

T.C.  
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI  
ÇED, İZİN VE DENETİM GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

DENİZLERDE BÜTÜNLEŞİK KİRLİLİK İZLEME  
PROGRAMI

2014-2022 YILI

KARADENİZ ÖZET RAPORU



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



Bu çalışma Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Laboratuvar, Ölçüm ve İzleme Dairesi Başkanlığı yayımıdır.

Bu raporun her türlü basım ve dağıtım hakkı Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğüne aittir. Rapor izinsiz olarak çoğaltılamaz ve dağıtılamaz.

ANKARA – 2026

- Eser Adı : Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2022 Karadeniz Özet Raporu
- ISBN : 978-625-8679-59-5
- Kaynak : ÇŞİDB, TÜBİTAK-MAM (2026). “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı Gösterme 2014-2022 Karadeniz Özet Raporu”, TÜBİTAK-MAM Matbaası, Kocaeli.
- Adres : Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı – Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü  
Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu (Dumlupınar Bulvarı) 9.km  
No: 278 Çankaya/ANKARA
- Tel : 0 312 410 10 00
- Faks : 0 312 419 21 92
- web : [www.csb.gov.tr/gm/ced](http://www.csb.gov.tr/gm/ced)
- Baskı : TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli
- Baskı No : 5208703
- Kapak Fotoğrafları : Dr. Uğur ÖZSANDIKÇI (Üst)  
Dr. Alper EVCEN (Alt Sol)  
Prof. Dr. Ülgen AYTAN (Alt Sağ)



**T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE  
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI**

ÇED, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü  
Laboratuvar Ölçüm ve İzleme Dairesi Başkanlığı  
Mustafa Kemal Mahallesi Eskişehir Devlet Yolu  
(Dumlupınar Bulvarı) 9.km No: 278 Çankaya/ANKARA  
[www.csb.gov.tr](http://www.csb.gov.tr)



## DENİZLERDE BÜTÜNLEŞİK KİRLİLİK İZLEME PROGRAMI 2014-2022 KARADENİZ ÖZET RAPORU

### KOORDİNATÖR

*T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı  
Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü*

Fatih EKMEKÇİ, Genel Müdür  
Yahya KESİMAL, Genel Müdür Yardımcısı

### PROJE YÜRÜTÜCÜLERİ

*T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı  
Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü*

Soner OLGUN, Daire Başkanı  
İbrahim Fatih ERKAL, Şube Müdürü  
Hacer SELAMOĞLU ÇAĞLAYAN, Uzman  
Ebru OLGUN EKER, Uzman  
Sevil ÖKSÜZ, Uzman  
Betül KESKİN ÇATAL, Uzman

*TÜBİTAK- Marmara Araştırma Merkezi BİYİB  
Deniz Araştırmaları ve Teknolojileri Araştırma Grubu*

Dr. Hakan ATABAY, Proje Yürütücüsü  
Doç. Dr. İbrahim TAN, Proje Yürütücü Yardımcısı  
Dr. Sabri MUTLU, Proje Yürütücü Yardımcısı  
Aslı DÖNERTAŞ, Proje Yürütücü Yardımcısı

## **RAPORU HAZIRLAYANLAR**

*TÜBİTAK- Marmara Araştırma Merkezi BYİYB  
Deniz Araştırmaları ve Teknolojileri Araştırma Grubu*

Doç. Dr. S. Çolpan POLAT BEKEN  
Dr. Hakan ATABAY  
Doç.Dr. İbrahim TAN  
Dr. Sabri MUTLU  
Dr. Leyla TOLUN  
Dr.Alper EVCEN  
Dr. Ertuğrul ASLAN  
Dr. Ömer Faruk ÇİFTBUDAK  
Gökhan KAMAN  
Aslı DÖNERTAŞ  
Dr. Cihangir AYDÖNER  
Dr. Fatma BAYRAM  
Ersan KUZYAKA  
Dr.Gülsima Dilek USLUER  
Doç. Dr. Oltan CANLI  
Doç. Dr. Barış GÜZEL  
Erdal KARA  
Hayati ÇALIK  
Bora DENİZMEN  
Furkan DURMAZ  
Nihal KÖSE  
Aleyna Çağla ÇEBİ

*Sinop Üniversitesi- Su Ürünleri Fakültesi ve Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü*

Prof. Dr. Levent BAT  
Prof. Dr. Güley KURT COŞKUN  
Doç. Dr. Fatih ŞAHİN  
Dr. Öğr. Üyesi Ayşah ÖZTEKİN  
Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZSANDIKÇI  
Dr. Sevgi KUŞ

*İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü*

Prof. Dr. Ayşegül MÜLAYİM  
Dr. Öğretim Üyesi Senem ÇAĞLAR

*Karadeniz Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü*

Dr. Öğretim Üyesi İlknur YILDIZ

*Celal Bayar Üniversitesi – Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü*

Prof. Dr. Ergun TAŞKIN  
Doç. Dr. Orkide MİNARECİ  
Prof. Dr. Ersin MİNARECİ  
Dr. Murat ÇAKIR

*İstanbul Üniversitesi-Su Bilimleri Fakültesi*

Prof. Dr. Saadet KARAKULAK  
Dr. Öğr. Üyesi Taner YILDIZ  
Dr. Uğur UZER

*T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü*

Doç. Dr. Nimet Selda BAŞÇINAR  
Dr. Murat DAĞTEKİN  
Doç. Dr. Nazlı KASAPOĞLU

**RAPORU HAZIRLAYANLAR**

Dr. Yaşar GENÇ  
Baran KILIÇ

*Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi*  
Prof. Dr. Ülgen AYTAN

*Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü*  
Prof. Dr. Şükrü BEŞİKTEPE  
Prof.Dr. Erdem SAYIN  
Dr. Canan ERONAT  
Dr. Erdal TOKAT

