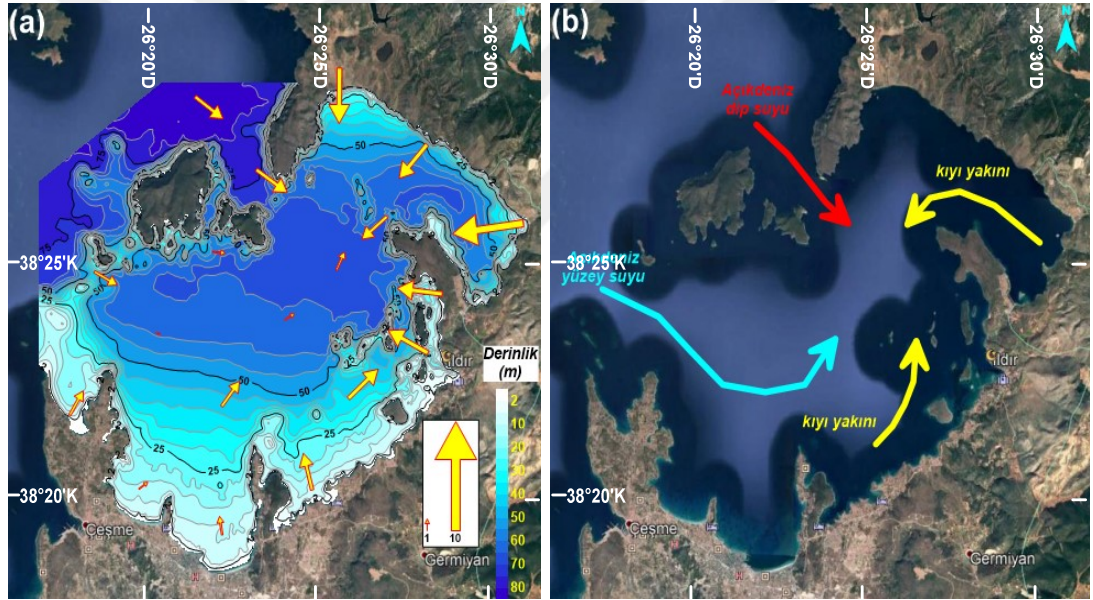
Şekil 5.18 Analizi yapılan ağır metallerin Ildır Körfezi sedimentlerinde toplam risk bölümlerine (Q_{PEL}) katkıları (Q_{PEL} ; PEL tabanlı risk katsayısı)

Denizel ortamda sediment örneklerinin % 75'inden fazlasının toksik veya toksik olmadığı doğru tahmin edilirse, sediment kalitesi yönergelerinin (SQG) sediman kalitesini değerlendirmek için güvenilir bir temel sağladığı kabul edilmiştir (Ingersoll ve diğer., 2001; Long ve diğer., 1998; MacDonald ve diğer., 2000). Buradan hareketle, doğal bentik türlerin bilgisine dayalı olarak belirlenmiş olan TEL ve PEL değerleri sedimentlerin kalitesini değerlendirmek için etkili bir şekilde kullanılabileceği önerilmiştir (Zhang ve diğer., 2012). Ildır Körfezi farklı yerlerinden alınan 34 sediment örneği içindeki ağır metallerin C/PEL ve Q_{PEL} değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 5.18'de gösterilmiştir. Q_{PEL} değerleri 0,48 ile 3,65 arasında değişmekte olup örnekleme lokasyonlarının ikisi haricinde hemen tamamı

madenlerinin yakınında yer alan asit maden drenajı ile maden atıkları kalıcı potansiyel çevre kirliliği sorunlarına neden olmuştur.

5.4 Sediment Taşınma İşlevleri

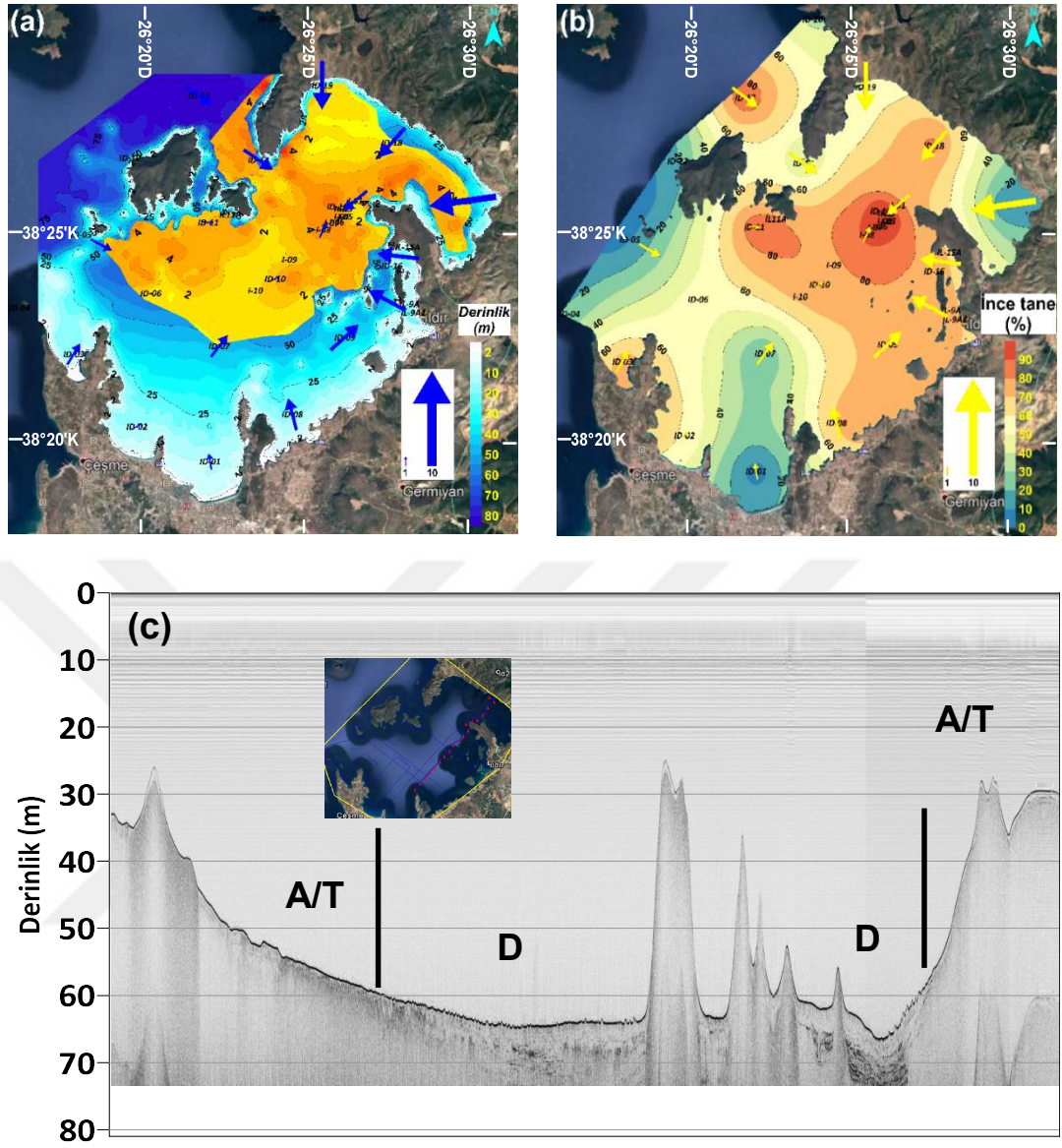
GSTA modeli ile elde edilen sediment taşınma vektörleri esas alınarak çalışma alanıyla ilgili sedimanter döngü modeli oluşturulmuş ve Şekil 5.20a'da, taşınma yönleri oklarla gösterilmiştir. Şekil 5.20b'de verilen sediment taşınma yönlerinin şematik çizimi, taşıma modellerinin sadeleştirilmiş yorumsal bir karakterizasyonunu göstermektedir.