*TENMAK/NÜKEN*  
Dr. Funda BARLAS ŞİMŞEK



## İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ .....	İİİ
ŞEKİL DİZİNİ .....	V
KISALTMA VE TANIMLAR.....	Xİ
1 GİRİŞ .....	15
2 YASAL ÇERÇEVE .....	19
3 KARADENİZ BÖLGESİ DENİZ İZLEME VE DEĞERLENDİRME SONUÇLARI ...	21
<b>3.1 Su Kolonu Fiziksel Özellikleri.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Ötrofikasyon .....</b>	<b>30</b>
3.2.1 Besin Elementleri .....	32
3.2.2 Çözünmüş Oksijen.....	33
3.2.3 Klorofil-a .....	35
3.2.4 Işık Geçirgenliği (Seki Disk Derinliği) .....	36
3.2.5 TRIX.....	37
3.2.6 Ötrofikasyon Parametrelerinde Yönelim Analizi .....	38
3.2.7 BEAST.....	41
<b>3.3 Su Kolonu Habitatları.....</b>	<b>43</b>
3.3.1 Fitoplankton.....	43
3.3.2 Zooplankton.....	62
<b>3.4 Deniz Tabanı Habitatları.....</b>	<b>79</b>
3.4.1 Makro Flora .....	79
3.4.2 Makrozoobentos .....	85
3.4.3 Samsun Limanı Yabancı/Yayılmacı Tür Çalışması .....	93
3.4.4 Deniz Tabanı Trol Çalışması .....	96
<b>3.5 Deniz Memelileri .....</b>	<b>106</b>
<b>3.6 Kirleticiler .....</b>	<b>108</b>
3.6.1 Sedimanda Kirleticiler .....	109
3.6.2 Biyotada Kirleticiler (T9, T8).....	116
3.6.3 Radyoaktivite Düzeyleri .....	120
<b>3.7 Deniz Çöpleri (T10).....</b>	<b>126</b>
3.7.1 Mikroplastik.....	127
3.7.2 Sahilde Çöpler .....	133
3.7.3 Yüzen Çöpler .....	135
3.7.4 Deniz Tabanı Çöpleri.....	139
<b>3.8 Kıyı Su Yönetim Birimlerinin Baskı ve Ekolojik Kalite Durum Değerlendirmesi</b> .....	<b>143</b>
3.8.1 Baskıların Değerlendirilmesi .....	143
3.8.2 SÇD Biyolojik Kalite ve Ötrofikasyon Göstergelerine Bağlı Ekolojik Kalite Değerlendirmesi.....	144
3.8.3 Kimyasal Kirlenme Durumunun Değerlendirilmesi.....	147
KAYNAKLAR.....	150



## Tablo Dizini

Tablo 3.1. Karadeniz Bütünleşik Kirlilik İzleme bileşenleri ve yıllara göre istasyon sayıları (K:kış, Y:yaz) (*T: DSÇD tanımlayıcılarıdır) .....	21
Tablo 3.2. Besin tuzları girdilerinin haliçlerde ve kıyı sularında su kalitesiyle ilişkili olarak etkileri.....	30
Tablo 3.3. Karadeniz 2021 yılı SYB ölçekli BEAST Değerlendirmesi.....	42
Tablo 3.4. 2014-2022 yılları kıyısal bölge istasyonları fitoplankton örnekleme detayları. ....	44
Tablo 3.5. 2020-2022 yılları açık bölge istasyonları fitoplankton örnekleme detayları .....	44
Tablo 3.6. 2014-2022 yılları kıyısal bölge istasyonları fitoplankton taksonomik kompozisyonu .....	45
Tablo 3.7. 2020-2022 yılları kıyısal bölge istasyonları fitoplankton taksonomik kompozisyonu .....	45
Tablo 3.8. 2014-2022 yılları kıyısal bölge istasyonları fitoplankton aşırı üreme detayları .....	61
Tablo 3.9. 2020-2022 yılları açık bölge istasyonları fitoplankton aşırı üreme detayları .....	61
Tablo 3.10. Yıllara göre çalışılan zooplankton istasyon ve örnek sayısı .....	62
Tablo 3.11. Zooplankton Örneklemelerinde Tanımlanan Türler .....	64
Tablo 3.12. Karadeniz Red-Book ‘ta yer alan zooplankton türleri .....	76
Tablo 3.13. 2014-2022 izleme döneminde saptanan makro flora takson sayıları.....	79
Tablo 3.14. 2014-2022 izleme döneminde makro flora çalışma istasyonlarının “Ekolojik kalite İndeksi: EEI” ile yapılan kalite sınıflandırması (K:Kötü, Z:Zayıf, O:Orta, İ:İyi, Çİ:Çok İyi) .....	80
Tablo 3.15. Karadeniz makrozoobenthos istasyonlarının ve habitat yapıları .....	85
Tablo 3.16. Karadeniz’de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen yabancı türler ve toplam birey sayıları .....	90
Tablo 3.17. Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN) kırmızı listesine göre, Karadeniz’deki balık türlerinin durumları.....	105
Tablo 3.18. Güneydoğu Karadeniz’deki Cetacea türlerine ait dizayna dayalı bolluk tahminleri (2021-yaz) .....	106
Tablo 3.19. Değerlendirmede dikkate alınan kirleticiler.....	109
Tablo 3.20. Karadeniz sedimanlarının minimum, maksimum ve ortalama PAH konsantrasyonları ile ekosistem açısından etki sınır değerleri ile karşılaştırılması (ERL,ERM) .....	111
Tablo 3.21. Balık filetosunda ölçülen parametrelerin ortalama değerlerinin Türk Gıda Kodeksi (TGK) değerleriyle karşılaştırılması .....	118
Tablo 3.22. DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2020, 2021 ve 2022 dönemlerinde yüzey sularında mikroplastik konsantrasyonu (adet.m <sup>-3</sup> ).....	127
Tablo 3.23. DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2015-2022 dönemleri arasında yüzey sularında mikroplastik konsantrasyonu (adet.m <sup>-3</sup> ) .....	129
Tablo 3.24. DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2020, 2021 ve 2022 dönemlerinde su kolonunda mikroplastik konsantrasyonu (adet.m <sup>-3</sup> ) .....	129
Tablo 3.25. DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2015-2022 dönemleri arasında su kolonunda mikroplastik konsantrasyonu (adet.m <sup>-3</sup> ).....	130
Tablo 3.26. DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2020, 2021 ve 2022 dönemlerinde sedimanlarında mikroplastik konsantrasyonu (adet.m <sup>-3</sup> ) .....	131
Tablo 3.27. DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2014-2022 dönemleri arasında sedimanda mikroplastik konsantrasyonu (adet.l <sup>-1</sup> ).....	132
Tablo 3.28. Sedimanda metal ve organik kirletici bulgularının ERL değerlendirilmesi ile kalite sınıflandırması.....	148