Şekil 5.20 (a) Çalışma alanında GSTA yöntemiyle üretilen sediment taşınma yönleri, (b) Sediment taşınma modelinin sadeleştirilmiş yorumsal konfigürasyonu

Denizel akıntılar, sedimentlerin alansal dağılımı ve mekansal eğilimleri üzerindeki etkin taşınım işlevlerini tetikleyen ve denetleyen en temel unsurlardır. Dalgalar ve ilişkili akımlar kıyıya yakın tortu taşınması için birincil itici güçlerdir. Dalgalar, ortamdaki mevcut sedimanter materyali bir süspansiyona karıştırmaya ve sedimentlerin akımlarla bulundukları ortamdan taşınmasına izin verir. Bu çalışma

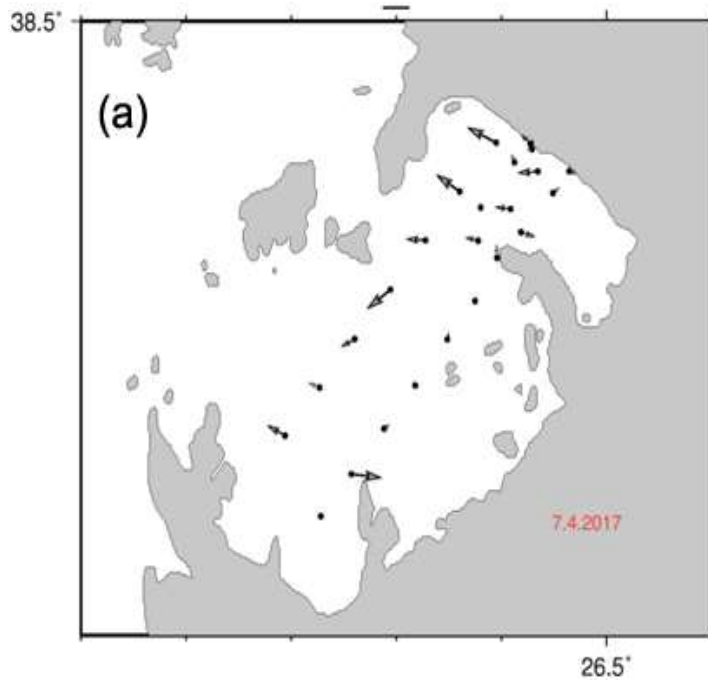
kapsamında Ildır körfezi genelinde özellikle kuzeydoğu rüzgarları veya dalgaları ve ilişkili akıntılarla, kıyıya yakın tortunun kıyı şeridinde paralel dar bir bölgede kuzey ve kuzeydoğu yönünde taşındığını göstermektedir. Gerence Körfezi'nde ise benzer etkiyi kuzey ve güney rüzgarları yapmakta ve yüksek etkili olduğu sahillerde rüzgar yönlü olarak dip hareketlerine neden olmaktadır (Şekil 5.20a). Sediment taşınma modelinde üç farklı sistemin egemen olduğu saptanmıştır. Saat ibresi tersi yönde hareket eden yüzey akıntıları çalışma alanının güney yarısında belirgin olup, yine benzer yönlü hareketle batıdan gelen açık deniz yüzey suyu girişleri de körfez ortasına yöneliktir. Körfezin açık denizle bağlantılı olduğu taban bölümünde açık deniz kaynaklı dip suyu girişi de körfez dışına sediment taşınımına engel olmakta ve güncel sedimentlerin ağırlıklı olarak körfez içinde depolanmasına neden olmaktadır (Şekil 5.20b). Sismik stratigrafik verilerden elde edilen güncel sediment dağılım modeli (Şekil 5.21a) ile yüzey sedimentlerinin analizi sonucu belirlenen depolanma ortamının karakteristik materyali olan çamur içerik dağılım haritalarının (Şekil 5.21b) sediment taşınma modeli ile yüksek oranda uyumlu olduğu gözlenmiştir.



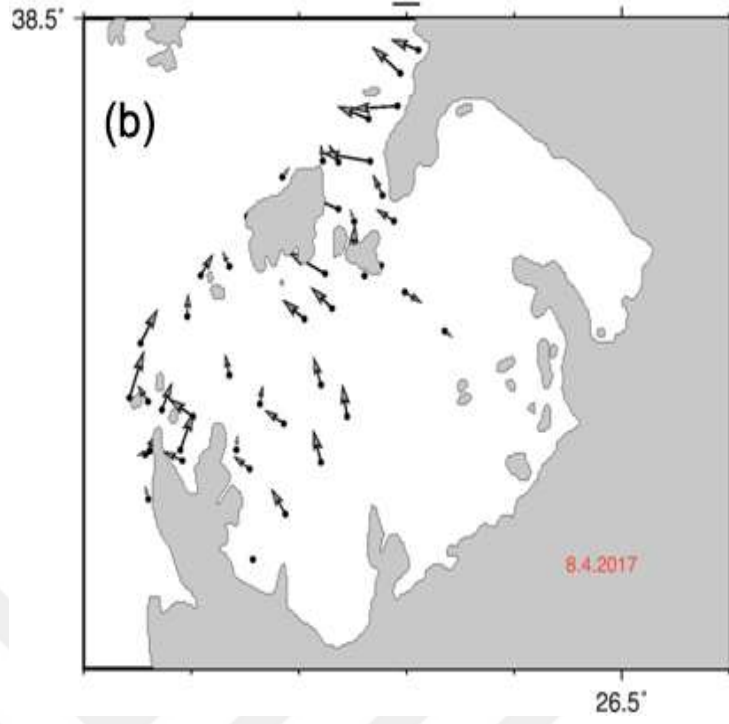
Şekil 5.21 (a)Sediment taşınma modeli ile sismik startigrafik yorumlardan saptanmış güncel sediment depolanma alanı, (b) Sediment depolanma alanı ile ince taneli yüzey sediment dağılım haritasının karşılaştırılması, (c) Saptanan güncel sediment depolanma (D) ve aşınma, taşınma zonlarını (A/T) gösteren örnek sismik kayıt

5.5 Akıntı Rejimi

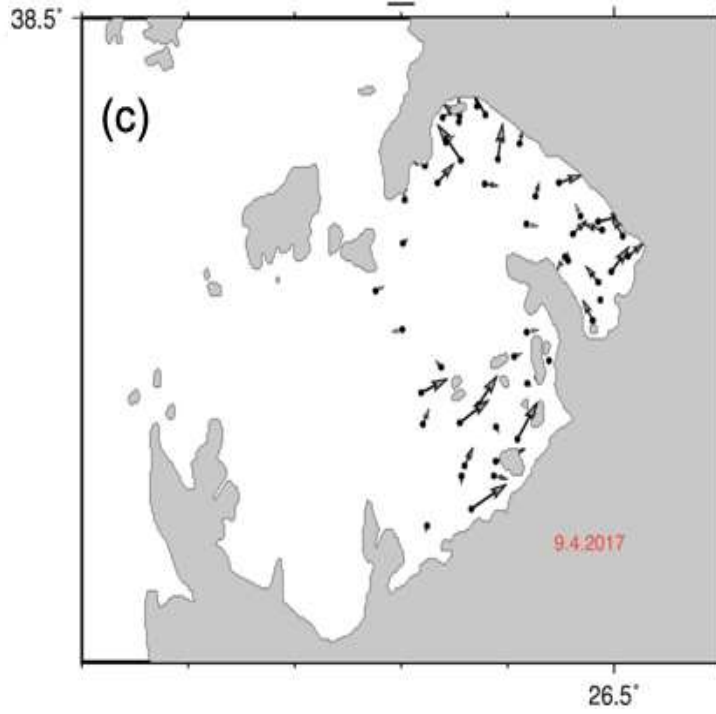
Ildır ve Gerence Körfezi ile Eğriliman boğazında 7-8-9 Nisan 2017 tarihleri arasında hem noktasal hemde belirlenen hatlar boyunca ADCP verileri toplanmıştır. Belirlenen her nokta üzerinde 30 dk boyunca yapılan ölçümler sonucunda akıntı yönünü ve şiddetini belirten oklar Şekil 5.22'deki haritalar üzerinde gösterilmiştir. Bununla birlikte koşulan ADCP hatlarından elde edilen veriler, noktasal veriler ile korole edilerek çalışma sahasının akıntı rejimi ile sıcaklık dağılım haritası Şekil 5.23'de ifade edilmektedir. Genel olarak bakıldığında, kıyı bölgelerinin ilkbaharda genel karakteristiği olarak kıyıları daha sıcak açık deniz ise daha soğuktur. Açık deniz suları körfeze kuzeyden girmekte ve adalar tarafından bölünen suların bir kısmı Körfezin içlerine doğru girerken, diğer bir kısımda körfezin ağzına paralel güney batıya doğru gitmektedir. Bu ikinci kolun akışı sırasında içeriye doğru bükülmeler olmakta ve siklonik döngüler oluşmaktadır. İçeriye giren akıntının hızı 0,3 m/s mertebesinde olmasına rağmen, körfezin içlerine doğru 0,1 m/s'ye düşmektedir. İç kısımlardaki küçük adalar ve kıyı yapısı kompleks bir akıntı deseni oluşmasına neden olmaktadır.



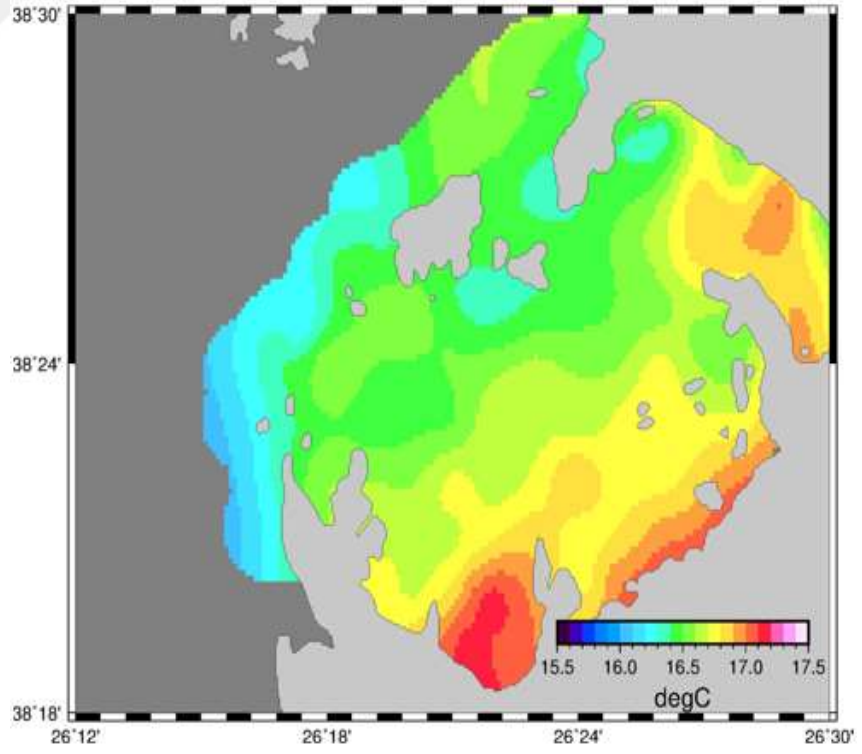
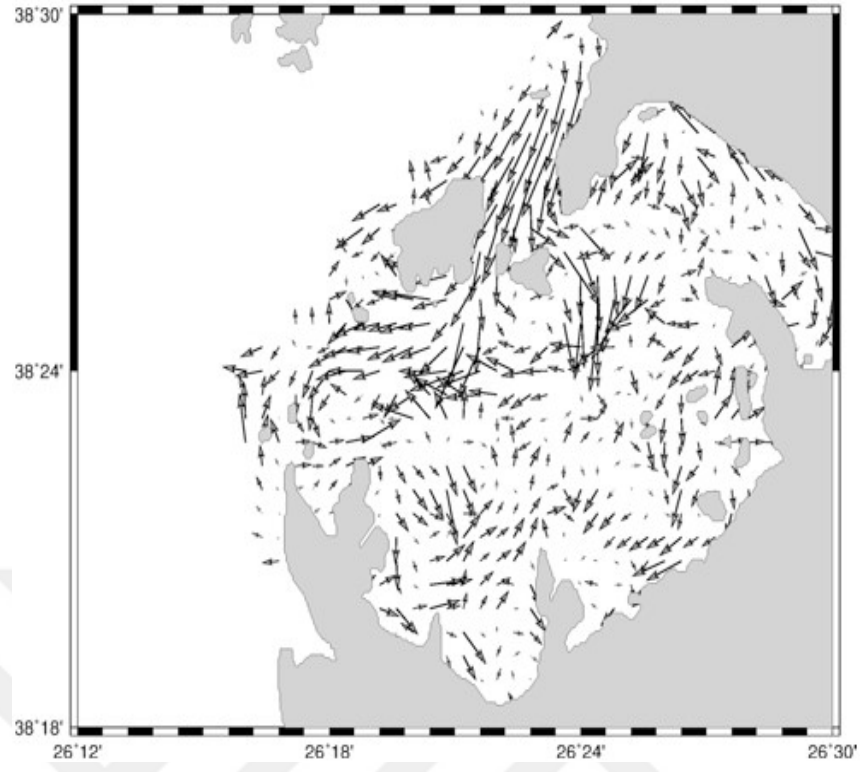
Şekil 5.22 (a) Çalışma alanındaki noktasal akıntı yönleri ve hızları (7.4.2017)



Şekil 5.22 (b) Çalışma alanındaki noktasal akıntı yönleri ve hızları (8.4.2017)



Şekil 5.22 (c) Çalışma alanındaki noktasal akıntı yönleri ve hızları (9.4.2017)



Şekil 5.23 Çalışma alanı akıntı rejimi (üst) ve sıcaklık dağılım haritası (alt)

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

Ildır ve Gerence Körfezleri'nden elde edilen sismik kesitlerde akustik temel üzerinde üç tane (R1, R2 ve R3) yansıma yüzeyi ve dört tane (SU1, SU2, SU3 ve SU4) sismik ünite tanımlanmıştır. Gerence-Ildır geçişinde güncel basen 4 km genişliğe erişirken tabanaltı jeolojik yapı son derece karmaşık olup büyük oranda neojen çökel, volkanik, tuf ve piroklastik kaya birimlerinden oluşmaktadır. En yaşlı ünite olan SU1 ise, yaklaşık 70 m su derinliğinin altındaki depolanma alanında yer alan vadi biçimli bölümde yayılım göstermektedir. Sismik ünitelerden SU2 ve SU4, körfez alanının yaklaşık yarısındaki ($\sim 100 \text{ km}^2$) en geniş yayılımlı yüzey sedimentleridir. Kıyı yakınındaki dar alanlarda ise ağırlıklı olarak deniz çayırıları tarafından örtülü olan SU3 ünitesi ile akustik temel bulunmaktadır. SU3 ve SU4, güncel deniz tabanındaki konsolide olmamış denizel sedimentleri temsil etmektedir. Sığ kesimlerde yer alan SU3 ünitesi, Gerence kuzeyindeki kıyısız zon dışında yaklaşık 30 m derinlikte göreceli biçimde incelerek sonlanmaktadır. SU3'ü izleyen ilk SU4 güncel sediment istifleri ise 50 m derinlikten sonra inceden kalına doğru bir istiflenme konfigürasyonu göstermektedir. Güncel sedimentlerin yer almadığı bu ara zonda (30-50 m) olası dip akıntısının etkin olduğu düşünülmektedir.