## Şekil Dizini

Şekil 1.1. Özet Raporda denizlerin betimsel olarak bağlantılı ekosistem bileşenlerine ve baskılara genel bir bakış .....	17
Şekil 3.1. Karadeniz 2014-2022 dönemi izleme istasyonları, kıyı su yönetim birimleri ve deniz değerlendirme birimleri haritası .....	22
Şekil 3.2. 1H30 istasyonu 2017-2022 yılları sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk (sigma-theta) ölçümleri.....	24
Şekil 3.3. 1H30 istasyonun da DEN-İZ Programı kapsamında ve 1992 ile 1997 yıllarında aynı noktada Temmuz aylarında yapılan CTD ölçümleri .....	24
Şekil 3.4. Üst panel: 1H30 istasyonunda DEN-İZ Programı ve 1992 ile 1997 yıllarında aynı noktada Temmuz aylarında yapılan CTD ölçümlerinden elde edilen sıcaklık-tuzluluk diagramları. Alt panel: 1H30 istasyonunda kış dönemi ölçümlerinden elde edilen sıcaklık tuzluluk diagramları .....	25
Şekil 3.5. Üst panel: 1H30, Orta panel 4H20 Alt panel: 6H20 istasyonlarında farklı seferlerde ölçülen sıcaklık (°C), tuzluluk (ppt) ve sigma-theta'nın su kolonunun üst 200m sindeki dağılımı.....	27
Şekil 3.6. 1H30 istasyonunda 200 m ile 1600 m arasındaki sıcaklık (°C), tuzluluk (ppt) ve yoğunluk (sigma-theta) dikey dağılımı. ....	28
Şekil 3.7. Temmuz 2021 seferinde Doğudan batıya Karadeniz derin suları sıcaklık (°C) profilleri.....	29
Şekil 3.8. 2014-2022 dönemlerinde NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> -N (NO <sub>x</sub> ) SYB ve DDB yüzey suyu ortalama konsantrasyonları (0-10 m) .....	32
Şekil 3.9. 2014-2022 dönemlerinde silikatın SYB ve DDB yüzey suyu ortalama konsantrasyonları (0-10 m) .....	33
Şekil 3.10. 2014-2022 dönemlerinde Toplam Fosforun SYB ve DDB yüzey suyu ortalama konsantrasyonları (0-10 m) .....	33
Şekil 3.11. Karadeniz 2022 yılı örnekleme tüm istasyonların çözünmüş oksijen profilleri..	34
Şekil 3.12. 2022 yılında derin istasyonlarda kış ve yaz dönemlerinde Sigma-t 16,2 derinlikleri .....	34
Şekil 3.13. Karadeniz SYB ve DDB'lerinin 2014-2022 yılları yüzey tabaka (0-10m ortalama) klorofil-a konsantrasyonlarının karşılaştırılması.....	35
Şekil 3.14. Karadeniz SYB ve DDB'lerinin 2014-2022 yılları Seki Disk Derinliği değişimleri kış dönemi (a), yaz dönemi (b).....	36
Şekil 3.15. 2014-2022 örnekleme dönemlerindeki yüzey suyu TRIX değerlerinin SYB ve DDB ortalama değerleri.....	37
Şekil 3.16. Yönelim analiz yöntemi .....	38
Şekil 3.17. 2014-2022 yılları arasında yüzey suyu parametrelerin yıllara göre değişimi (hata barları yıllık ort+-std.sapma değerlerini gösterir) .....	40
Şekil 3.18. BEAST ötrofikasyon değerlendirme süreci .....	41
Şekil 3.19. Karadeniz fitoplankton örnekleme istasyonları .....	43
Şekil 3.20. 2014-2022 yılları fitoplankton gruplarının oransal dağılımı.....	46
Şekil 3.21. 2014-2022 dönemi kıyısız bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının tür sayısı karşılaştırması.....	46
Şekil 3.22. 2020-2022 dönemi açık bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının tür sayısı karşılaştırması.....	47
Şekil 3.23. Yıllara göre kıyısız bölge istasyonlarındaki tür sayısı değişimleri .....	48
Şekil 3.24. Yıllara göre açık bölge istasyonlarındaki tür sayısı değişimleri .....	48
Şekil 3.25. Kıyısız bölge istasyonlarının yıllara göre Shannon-Weiner (Çeşitlilik) (H') indeks değerleri.....	49