Gerence Körfezi'nin güney yarısında, Ildır Körfezi'nin kuzey yarısında ve körfezin açık deniz bağlantısında hakim olan vadiler, sırasıyla Gerence (1,5 km genişlikte), Ildır 2 (3,5 km genişlikte) ve Ildır 1 (1,5 km genişlikte) olarak 60 m derinlik zonunda şekillenmiştir. Vadi eksenleri, esas olarak doğu-batı yönelimli olup Ildır-Gerence ara yüzeyinde yer alan güneybatı-kuzeydoğu yönelimli ana kanal ile açık denize bağlanmaktadır. Genel olarak vadi tabanı ve vadi dolgusu istiflerinin en derin bölümleri sığ sismik sistemin penetrasyon kapasitesinin yeterli olmaması nedeniyle net olarak belirlenememiştir.

Göreceli deniz seviyesi yükselimi çalışmaları, özellikle son dönem (orta Holosen) için özellikle yüzey ve yüzeye yakın alanlarda daha erişilebilir veriler olması nedeniyle hayli yaygın olup dünya genelindeki sonuçlar geniş bir sunum aralığını kapsamaktadır. Tez kapsamında tesbit edilebilen karakteristik deniz seviyesi değişimi kaynaklı SU1, SU2 ve SU3 istifleri, erime suyu taşkın dönemleri olan EST 1A, 1B ve 1C ile ilişkilendirilmeye çalışılmıştır.

Ildır Körfezi genelinde EST-1A ve EST-1B'ye karşılık gelen vadi (SU1) ve izleyen yamaç dolgusu (SU2) istifleri hakimdir. SU1 istiflerinin üst seviyeleri 50 m derinlik limitinin altında kalması sebebiyle EST-1B dönemine ilişkin üst seviyelerde (45 m) görülmemekle birlikte yukarı yönlü incelenmektedir. Sedimanter yapıdaki bu özellik ve incelmeyi izleyen dönemlerdeki etkin kıyasal aşınma aktiviteleri, özellikle deniz seviyesinin güncel konumuna eriştikten sonraki süreçte aktif olan dip akıntıları ve benzeri faktörlerle ilişkilendirilmiştir. Çalışma alanında 30 m'den daha sığ seviyelerde yer alan SU3 ünitesindeki tabakalanmanın olmadığı homojen istiflenme kısa batimetrik konuşlanmalarla birlikte değerlendirildiğinde EST-1C hızlı yükselimine karşılık gelmektedir.

Çalışma alanı genelinde 60 m'den daha derin kesimlerde yer alan muhtemel aktif vadi ve olası gölsel alanların su altında kalması durumunda potansiyel depolanma alanlarına dönüşmesi morfolojik özelliklerin doğal bir sonucudur. Bu kapsamdaki tortuların kara yönlü incelmesi ayrıca göreceli deniz seviyesi yükseliminin yavaşlamadan önce hızla yükseldiğini ve bu nedenle potansiyel depolanma alanının azaldığını ve istiflerin alan genelinde dalga aktiviteleri tarafından denetlendiğini göstermektedir. Göreceli deniz seviyesi yükselimindeki ara piklerin, özellikle dünya genelinde buz tabakası erime faaliyetlerinden kaynaklanan erime anomalileri ile bağlantılı olabileceği önerilmiştir.

Çalışma kapsamında, deniz tabanının altından kıyıs alana kadar olan bölümde tesbit edilen vadiler ile küçük ölçekli sediment tepelik ve/veya dalgalarından oluşan jeolojik yapılar gözlemlenmiştir.

Sismik profillerdeki sedimanter istiflerin deniz seviyelerinin düşük olduğu dönemlerde aktif olduğu belirlenmiştir. Bu vadilerin aktif oldukları dönemde (15000 ila 20000 yıl önce) açık denizle tümüyle bağlantılı olup olmadıkları konusunda herhangi bir bulgu saptanamamış olmakla birlikte genel eğilim deniz yönlü bir akışın olduğu yönündedir.

Körfezlerin doğal depolanma merkezleriyle benzer alansal dağılım gösteren diğer bir deniz taban yapısı ise küçük ölçekli sediment tepeliklerinin oluşturduğu yataklanma yapılarıdır. Çalışma alanındaki bu küçük ölçekli yataklanmalar esas olarak 60-65 m aralıktaki çukur boyunca yaklaşık 4 ila 6.5 km boyunca uzanan Ildır 1, Ildır 2 ve Gerence olarak adlandırılan üç alanda bulunmaktadır. Yüksek ayrımlı sismik profiller incelendiğinde küçük ölçekli tepeliklerden bazen tabandan konik olarak yüzeye erişmiş alt istif materyali görünümü alınırken, diğerlerinde taban altındaki iç konfigürasyonların aynen korunduğu gözlenmiş olup bu konularla ilgili net bir tanımlama yapılamamıştır. Tepelik yüksekliklerinin çok küçük olması nedeniyle herhangi bir erozyonel etki izlemek mümkün olmamıştır. Bununla birlikte, bu yapıların gelişimini denetleyen temel parametrenin deniz tabanında etkin olan akıntı rejimi veya taban altından kaynaklanan muhtelif kökenli yukarı yönlü sediment hareketi ve/veya benzeri etkilerin kombinasyonu olup olmadığı hususunda herhangi veriye de ulaşamamıştır.

Genelde Gerence Körfezi'nde dağılım gösteren ve biyojeolojik oluşuklar olarak adlandırılan korallijenli habitatların ana türleri kalkerli kırmızı algler, bryozoonlar, süngerler ve diğer omurgasızlardır (örneğin; krustaseler, ekinodermiler, mollusklar).

Ildır Körfezi'nde, Akdeniz'e özgü *posidonia oceanica* deniz çayırları da saptanmış ve alansal dağılımı haritalandırılmıştır. Söz konusu deniz çayırlarının EST-1C döneminde geliştiği sismik kesitlerdeki SU3 sedimanter istifinin üzerinde yer almalarından anlaşılmaktadır. *P. oceanica* ile SU3 sedimanter istifinin birlikteliği önemli bir ayrıntı olup deniz çayırlarının yer almadığı derinliklerde nisbeten daha ince olan istifin önemli oranda erozyonal etkiye maruz kaldığı düşünülmektedir.

Kum ve siltli kum biriminden oluşan SU3 istifleri üzerinde yer alan deniz çayırlarının erişebildiği maksimum derinlik yaklaşık 38 m'dir ve yaklaşık 45 km²'lik alana dağılmasıyla Ildır ve Gerence Körfezi'nin yaklaşık % 22'lik bir bölümünü kaplamaktadır.

P. oceanica maksimum erişim derinliklerine ait sonar kayıtlarından elde edilen veriler CTD sistemiyle entegre edilmiş noktasal ve profil kamera kayıtlarıyla görsel olarak doğrulanmıştır. Çalışma kapsamında sunulan değerler 1 km aralıklı olarak kayıtlanmış sismik ve sonar verilerine dayalı olup ilgili saha geneline ilişkin kesin sonuçların belirlenmesi için sınır zonlarında ve daha sık grid düzeninde sahanın tümünü eksiksiz olarak kapsayacak sonar çalışmalarına gereksinim vardır.

Çalışma alanında özellikle insan kullanımının yoğun olduğu alanlarda deniz çayırlarının tehdit altında olduğu tespit edilmiştir. Bu bölgelerde çayırlarda geri çekilmelere ve yırtıklara rastlanılmıştır. Su kalitesindeki bozulmalar, tabanı kazıyıcı faaliyetler (trol, gemi çapaları vb.), kıyı dolguları gibi etkenlerle deniz çayırlarının olumsuz yönde etkilendikleri görülmüştür.

Ildır ve Gerence Körfezleri'nden alınan sediment örneklerinde, iri ve ince taneli birimler ile karbonat ve organik karbon içerikleri belirlenmiş ve alansal dağılımları haritalanmıştır. Çalışma alanı batı bölümünde açık deniz ile sınırı oluşturan sığlık alan ile güney ve doğu kesimlerde yer alan sığ kıyı yakını alanlarda % 70-90 aralığında değerlere sahip olan kum boyutlu iri taneli sedimentler yaygındır. Körfezin derin bölümleriyle birlikte güneybatı-kuzeydoğu orta hattı kıyısal bölümler de dahil olmak üzere ve güneydoğu sahil kesiminin hemen tamamına yakın bir

bölümünde ince taneli çamur özelliğindeki sedimanter birimler daha yaygındır. Organik karbon içerikleri genelde çamur boyutlu malzeme konsantrasyonlarıyla uyumlu olarak güney sahilllerinde maksimum değerler gösterirken doğu bölümde yer alan Gerence Körfezi'nde minimum (<% 1) seviyelerdedir. Karbonat içeriği tane boyu ile herhangi ilişki göstermeyecek şekilde Gerencenin kuzeyi haricinde alan genelinde ve özellikle sığ kesimlerde yüksek konsantrasyonlar göstermektedir.

Ildır Körfezi ve çevresinden alınan 34 istasyonda örneklenen yüzey sedimentlerinde ağır metal (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonları ölçülmüş ve sonuçlar dünya genelinde uygulanmakta olan kirlilik araştırma kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Sediment kirlilik analizleri için uygulanan yöntemlerin önemli bir bölümünde orta, yüksek, aşırı yüksek toksik gibi ilgili değerlendirme kriterlerinin nispeten alt-orta düzeyindeki limitler saptanmıştır (Tablo 6.1).

Tablo 6.1 Ildır Körfezi yüzey sediment örneklerinde uygulanan kirlilik kriterleri özet değerleri

Yöntem	Sıralama	Kontaminasyon
I_{geo}	Pb>As>Cr>Ni>Zn> Cd>Cu	Kirlenmemiş
EF	Pb> As>Cr>Ni> Cd>Zn>Cu	Minimum-Orta
% EF	Pb>Ni>As>Cr>Zn>Cu>Cd	Nispeten düşük-Orta
CF	Pb>Cu>Zn>Cd>Cr>Ni>As	Nispeten düşük-Orta
C_{deg}	Alan geneli	Düşük
mCd	Alan geneli	Yok-Çok az
MPI	Noktasal	Hafif-Orta-Çok
TEL-PEL	Ni>As>Cu>Cr>Pb>Zn>Cd	Muhtemel(% 53)- Minimum(% 9)
ERL-ERM	Ni>As>Cu>Cr>Pb>Zn>Cd	Toksik (% 49)-(% 9)
Q_{TEL}-Q_{PEL}	Ni>Cr>As>Pb>Zn> Cu>Cd	Toksik (>% 30)

Elde edilen tüm sonuçlara ait alansal dağılımı modellerinin değerlendirilmesiyle yapılan mekansal analiz sonuçları, sıcak nokta alanlarının çoğunluğunun kıyısız alandaki faaliyetleri ile bazı metallerde (Cu, Cr, Ni ve Pb) balık çiftliklerinin sedimentteki metallerin ana kaynağı olabileceği tespit edilmiştir. Tablo 6.1 kapsamında verilen özet sonuçlardan da görüleceği üzere sediment kalitesi

yönergelerinde (SQG) belirlenmiş olan sınır değerler ile lokal ve dünya referans değerlerine göre yapılan değerlendirmeler arasında farklılıklar gözlenmiştir. Bu farklılık, kirlilik derecesi ve kirleticiler element sıralamasında net olarak gözlenmekte olup lokal ve dünya referans değerleri baz alınarak yapılan hesaplamalarda kirlenme oranı daha düşük sonuçlar vermektedir. Şekil 5.12 ve 5.19'da verilen element konsantrasyonları ile toplam risk (Q_{PEL}) unsurlarının alansal dağılım modelleri çalışma alanının kuzeyindeki 1990 öncesi dönemlerde aktif olan Hg madeni yakınında yer alan asit maden drenajı ile ilgili kirliliği işaret etmektedir.

Saha genelindeki yer bilimleri bazlı diğer gözlemlerle birlikte değerlendirilen kontaminasyon etüdleri sonuçlarında, kirleticiler unsurların belirlenmesi çalışmalarında sediment kalitesi yönergelerinde (SQG) belirlenmiş olan sınır değerlerle ilgili yöntemlerin daha gerçekçi sonuçlar verdiği saptanmıştır.

Bu çalışma kapsamında, GSTA modeli ile elde edilen sediment taşınma vektörleri esas alınarak çalışma alanının sediment taşınma modeli oluşturulmuştur. Modele bakıldığında Ildır Körfezi genelindeki sedimanın, özellikle kuzeydoğu rüzgarları veya dalgaları ve ilişkili akıntılarla kıyı şeridinde paralel dar bir bölgede kuzey ve kuzeydoğu yönünde taşındığını görülmektedir. Gerence Körfezi'nde ise sediman üzerindeki benzer etkiyi kuzey ve güney rüzgarları yapmakta ve sahillerde rüzgar yönlü olarak dip hareketlerine neden olmaktadır.

Sediment taşınma modelinde üç farklı sistemin egemen olduğu saptanmıştır. Saat ibresi tersi yönde hareket eden yüzey akıntıları çalışma alanının güney yarısında belirgin olup, yine benzer yönlü hareketle batıdan gelen açık deniz yüzey suyu girişleri de körfez ortasına yöneliktir. Körfezin açık denizle bağlantılı olduğu taban bölümünde açık deniz kaynaklı dip suyu girişi de körfez dışına sediment taşınımına engel olmakta ve güncel sedimentlerin ağırlıklı olarak körfez içinde depolanmasına neden olmaktadır. Sediment dağılım haritası ile depolanan çamur dağılım haritasının, sediment taşınma modeli ile büyük oranda uyum gösterdiği saptanmıştır.

Ege Denizi'nde Türkiye kıyıları boyunca ana akıntı güneyden kuzeye doğrudur. Adaların varlığı, karmaşık topografya ve meteorolojik koşullar bu ana akıntıyı kontrol ederek küçük ölçekli döngüler oluşturur. Bu akıntı kıyılarımızda bulunan tüm körfezlere girmektedir. Genelde körfezlerin güneyinden giren akıntı kuzeyinden çıkmaktadır. Ancak Ildır Körfezi'nde akıntı kuzeyden girip güneyden çıkmaktadır. Bu istisnai durumun nedeni, ispatlamak için ölçüm yapılmasa da körfezin dışında oluşan bir döngüden kaynaklanabileceğidir.

Ildır ve Gerence Körfezi ile Eğriliman boğazında yapılan noktasal ADCP verileri ile çalışılan ADCP hatlarından elde edilen veriler korole edilerek çalışma sahasının akıntı rejimi ile sıcaklık dağılım haritası oluşturulmuştur. Genel olarak bakıldığında, kıyı bölgelerinin ilkbaharda genel karakteristiği olarak kıyılar daha sıcak açık deniz ise daha soğuktur. Açık deniz suları körfeze kuzeyden girmekte ve adalar tarafından bölünen suların bir kısmı körfezin içlerine doğru girerken, diğer bir kısımda körfezin ağzına paralel güney batıya doğru gitmektedir. Bu ikinci kolun akışı sırasında içeriye doğru bükülmeler olmakta ve siklonik döngüler oluşmaktadır. İçeriye giren akıntının hızı 0,3 m/s mertebesinde olmasına rağmen, körfezin içlerine doğru 0,1 m/s'ye ye kadar düşmektedir. İç kısımlardaki küçük adalar ve kıyı yapısı kompleks bir akıntı deseni oluşmasına neden olmaktadır. Çalışma alanında saptanan depolanma alanlarının genel karakteristiği oşinografik bulgularla uyumlu olup güney sahilinden sağ yönlü su sirkülasyonu tespit edilmiştir.