Şekil 3.26. Açık bölge istasyonların yıllara göre Shannon-Weiner (Çeşitlilik) (H') indeks değerleri.....	50
Şekil 3.27. Kıyısız bölge istasyonlarındaki bolluk değerlerinin yıllara göre değişimi .....	51
Şekil 3.28. Açık bölge istasyonlarındaki bolluk değerlerinin yıllara göre değişimi .....	51
Şekil 3.29. Kıyısız bölge istasyonlarındaki biyokütle değerlerinin yıllara göre değişimi .....	52
Şekil 3.30. Açık bölge istasyonlarındaki biyokütle değerlerinin yıllara göre değişimi .....	53
Şekil 3.31. 2015-2022 kış dönemlerinde kıyısız bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının bolluk ve biyokütle değerlerinin oransal olarak karşılaştırılması .....	54
Şekil 3.32. 2014-2022 yaz dönemlerinde kıyısız bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının bolluk ve biyokütle değerlerinin oransal olarak karşılaştırılması .....	55
Şekil 3.33. 2020-2022 kış dönemlerinde açık bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının bolluk ve biyokütle değerlerinin oransal olarak karşılaştırılması .....	56
Şekil 3.34. 2014-2022 yaz dönemlerinde açık bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının bolluk ve biyokütle değerlerinin oransal olarak karşılaştırılması .....	57
Şekil 3.35. 2015-2022 kış dönemlerinde kıyısız bölge istasyonlarında toksik/potansiyel toksik fitoplankton bolluk ve biyokütle değerlerinin fitoplankton toplam bolluk ve biyokütlesi içindeki oranları .....	58
Şekil 3.36 2014-2022 yaz dönemlerinde kıyısız bölge istasyonlarında toksik/potansiyel toksik fitoplankton bolluk ve biyokütle değerlerinin fitoplankton toplam bolluk ve biyokütlesi içindeki oranları. ....	59
Şekil 3.37 2020-2022 kış dönemlerinde açık bölge istasyonlarında toksik/potansiyel toksik fitoplankton bolluk ve biyokütle değerlerinin fitoplankton toplam bolluk ve biyokütlesi içindeki oranları .....	60
Şekil 3.38. 2020-2022 yaz dönemlerinde açık bölge istasyonlarında toksik/potansiyel toksik fitoplankton bolluk ve biyokütle değerlerinin fitoplankton toplam bolluk ve biyokütlesi içindeki oranları .....	60
Şekil 3.39. Zooplankton örnekleme istasyonları .....	62
Şekil 3.40. Gruplara göre tespit edilen tür sayısı .....	63
Şekil 3.41. Örnekleme dönemlerine göre tespit edilen toplam tür sayısı.....	64
Şekil 3.42. Toplam zooplankton bolluk dağılımı .....	65
Şekil 3.43 <i>Noctiluca scintillans</i> bolluk dağılımı .....	66
Şekil 3.44. Üst Tabakada Baskın zooplankton gruplarının oransal dağılımları .....	67
Şekil 3.45. Alt tabakada baskın zooplankton gruplarının oransal dağılımları .....	67
Şekil 3.46. Üst tabakada kış mevsiminde zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı .....	69
Şekil 3.47. Üst tabakada yaz mevsiminde zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı .....	71
Şekil 3.48. Alt tabakada kış mevsiminde zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı .....	73
Şekil 3.49. Alt tabakada yaz mevsiminde zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı .....	74
Şekil 3.50. Komünite indekslerinin örnekleme istasyonlarında yıllar içindeki değişimi (A: Üst Tabaka, B: Alt Tabaka) .....	75
Şekil 3.51. İstilacı <i>Oithona davisae</i> türünün bolluk dağılımı .....	77
Şekil 3.52. Karadeniz IUCN Red-Book'ta bulunan copepod türlerinin üst tabakadaki bolluk dağılımı.....	77
Şekil 3.53. Denizanası ve Taraklı Medüz Türlerinin Bolluğunun örnekleme istasyonlarında yıllar göre değişimi.....	78
Şekil 3.54. Karadeniz makroflora istasyonları .....	79
Şekil 3.55. Karadeniz istasyonlarının 2021 yılı ESG I ve ESG II gruplarının takson sayıları	80