Çalışma alanında derin sismik çalışma yapılamaması nedeniyle, sadece sığ sismik kesitlerde görülen tüm fay benzeri yapıların akustik temel morfolojisi ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Yinede Ildır Körfezi'nin kuzeydoğusunda ve Gerence Körfezi'nden elde edilen sismik kesitler yorumlandığında, Urla-Seferihisar doğrultu atımlı fay zonunun kuzeye doğru yaratmış olduğu etkinin özellikle Gerence Körfezi'ndeki güncel tektonizma üzerinde etkin olabileceği varsayılmıştır. Bununla birlikte kesitlerde, Ildır Körfezi ve yakın çevresi için bugüne kadar yapılan

alışmalar (Ocakoglu ve diğ., 2005; Uzel ve diğ., 2012) neticesinde önerilen modellere ilişkin herhangi bir tektonik unsur saptanamamıştır. Ayrıca tüm çalışma göz önüne alındığında, tektonizmanın deniz taban yapıları üzerindeki etkileri (örneğin; körfezdeki sıcak su çıkışlarının hem abiyotik hem de biyolojik yapıya olumlu olumsuz etkileri) konusunda daha detaylı çalışmalar yapılması gerektiğı sonucuna varılmıştır.

Küresel ısınma ve iklimsel çalışmalar açısından son derece önemli olan deniz seviyesi yükselim nedenlerinin ve iklimsel tahminler için genelde pek sık rastlanmayan taşkın dönem yapılarının kapsamlı araştırılması, genç deniz bilimcilerin eğitime ve dünya genelindeki bilgi boşluğuna önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abraham, G. M. S. ve Parker, R. J. (2008). Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental Monitoring and Assessment*, 136 (1-3), 227-238.

Angelier, J. (1978). Tectonic evolution of the Hellenic Arc since the late Miocene. *Tectonophysics*, 49, 23-36.

Angulo, R. J. ve Lessa, G. C. (1997). The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranagua and Cananeia regions. *Marine Geology*, 140, 141-166.

Ballesteros, E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 44, 123-195.

Bard, E., Hamelin, B. ve Fairbanks, R.G. (1990). U-Th ages obtained by mass spectrometry in corals from Barbados: sea level during the past 130,000 years. *Nature*, 346, 456-458.

Bard, E., Hamelin, B., Arnold, M., Montaggioni, L., Cabioch, G., Faure, G. ve diğer. (1996). Deglacial sea-level record from Tahiti corals and timing of global melt water discharge. *Nature*, 382, 241-244.

Bavestrello G, Bianchi CN, Calcinai B, Cattaneo-Vietti R, Cerrano C. ve diğeri. (2000). Bio-mineralogy as a structuring factor for marine epibenthic communities. *Marine Ecology Progress Series*, 193, 241-249.

Besenecker, H., Dürr, S., Herget, G., Jacobshagen, V., Kauffmann, G.L., Lüdtke, G., ve diğeri. (1968). Geologie von Chios (Ägäis). *Geology Palaeontology*, 2, 121-150.

Beşiktepe, Ş.T. (2015). *Physical oceanography of the Aegean Sea: A review the Aegean seamarine biodiversity, fisheries, conservation and governance*. T. Katağan, A. Tokaç, Ş. Beşiktepe, B. Öztürk, (Eds.), içinde (27-39). İstanbul: Türk Deniz Araştırmaları Vakfı (TÜDAV).

Brady, J. P., Ayoko, G. A., Martens, W. N. ve Goonetilleke, A. (2015). Development of a hybrid pollution index for heavy metals in marine and estuarine sediments. *Environmental Monitoring Assessment*, 187(5), 306.

Brinkmann, R., Flügel, E., Jacobshagen, V., Lechner, H., Rendel, B. ve Trick, P. (1972). Trias, Jura und Unterkreide der Halbinsel Karaburun (West Anatolien). *Geology Palaeontology*, 6, 139-150.

Burton, G. A. Jr. (2002). Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology*, 3, 65-75.

Caeiro, S., Costa, M. H., Ramos, T. B., Fernandes, F., Silveira, N., Coimbra, A. ve diğeri. (2005). Assessing heavy metal contamination in Sado estuary sediment: an index analysis approach. *Ecological Indicators*, 5(2), 151-169.

Camoin, G. F., Montaggioni, L. F. ve Brathwaite, C. J. R. (2004). Late glacial to post glacial sea levels in the Western Indian Ocean. *Marine Geology*, 206(1-4), 119-146.

Chatzipetros, A., Kiratzi, A., Sboras, S., Zouros, N. ve Pavlides, S. (2013). Active faulting in the north-eastern Aegean Sea Islands. *Tectonophysics*, 597-598, 106-122.

Cigesmed, (2020). *Dalgıçlar için CIGESMED-CIGESMED Vatandaş Bilimi*. 4 Temmuz 2020, http://cs.cigesmed.eu/sites/default/files/protocol_cs_tr_0.pdf.

Cooper, J. A. G., Green, A. N., Meireles, R., Klein, A. H. F. ve Toldo, E. (2016). Sandy barrier overstepping and preservation linked to rapid sea-level rise and geological setting. *Marine Geology*, 382, 80-91.

Cooper, J. A. G., Meireles R. P, Green A. N., Klein, A. H. F. ve Toldo E. (2018). Late Quaternary stratigraphic evolution of the inner continental shelf in response to sea-level change, Santa Catarina, Brazil. *Marine Geology*, 397, 1-14.

Correa, I. C. S. (1996). Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plateforme continentale du Rio Grande do Sul-Bresil. *Marine Geology*, 130, 163-178.

Çakmakoglu, A. ve Bilgin, Z. R. (2006). Pre-Neogene stratigraphy of the Karaburun Peninsula (W of Izmir Turkey). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 132, 33-61.

Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü (2015). *Çevre açıdan sürdürülebilir çevre dostu balık çiftlikleri sisteminin oluşturulması projesi*. DBTE-216.

Dewey, J. F. ve Şengör, A. M. C. (1979). Aegean and surrounding regions: complex multiple and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90, 84-92.

Dutton, A., Carlson, A. E., Long, A. J., Milne, G. A., Clark, P. U, DeConto, R. ve diğer. (2015). Sea-level rise due to polar ice-sheet mass loss during past warm periods. *Science*, 349(6244), 153-162.

Emre, Ö. ve Barka, A. (2000). Active faults between Gediz Graben and Aegean Sea (Izmir Region). *BADSEM 2000 Symposium Abstract Book*, 131-132.

Erdoğan, B., Altın, D., Güngör, T. ve Özer, S. (1990). Stratigraphy of Karaburun peninsula. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 111, 1-23.

Eryılmaz, M. (1997). *Ege Denizi güncel çökel dağılımını etkileyen oşinografik faktörler*. İstanbul: Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı.

Eryılmaz, M., Doğan, E. ve Alpar, B. (1998). Ege denizi fay tektoniği ve çökel kalınlığı. *Türkiye Deniz Araştırmaları Workshop*, 4, 176-182.

Eryılmaz, M. (2003). Paleogeographic evolution of the Aegean Sea. *Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 10.yıl Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı*, 96.

Eryılmaz, M. ve Eryılmaz, F.Y. (2017). Recent Sediment Distribution and Oceanography of Ildir Bay (Karaburun Peninsula-Aegean Sea). C. Conese (Ed.), *Sixth International Symposium Monitoring of Mediterranean Coastal Areas: Problems and Measurement Techniques* içinde (193-202). Italy: Firenze University Press.

Fairbanks, R. G. (1989). A 17,000 year glacio-eustatic sea level record: Influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep ocean circulation. *Nature*, 342, 637-642.

Gao, S. ve Collins, M. (1991). A critique of the“McLaren method”for defining sediment trans-port paths: discussion. *Journal of Sedimentary Petrology*, 61, 143-146.

Gao, S., Collins, M. B., Lanckneus, J., Moor, G. D. ve Lancker, V. V. (1994). Grain size trends associated with net sediment transport patterns: an example from the Belgian continental shelf. *Marine Geology*, 121, 171-185.

Gao, S. (1996). A Fortran program for grain-size trend analysis to define net sediment transport pathways. *Computational Geosciences*, 22, 449-452.

Genç, C., Altunkaynak, Ş., Karacık, Z., Yazman, M. ve Yılmaz, Y. (2001). The Çubukludağ graben, south of Izmir: tectonic significance in the Neogene geological evolution of the Western Anatolia. *Geodinamica Acta*, 14, 1-12.