Şekil 3.56. 2021 yılı Karadeniz istasyonlarının ESG I ve ESG II türlerinin ortalama örtü değerleri (% olarak) ile EEI-c değerleri .....	81
Şekil 3.57. Karadeniz makro flora istasyonları 2014-2021 ESG I ve ESG II değişimleri.....	82
Şekil 3.58. Hassas kahverengi alg <i>Cystoseira barbata</i> (Kilyos).....	83
Şekil 3.59. Fırsatçı yeşil alg <i>Ulva</i> sp. (Samsun).....	83
Şekil 3.60. Karadeniz istasyonlarının 2021 yılı MA-LUSI ve EEI-c değerlerinin ilişkisi.....	84
Şekil 3.61. Karadeniz’de 2021 yılında makrozoobentik örneklemelerin yapıldığı istasyonlar	85
Şekil 3.62. Karadeniz ’de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen makrozoobentik tür ve birey sayısı.....	86
Şekil 3.63. Karadeniz’de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen makrozoobentik tür ve birey sayısının taksonomik gruplara dağılımı .....	86
Şekil 3.64. Karadeniz’de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen en baskın türler ve baskınlık değerleri (%)......	87
Şekil 3.65. Karadeniz’de 2014-2021 yıllarında istasyonlara tespit edilen toplam tür sayıları.	87
Şekil 3.66. TUBI değerlerinde göre Karadeniz istasyonlarının yıllara bağlı ekolojik kalite durumları .....	89
Şekil 3.67. Karadeniz’de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen yabancı türlere ait tür ve birey sayısı.....	89
Şekil 3.68. Karadeniz’de yıllara bağlı olarak yabancı tür ve birey sayısının toplam tür ve birey sayısına oranları.....	90
Şekil 3.69. Karadeniz’deki sert substratum ve Samsun Limanı istasyonları .....	91
Şekil 3.70. Karadeniz sert substratum istasyonlarındaki baskın türler .....	91
Şekil 3.71 Karadeniz sert substratum istasyonlardaki ortalama tür ve birey sayıları ile + Standart Hatası (SH).....	91
Şekil 3.72. Karadeniz sert substratum istasyonlarında ekolojik grupların ortalama yüzdeleri	92
Şekil 3.73. Ortalama TUBI değerlerine göre Karadeniz sert substratum istasyonlarının ekolojik kalite durumları .....	92
Şekil 3.74. Ortalama ALEX değerlerine göre Karadeniz sert substratum istasyonlarının ekolojik kalite durumları .....	93
Şekil 3.75. Ortalama TUBI değerlerine göre Samsun Limanı yumuşak substratum istasyonlarının ekolojik kalite durumları.....	94
Şekil 3.76. Ortalama ALEX değerlerine göre Samsun Limanı yumuşak substratum istasyonlarının ekolojik kalite durumları.....	94
Şekil 3.77. KSL01 noktası, <i>Colaconema codicola</i> .....	95
Şekil 3.78. Karadeniz dip trol ile deniz tabanı biyoçeşitliliği ve katı atıkları çalışma istasyonları .....	96
Şekil 3.79. Av kompozisyonunda yer alan taksonomik grupların sayısal ve ağırlıksal dağılımı .....	96
Şekil 3.80. Av kompozisyonunda yer alan türlerin görünme sıklığı.....	98
Şekil 3.81. 2016, 2019 ve 2021 yıllarına ait istasyonlara göre demersal balık bolluk ( $N/km^2$ ) ve biyokütle değerleri ( $kg/km^2$ ) .....	99
Şekil 3.82. 2021 yılı istasyonlara göre demersal balık bolluk değerleri ( $adet/km^2$ ) .....	100
Şekil 3.83. 2021 yılı istasyonlara göre demersal balık biyokütle değerleri ( $kg/km^2$ ) .....	100
Şekil 3.84. 2016, 2019 ve 2021 yıllarına ait istasyonlara göre omurgasız türlerin bolluk ( $N/km^2$ ) ve biyokütle değerleri ( $kg/km^2$ ).....	101
Şekil 3.85. 2021 yılı istasyonlara göre omurgasız türlerin bolluk değerleri ( $adet/km^2$ ) .....	102
Şekil 3.86. 2021 yılı istasyonlara göre omurgasız türlerin biyokütle değerleri ( $kg/km^2$ ) .....	102
Şekil 3.87. 2016, 2019 ve 2021 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür sayısı....	103
Şekil 3.88. 2016, 2019 ve 2021 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür zenginliği .....	104

Şekil 3.89. 2016, 2019 ve 2019 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür çeşitliliği .....	104
Şekil 3.90 DEN-İZ Programı kapsamında kaydedilen Cetacea gruplarının dağılımları.....	107
Şekil 3.91. Karadeniz sediman istasyon haritası (2021) .....	110
Şekil 3.92. Karadeniz sediman örneklerinin tane boyu dağılımı haritası (2021).....	110
Şekil 3.93. Karadeniz yüzey sedimanlarında organik karbon yüzdeleri .....	110
Şekil 3.94. Karadeniz sedimanlarında PAH kaynaklarını gösteren PAH'ların izomerik oranlarının çapraz çizimleri.....	112
Şekil 3.95. Karadeniz sediman örneklerinin 2-3-4-5-6 halkalı PAH'ların mekânsal dağılımı (LMW:2-3 halkalı; HMW:4-5-6 halkalı) .....	112
Şekil 3.96. Karadeniz sediman istasyonlarında organik kirletici (Toplam PAH, Toplam DDT ve türevleri ile Toplam PCB) bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması .	113
Şekil 3.97. Karadeniz sedimanlarında DDT ve türevlerinin % dağılımı .....	113
Şekil 3.98. Karadeniz sedimanlarında HCH bileşenlerinin % dağılımı .....	113
Şekil 3.99. Karadeniz yüzey sedimanlarında DDT ve türevlerinin oran ilişkisi.....	114
Şekil 3.100. Karadeniz sediman yönelim istasyonlarında metallerin yıllara göre değişimi (2014-2016).....	115
Şekil 3.101. Karadeniz sediman istasyonlarında metal bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2021) .....	115
Şekil 3.102. Karadeniz sediman istasyonlarında metal bulgularının ZF değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2021) .....	116
Şekil 3.103. Karadeniz biyota örnekleme istasyonları .....	116
Şekil 3.104. Deniz suyunda doğal radyoizotop konsantrasyonları (2015-2022 ), a, b, c Uranyum izotopları, d. Radyum .....	123
Şekil 3.105. Deniz suyunda antropojenik ve kozmojenik radyoizotop konsantrasyonları (2015-2022), e. Sezyum, f. Stronsiyum ve g. Tritiyum .....	123
Şekil 3.106. Sedimanda doğal ve antropojenik radyoizotop konsantrasyonları (2015-2022), h. Potasyum, i. Radyum, j. Toryum ve k. Sezyum .....	125
Şekil 3.107. Karadeniz mikroplastik örnekleme istasyonları .....	127
Şekil 3.108. Karadeniz yüzey sularında rastlanılan mikroplastik tiplerinden bazıları .....	128
Şekil 3.109. Karadeniz su kolonunda rastlanılan mikroplastik tiplerinden bazıları (1: film, 2: fiber, 3: parça, 4: boya, skala= 0.5 mm).....	130
Şekil 3.110. Karadeniz sedimanlarında rastlanılan mikroplastik tiplerinden bazıları.....	132
Şekil 3.111. Rize Sarayköy ve Kemerköy plajları sahilde çöp çalışması örnekleme alanı (2020-2022).....	133
Şekil 3.112. Rize-Sarayköy plajında çöp sayı (a) ve ağırlık (b) dağılımı .....	133
Şekil 3.113. Rize-Kemerköy plajında çöp sayı (a) ve ağırlık (b) dağılımı .....	134
Şekil 3.114. Güneydoğu Karadeniz'de yüzen çöplerin dağılımı (2021 yaz dönemi) .....	135
Şekil 3.115. Materyal tiplerine göre yüzen çöplerin dağılımı (2021 yaz dönemi).....	136
Şekil 3.116. En sık rastlanılan 10 çöp tipinin oransal dağılımı (2021 yaz dönemi).....	136
Şekil 3.117. Karadeniz'in güneyinde yüzen çöplerin dağılımı (2022 kış dönemi).....	137
Şekil 3.118. Materyal tiplerine göre yüzen çöplerin dağılımı (2022 kış dönemi) .....	137
Şekil 3.119. En sık rastlanılan 10 çöp tipinin oransal dağılımı (2022 kış dönemi) .....	138
Şekil 3.120. 2021 yılında istasyonlara göre toplam katı atıkların miktarı ve ağırlıkları .....	139
Şekil 3.121. 2021 yılı katı atık gruplarının sayısal olarak yüzde dağılımı .....	140
Şekil 3.122. 2021 yılı katı atık gruplarının ağırlıksal olarak yüzde dağılımı .....	140
Şekil 3.123. Trol örneklemeinde elde edilen deniz çöpleri (Sinop).....	141
Şekil 3.124. Trol örneklemeinde elde edilen deniz çöpleri (K16) .....	141
Şekil 3.125. 2016, 2019 ve 2021 yıllarına ait istasyonlara göre katı atık miktarı (adet/km <sup>2</sup> ), trol ağının yakalayabilirlik katsayısı q=1 olarak varsayımla hesaplanan katı atık miktarı.....	142

Şekil 3.126. 2016, 2019 ve 2021 yıllarına ait istasyonlara göre katı atık ağırlığı (adet/km <sup>2</sup> ), trol ağının yakalayabilirlik katsayısı q=1 olarak varsayımla hesaplanan katı atık ağırlığı.....	142
Şekil 3.127. Karadeniz LUSIV al haritası.....	144
Şekil 3.128. Kıyı su kütleleri ekolojik kalite değerlendirmesi.....	146
Şekil 3.129. Karadeniz sediman istasyonlarında kirleticilerin % dağılımları (2014-2021) ...	149



## **KISALTMA VE TANIMLAR**

### **Kısaltmalar**

AB: Avrupa Birliği

AHA: Az Hassas Alan

Al: Alüminyum

ANT: Antrasen

BDS: Bölgesel Deniz Sözleşmeleri (Akdeniz, Karadeniz, Baltık gibi) (Barselona, Bükreş, Helsinki gibi) (Regional Seas Conventions: RSC)

BKE: Biyolojik Kalite Elemanı

BSIMAP: Karadeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı (Black Sea Integrated Monitoring and Assessment Programme)

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemi

Cd: Kadmiyum

Chl-a : Klorofil-a

CI: Common Indicator (IMAP Ortak göstergeleri)

CIS: Ortak Uygulama Stratejisi (WFD-Common Implementation Strategy)

Cr: Krom

CTD: Conductivity, Temperature, Depth (İletkenlik, Sıcaklık, Derinlik)

Cu: Bakır

ÇİN: Çözünmüş Anorganik Azot (DIN: Dissolved Inorganic Nitrogen)

ÇKS: Çevre Kalite Standartları (EQS: Environmental Quality Objectives)

ÇO: Çözünmüş Oksijen

ÇŞİDB: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

DEN-İZ: Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı

DDA/DDB: Deniz Değerlendirme Alanı (Birimi)

DeKoS: Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi

DISSP: Deniz İzlemelerinde Standardizasyonun Sağlanması Projesi

DŞÇD: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008/56/EC) (MSFD: Marine Strategy Framework Directive)

EDS: Ekolojik Durum Sınıfı

EEl: Ekolojik Değerlendirme İndeksi (Ecological Evaluation Index)

EKO: Ekolojik Kalite Oranı (WFD- Ecological Quality Ratio: EQR)

ERL : Düşük Etki Aralığı (Effects Ranges Low)

ERM: Orta Etki Sınır değeri (Effects Range Median)

ESG I / ESG II: Ekolojik Durum Grup I/II (Ecological State Group I / Group II)

FLTH: Floranten

%F: % Görülme sıklığı

H': Shannon-Weiner (tür çeşitlilik) İndeksi

HA: Hassas Alan

HEAT: HELCOM Eutrophication Assessment Tool (Ötrofikasyon Değerlendirme Aracı)

Hg: Civa

IMAP: Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı (Integrated Monitoring and Assessment Programme of UNEP/MAP for the Mediterranean)

İÇD: İyi Çevresel Durum (GES: Good Environmental Status )  
J': Pileu düzenlilik İndeksi  
ka: Kuru ağırlık  
KAAY: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği  
KAAYT: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği  
KOK: Kalıcı Organik kirleticiler  
m-AMBI: Çok değişkenli AZTI Deniz Biyolojik İndeksi (Multivariate AZTI Marine Biotic Index)  
MaQI : Makrofit kalite indeksi (Macrophyte Quality Index)  
MEDPOL: Akdeniz Kirlilik İzlenmesi Programı (UNEP/MAP MEDPOL)  
Mn: Mangan  
NH<sub>4</sub>-N: Amonyum Azotu  
NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N: Nitrat+Nitrit azotu (NO<sub>x</sub>)  
ösa: Ölçüm sınırının altında (< LOD)  
PAHs: Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar  
Pb: Kurşun  
PCBs: Poliklorlu bifeniller  
PHE: Fenantren  
TPH: Toplam Petrol Hidrokarbonları  
PO<sub>4</sub>-P: Orto-fosfat  
PYR:Piren  
S: Tuzluluk (Salinity)  
SBE: Sea Birds Electronics (Üretici ve pazarlayan firma adı)  
SÇD: Su Çerçeve Direktifi (WFD: Water Framework Directive)  
SDD: Seki Disk Derinliği  
Si: Reaktif Silikat  
SYB: Su Yönetim Birimi (kıyı suları için SÇD kapsamında tanımlanan su yönetim birimleri)  
T: Sıcaklık  
ÇİN (DIN): Çözülmüş anorganik azot (Dissolved Inorganic Nitrogen: Nitrat+Nitrit+Amonyak-N toplamı)  
TN: Toplam Azot (Total Nitrogen)  
TP: Toplam Fosfor (Total Phosphorus)  
TRIX: Denizler için trofik indeks  
UNEP/MAP: Birleşmiş Milletler Çevre Programı/Akdeniz Eylem Planı (United Nations Environment Programme / Mediterranean Action Plan)  
ya: Yaş ağırlık  
ZF: Zenginleşme Faktörü