Guilderson, T. P., Burckle, L., Hemming, S. ve Peltier, W. R. (2000). Late Pleistocene sea level variations derived from the Argentine Shelf. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 1(12), 1055-1069.

- Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control.a sedimentological approach. *Water Research*, 14(8), 975-1001.
- Harrison, S., Smith, D. ve Glasser, N. F. (2019). Late Quaternary meltwater pulses and sea level change. *Journal of Quaternary Science*, 34(1), 1-15.
- Hein, C. J., FitzGerald, D. M., de Souza, L. H. P., Georgiou, I. Y., Klein, A. H. F., Buynevich, I. V. ve diğeri. (2016). Complex coastal change in response to autogenic basin infilling: an example from a sub-tropical Holocene strandplain. *Sedimentology*, 63, 1362–1395.
- Ingersoll, C. G., MacDonald, D. D., Wang, N., Crane, J. L., Field, L. J., Haverland, P. S. ve diğeri. (2001). Predictions of sediment toxicity using consensus-based freshwater sediment quality guidelines. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 41, 8-21.
- İnan, S., Ergintav, S., Saatçılar, R., Tüzel, B. ve İravul, Y. (2007). Turkey makes major investment in earthquake research. *EOS Transaction AGU* 88(34), 333-334.
- Ji, Y., Feng, Y., Wu, J., Zhu, T., Bai, Z. ve Duan, C. (2008). Using geoaccumulation index to study source profiles of soil dust in China. *Journal of Environmental Sciences*, 20(5), 571-578.
- Kalafatçıoğlu, A. (1961). A geological study in the Karaburun Peninsula. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 56, 40-49.
- Kirkpatrick, L. H., Green, A. H. ve Pether, J. (2019). The seismic stratigraphy of the inner shelf of southern Namibia: The development of an unusual nearshore shelf stratigraphy. *Marine Geology*, 408, 18-35.

- Kozan, A. T. (1982). Salihli güneyinde Bozdağlar üzerindeki asılı vadilerin morfojenezi ve Gediz-Küçük Menderes grabenleşmesi ile ilişkisi. *36. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri*, 108-109.
- Kozur, H. (1995). New stratigraphic results on the Palaeozoic of the western parts of the Karaburun peninsula, western Turkey. In *Proceedings of International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, IESCA 1995, 1*, 289-307.
- Kozur, H. (1997). First discovery of *Muellerisphaerida* (inc. sedis) and *Eoalbaillella* (Radiolaria) in Turkey and the age of the siliciclastic sequence (clastic series) in Karaburun peninsula. *Freiberger Forschungshefte Reihe Geowissenschaften*, 466, 33-59.
- Kozur, H. (1998). The age of the siliciclastic series (Karareis Formation) of the western Karaburun peninsula, western Turkey. *Paleontologia Polonica*, 58, 171-189.
- Le Pichon, X. ve Angelier, J. (1979). The Hellenic Arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- Li, T., Sun, G., Yang, C., Liang, K., Ma, S., Huang, L. ve diğer. (2019). Source appointment and source-to-sink transport of major and trace elements in coastal sediments: Combining positive matrix factorization and sediment trend analysis. *Science and Total Environment*, 651, 344-356.
- Liu, J. P. ve Milliman, J. D. (2004). Reconsidering melt-water pulses 1A and 1B: global impacts of rapid sea-level rise. *Journal of Ocean University of China*, 3, 183-190.

- Liu, S., Goff, J. A. ve Austin, J. A. (2017). Seismic morphology and infilling structure of the buried channel system beneath the inner shelf off western Long Island, New York: accessing clues to palaeo-estuarine and coastal processes. *Marine Geology*, 387, 12-30.
- Long, Edward R., MacDonald, Donald D., L. Smith, S. ve Calder, Fred D. (1995). Incidence of Adverse Biological Effects Within Range of Chemical Concentrations in Marine and Estuarine Sediments. *Environmental Management*, 19(1), 81-97.
- Long, Edward R., Field, L. J. ve MacDonald, D. D. (1998). Predicting toxicity in marine sediments with numerical sediment quality guidelines. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17, 714-727.
- Loska, K., Wiechula, D., Barska, B., Cebula, E., ve Chojnecka, A. (2003). Assessment of arsenic enrichment of cultivated soils in southern Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*, 12(2), 187.
- Loska, K., Wiechula, D. ve Korus, I. (2004). Metal contamination of farming soils affected by industry. *Environment International*, 30(2), 159-165.
- Löwen, K., Meinhold, G., Güngör, T. ve Berndt, J. (2017). Palaeotethys-related sediments of the Karaburun Peninsula, western Turkey: constraints on provenance and stratigraphy from detrital zircon geochronology. *International Journal of Earth Sciences*, 106, 2771-2796.
- Löwen, K., Meinhold, G. ve Güngör, T. (2018). Provenance and tectonic setting of Carboniferous-Triassic sandstones from the Karaburun Peninsula, western Turkey: A multi-method approach with implications for the Palaeotethys evolution. *Sedimentary Geology*, 375, 232-255.

- Lu, S. G., ve Bai, S. Q. (2010). Contamination and potential mobility assessment of heavy metals in urban soils of Hangzhou, China: Relationship with different land uses. *Environmental Earth Sciences*, 60(7), 1481-1490.
- MacDonald, D. D., Ingersoll, C. G. ve Berger, T. A. (2000). Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39, 20-31.
- McKenzie, D. P. (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.
- McKenzie, D. P. (1978). Active tectonics of the Alpine Himalayan Belt, the Aegean Sea and surrounding regions. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 55, 217-252.
- McLaren, P. (1981). An interpretation of trends in grain size measures. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51, 611-624.
- McLaren, P., Hill, S. H. ve Bowles, D. (2007). Deriving transport pathways in a sediment trend analysis (STA). *Sedimentary Geology*, 202, 489-498.
- Meinhold, G., Kostopoulos, D. ve Reischmann, T. (2007). Geochemical constraints on the provenance and depositional setting of sedimentary rocks from the islands of Chios, Inousses and Psara, Aegean Sea, Greece: implications for the evolution of Palaeotethys. *Journal of the Geological Society* 164, 1145-1163.
- Meinhold, G., Anders, B., Kostopoulos, D. ve Reischmann, T. (2008a). Rutile chemistry and thermometry as provenance indicator: an example from Chios Island, Greece. *Sedimentary Geology*, 203, 98-111.

- Meinhold, G., Reischmann, T., Kostopoulos, D., Lehnert, O., Matukov, D. ve Sergeev, S. (2008b). Provenance of sediments during subduction of Palaeotethys: detrital zircon ages and olistolith analysis in Palaeozoic sediments from Chios Island, Greece. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 263, 71-91.
- Meriç, E., Avşar, N., Nazik, A., Yokeş, B., Dora, Ö., Barut, İ.F. ve diğer. (2012a). The influences of oceanographical characteristics of the north coasts of Karaburun Peninsula on the benthic foraminiferal and ostracod assemblages. *General Directorate Of Mineral Research And Exploration Of Turkey, M.T.A. Bulletin*, 145, 22-47.
- Meriç, E., Avşar, N., Nazik, A., Yokeş, B., Barut, İ. F., Eryılmaz, M. ve diğer. (2012b). Ilıca Bay (Çeşme-İzmir) Benthic Foraminifer-Ostracod Assemblages And Pacific Ocean Red Sea Originated Foraminifera And Abnormal Individuals. *General Directorate Of Mineral Research And Exploration Of Turkey, M.T.A. Bulletin*, 145, 62-78.
- Milne, G. A., Shennan, I., Youngs, B. A. R., Waugh, A. I., Teferle, F. N., Bingley, R. M. ve diğer. (2006). Modelling the glacial isostatic adjustment of the UK region. *Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 364, 931-948.
- Moix, P., Beccaleto, L., Kozur, H. W., Hochard, C., Rosset, F. ve Stampfli, G. M. (2008). A new classification of the Turkish terranes and sutures and its implication for the paleotectonic history of the region. *Tectonophysics*, 451, 7-39.
- Muller, G. (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *GeoJournal*, 2, 108-118.
- Nemerow, N. L. (1991). Stream, lake, estuary, and ocean Pollution. *Environmental Engineering Series*, 2, 472.