## Tanımlar

**Deniz suları:** Bir ülkenin kendisini çevreleyen denizlerde hak iddia edebileceği suların en dış sınırı içinde kalan suları, SÇD’de belirtilen kıyı suları ile birlikte bunların deniz tabanı ve altını (DSÇD) tanımlar.

**Deniz Değerlendirme Birimleri (DDB):** Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008) kapsamında belirtilen deniz alt değerlendirme alanlarının oluşturulabileceği bilgisi çerçevesinde, DeKoS<sup>1</sup> projesinde baskıların ve ekolojik/hidrografik unsurların dikkate alınması ile uzman görüşleri çerçevesinde oluşturulan deniz birimleridir. Bu birimler kıyı sularının uzantısı olarak tanımlanır, değerlendirmelerde ise çoğunlukla kıyı suları dışında kalan istasyonlar dikkate alınır. Karadeniz’de batıdan doğuya doğru 5 alt birim belirlenmiş ve bunlar DİSSP projesi ile kısmi olarak yenilenmiştir.

**Ekolojik durum:** Sucul ekosistemlerin yapı ve fonksiyonlarındaki kaliteyi ifade eder. Su Çerçeve Direktifi’ne göre kıyı suları için 3 biyolojik kalite elemanı (fitoplankton, bentoz, makro alg) ile diğer destekleyici parametrelerin (besin elementleri; toplam fosfor, oksitlenmiş inorganik azot (nitrat+nitrit), Seki Disk Derinliği) ortak değerlendirmesi yapılarak ortaya konulur ve 5 kalite sınıfı olarak değerlendirilir.

**Ekolojik Kalite Oranı:** Farklı tipteki su kütlelerinin biyolojik kalitesinin ölçülmesi ve biyolojik kalite unsurlarının referans koşullar ile karşılaştırılarak tanımlanması için kullanılan orandır. 0-1 değerleri arasında değişmesi beklenir.

**Geçiş Suyu:** Nehir ağızları civarındaki, kıyı sularına yakın olup aynı zamanda tatlı su akıntılarında önemli ölçüde etkilenmeleri sonucunda kısmen tuzlu olma özelliğine sahip yüzeysel su kütleleridir.

**İyi Çevresel Durum:** Deniz sularının, ekolojik olarak zengin, dinamik, kullanım açısından sağlıklı, temiz ve devamlılığa sahip ve gelecekteki ihtiyaçları karşılayacak şekilde sürdürülebilirliğinin garanti edilebildiği çevresel durumu temsil eder.

**Kıyı Suyu:** Türkiye kıyılarının en dış uç noktalarından çizilen düz hat esas alınarak deniz tarafına doğru 1 deniz mili (1852 m) mesafeye uzanan suları ve bunların deniz tabanı ve altını ifade eder.

**Kıyı Su Kütleli (Su Yönetim Birimi):** Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC) kapsamında ele alınan kıyı su yönetim birimleridir. Yüzeysel sularının önemli özelliklerle - fiziksel, hidromorfolojik, ekolojik kalite ve baskıların dikkate alınmış yüzeysel su bölümünü tanımlar.

**Referans koşullar:** Her bir su kütleli tipolojisi için tahrip edilmemiş durumu ve ekolojik kalite oranı ölçeğinde çok iyi durumu yansıtan koşulları ifade eder.

**Sınıf Sınır Değerleri:** Her bir su kütleli tipoloji için yapılan ekolojik durum sınıflandırmasında yer alan, “çok iyi”, “iyi”, “orta”, “zayıf” ve “kötü” sınıfları arasındaki eşik değerlerinin nicel ifadesidir.

---

<sup>1</sup> DEKOS projesi (TÜBİTAK-MAM, ÇŞB-ÇYGM; 2014) kapsamında belirlenmiştir. Bunun için öncelikle deniz yetki alanlarımız tanımlanmış daha sonra tüm denizlerimiz farklı ekosistem özellikleri, baskılar ve oşinografik özellikler göz önüne alınarak alt bölgelere ayrılmıştır. Her bir alt bölge için farklı derinlik aralıklarının (<30, 30-200, >200m) dikkate alınması da önerilmiştir.

**TRIX İndeksi:** Trofik İndeks (TRIX) kıyı yüzey sularının trofik durumunun (ötrofikasyon) sınıflandırılmasında kullanılan bir skaladır.