- Ocakoğlu, N., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ. (2005). Neotectonic structures in Izmir Gulf and surrounding regions (western Turkey): evidences of strike-slip faulting with compression in the Aegean extensional regime. *Marine Geology*, 219, 155-171.
- Okay, A. I. ve Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. B. Durand, L. Jolivet, F. Horvath, M. Séranne, (Eds.), *The Mediterranean Basin: Tertiary Extension Within the Alpine Orogen* içinde (156th ed.) (475-515). London: Geological Society of London Special Publications.
- Pedrerros, R., Howa, H. L. ve Michel, D. (1996). Application of grain size trend analysis for the determination of sediment transport pathways in intertidal areas. *Marine Geology*, 135, 35-49.
- Peltier, W. R. (2002). On eustatic sea level history: Last Glacial Maximum to Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 21, 377-396.
- Peltier, W. R. ve Fairbanks, R. G. (2006). Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record. *Quaternary Science Reviews*, 25, 3322-3337.
- Philippson, A. (1911). Reisen und Forschungen im westlichen Kleinasien, 2. Heft: Ionien und das westliche Lydien. *Petermanns Geographische Mitteilungen Ergänzungsheft*, 172, 1-100.
- Poizot, E., Mear, Y., Thomas, M. ve Garnaud, S. (2006). The application of geostatistics in de-fining the characteristic distance for grain size trend analysis. *Computational Geosciences*, 32, 360-370.
- Poizot, E., Méar, Y. ve Biscara, L. (2008). Sediment trend analysis through the variation of granulometric parameters: a review of theories and applications. *Earth-Science Reviews*, 86, 15-41.

- Reimann, C. ve de Caritat, P. (2000). Intrinsic flaws of element enrichment factors (EFs) in environmental geochemistry. *Environmental Science and Technology*, 34(24), 5084-5091.
- Robertson, A. H. F. ve Pickett, E. A. (2000). Palaeozoic–Early Tertiary Tethyan Evolution of Mmélanges, Rift and Passive Margin Units in the Karaburun Peninsula (western Turkey) and Chios Island (Greece). E. Bozkurt, J. A. Winchester, J. D. A. Piper, (Eds.), *Tectonic and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area* (173th ed.) içinde (43-82). London: Geological Society of London Special Publications.
- Robertson, A. H. F. ve Ustaömer, T. (2009). Upper Palaeozoic subduction/accretion processes in the closure of Palaeotethys: evidence from the Chios Melange (E Greece), the Karaburun Melange (W Turkey) and the Teke Dere Unit (SW Turkey). *Sedimentary Geology*, 220, 29-59.
- Rovere, M, Pellegrini, C., Chiggiato, J., Campiani, E. ve Trincardi, F. (2019). Impact of dense bottom water on a continental shelf: An example from the SW Adriatic margin. *Marine Geology*, 408, 123-143.
- Salzmann, L., Green, A.N., Cooper, J.A.G., 2013. Submerged barrier shoreline sequences on a high energy, steep and narrow shelf. *Marine Geology*, 346, 366–374.
- Sayın, E., Eronat, C., Uçkaç, Ş ve Beşiktepe, Ş. (2011). Hydrography of the eastern part of the Aegean Sea during the Eastern Mediterranean Transient (EMT). *Journal of Marine Systems*, 88, 502-515.
- SHODB (2004). *TR402223 numaralı 1:25000 ölçekli Gerence Körfezi-Ildır Körfezi elektronik haritası*. İstanbul: Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı.

- Smith, S. L, MacDonald, D. D, Keenleyside, K. A, Ingersoll, C. G ve Field, J. (1996). A preliminary evaluation of sediment quality assessment values for freshwater ecosystems. *Journal of Great Lakes Research*, 22, 624-638.
- Stampfli, G. M. (2000). Tethyan oceans. In: E. Bozkurt, J. A. Winchester, J. D. A. Piper, (Eds.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area* (173th ed.) içinde (1-23). London: Geological Society of London Special Publications.
- Stampfli, G. M. ve Borel, G. (2002). A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. *Earth and Planetary Science Letters*, 196, 17-33.
- Stampfli, G. M., Vavassis, I., De Bono, A., Rosselet, F., Matti, B. ve Bellini, M. (2003). Remnants of the Paleotethys oceanic suture-zone in the western Tethyn area. *Stratigraphic and structural evolution on the Late Carboniferous to Triassic continental and marine successions in Tuscany (Italy): Regional reports and general correlation. Bolletino della Società Geologica Italiana*, 2, 1-24.
- Stampfli, G. M., Hochard, C., V  rard, C., Wilhem, C. ve von Raumer, J. (2013). The formation of Pangea. *Tectonophysics*, 593, 1-19.
- Sutherland, R. A. (2000). Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, 39(6), 611-627.
-   eng  r, A. M. C., Yılmaz, Y. ve Sungurlu, O. (1984a). Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Palaeo-Tethys. J. E. Dixon, A. H. F. Robertson, (Eds.), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* (17th ed.) içinde (77-112). London: Geological Society of London, Special Publications.

- Şengör, A. M. C., Satır, M. ve Akkök, R. (1984b). Timing of tectonic events in the Menderes Massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3, 693-707.
- Tan, O. (2013). The dense micro-earthquake activity at the boundary between the Anatolian and South Aegean microplates. *Journal of Geodynamics*, 65, 199-217.
- Taymaz, T., Jackson, J. ve McKenzie, D. (1991). Active tectonics of the north and central Aegean Sea. *Geophysical Journal International*, 106, 433-490.
- T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü (2020). Karaburun-Ildır Körfezi Özel Çevre Koruma Bölgesi. 5 Eylül 2020, <https://tvk.csb.gov.tr/karaburun-ildir-korfezi-i-91579>.
- Turekian, K. K. ve Wedepohl, K. H. (1961). Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geological Society of America Bulletin*, 72, 175-192.
- TÜBİTAK-115Y180 (2018). Ege kıyı sularında deniz taban yapılarının sınıflandırılması ve haritalanması projesi. *Final Raporu*, 1-115.
- USEAPA (1992). Review of sediment criteria development methodology for nonionic organic contaminants. Prepared by the Sediment Quality Subcommittee of the Ecological Processes and Effects Committee, *EPA-SAB-EPEC-93-002 US EPA*, 12.
- Uzel, B., Sözbilir, H. ve Özkaymak, C. (2012). Neotectonic evolution of an actively growing superimposed basin in western Anatolia: the inner bay of Izmir, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21(4), 439-471.
- Zecchin, M., Catuneanu, O. ve Caffau, M. (2019). Wave-ravinement surfaces: Classification and key characteristics. *Earth-Science Reviews*, 188, 210-239.

Zhang, T., Zhong, W. J., Zeng, Y. ve Zhu, L. Y. (2012). Sediment heavy metals quality criteria for fresh waters based on biological effect database approach. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 23, 2587-2594.

Zhang Y, Yuwei, H., Yang, J., Zhu, L. ve Zhong, W. (2017). Toxicities and risk assessment of heavy metals in sediments of Taihu Lake, China, based on sediment quality guidelines. *Journal of Environmental Sciences*, 62, 31-38.

Zodiatis, G., Alexandri, S., Pavlakis, P., Jonsson, L., Kallos, G., Demetropoulos, A. ve diğer. (1996). Tentative study of flow patterns in the North Aegean Sea using NOAA-AVHRR images and 2D model simulation. *Annales Geophysicae*, 14, 1221-1231.

Zonta, R., Zaggia, L. ve Argrse, E. (1994). Heavy metal and grain size distributions in estuarine shallow water sediments of the Cona Marsh (Venice Lagoon, Italy). *Science of The Total Environment*, 151, 19-28.