**BEAST (Black Sea Eutrophication Assessment Tool):** Baltık Denizi'ne sınırı olan ülke uzmanların HEAT Programı kapsamında Baltık Denizi'ne uyguladığı benzer yaklaşımla Karadeniz'e uygulanmasıdır. BEAST yöntemiyle “one out all out (tedbirlik ilkesi)” prensibine dayalı olarak ötrofikasyon durumu ortaya koyulmaktadır. Söz konusu yöntem, insan kaynaklı karasal baskıların altındaki kıyısal deniz ortamında ötrofikasyon indikatörü parametrelerin ortam özelliklerin iyi/orta/kötü kalite geçişini belirten “sınır” değerlerin DSCD kriter ve hedeflerin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

## 1 Giriş

Dünya yüzeyinin %70'den fazlasının su ile kaplı olması nedeniyle okyanuslar ve denizler yeryüzündeki yaşam için vazgeçilmezdir. Okyanus ve deniz ekosistemleri biyolojik çeşitlilik, genetik kaynak, gıda, biyoyakıt olmak üzere doğal kaynak sağlamakla birlikte deniz çayırları ve deniz bitkileri ormanlarıyla aynı zamanda büyük bir karbon yutağı olarak işlev görürler. Ancak antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan denizel ekosistemler üzerindeki gittikçe artan baskı ve iklim değişikliğinin etkileri; bu ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımı ve korunmasına yönelik uluslararası ve ulusal düzeylerde girişimleri ortaya çıkarmış, sözleşmeleri doğurmuş ve bölgesel ve küresel işbirlikleri ile denizlerin ve okyanusların korunmasını gerekli kılmıştır.

Ülkemiz bölgesel bazda Karadeniz ve kıyıların çevresel sorunları ve bunlara çözümler oluşturan "Karadeniz'in Kirliliğe Karşı Korunması Sözleşmesi"ne (Bükreş Sözleşmesi) ve Akdeniz'in korunmasına yönelik olarak "Akdeniz'in Deniz Ortamı ve Kıyı Bölgesinin Korunması Sözleşmesi"ne (Barselona Sözleşmesi) taraftır. Ayrıca, iç denizimiz olan Marmara Denizi ve Boğazlar Sistemi için ise 2021 yılında "Marmara Koruma Eylem Planı" oluşturulmuş ve 4 Kasım 2021 tarih ve 4758 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile "Marmara Denizi ve Adalar" Özel Çevre Koruma Bölgesi statüsüne kavuşmuştur.

Bilimsel veriye dayalı, güvenilir ve süreklilik arz eden, deniz ve kıyıların izlenmesi çalışmaları; söz konusu koruma ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi önlemlerinin deniz ekosistemlerine etkilerinin takibi ve oluşturulan eylem planı ve politikaların değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir.

Gerek taraf olduğumuz Bölgesel Deniz Sözleşmeleri gerekse ulusal mevzuatımız ile oluşturulan koruma ve kirliliğin önlenmesi politikalarının takibi ve denizlerin kalite durumlarının ortaya

konulması amacı, izleme programlarının oluşumunu sağlamıştır.

Ülkemizdeki deniz izleme çalışmaları 1990'lı yıllarla birlikte söz konusu sözleşmeler doğrultusunda münferit çeşitli programlar ve projeler kapsamında başlamıştır. 2011 yılında ise tüm denizlerimizde ortak olarak uygulanabilecek bir izleme stratejisi ve altlığı SINHA Projesi (TÜBİTAK-MAM&ÇŞİDB, 2011) ile geliştirilmiş ve "Denizlerimizde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı" (DEN-İZ) olarak adlandırılarak uygulamaya konulmuştur. 2012 yılında çevresel izleme faaliyetleri Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü bünyesinde toplanmıştır. Bu tarihten itibaren ise izlemeler bütüncül, düzenli, sürekli ve kesintisiz hale getirilmiş; 2014 yılından itibaren de izleme programı, 3'er yıllık periyotlar halinde yürütülen bir programa dönüştürülmüş ve izleme bileşen ve parametreleri, değerlendirme araçları geliştirilmiştir. ÇŞİDB ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK-MAM koordinasyonunda gerçekleştirilen, Ulusal Deniz İzleme Programı DEN-İZ ile tüm denizlerimizde meydana gelen kirlilik ulusal mevzuatımız, Barselona ve Bükreş Sözleşmeleri ve AB direktifleri çerçevesinde izlenmektedir. Program ile deniz ve kıyı yönetimi ile su ve toprak yönetimi stratejilerine, doğa koruma çalışmalarına, atık yönetimi politikalarına, kıyı planlamaları ve iklim değişikliği uyum faaliyetlerine bilimsel veri ve değerlendirmeler sağlanmaktadır. Aynı zamanda deniz kirliliğine ilişkin alınan tedbir ve önlemlerin etkinliğinin değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bununla birlikte DEN-İZ Programında yer alan "Biyolojik Çeşitlilik" çalışmaları ile bulunan yeni türler uluslararası literatürde yerini almakta ve ülkemiz biyolojik çeşitliliğine katkı sağlanmaktadır. DEN-İZ Programı'nda; Bölgesel Deniz Sözleşmelerinde yer alan izleme bileşenleri

parametreleri ve Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD) kapsamında izlenmesi gerekli parametrelerin birçoğu tüm denizlerimizde pilot ölçekli izlemeler veya daha sık yoğunluklu izlemeler şeklinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Değerlendirmeler ise; Su Çerçeve Direktifi (SÇD) ve DSÇD'ye göre belirlenen kıyı su kütleleri ve denizel alanlarda gerçekleştirilmektedir (ÇŞİDB&TÜBİTAK-MAM, 2015-2016). Aynı zamanda deniz izlemelerinde örnekleme, analiz ve değerlendirme metodolojilerinin standardizasyonunun sağlanması amacıyla ÇŞİDB ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü ve TÜBİTAK-MAM koordinasyonunda gerçekleştirilen "Deniz İzlemelerinde Standardizasyonun Sağlanması Projesi" (DISSP Projesi 2015-2016) ile 12 temada Deniz İzleme Kılavuzu<sup>2</sup> hazırlanarak yayınlanmış ve kılavuzlarda denizlerimize yönelik izleme dönemleri ve sıklıkları tanımlanmıştır.

Bakanlığımızın yürütücülüğünü yaptığı Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme (DEN-İZ) Programı, ekosistem temelli yaklaşım esas alınmak suretiyle düzenli olarak TÜBİTAK-MAM koordinasyonunda; ülkemizdeki birçok üniversitenin deniz bilimleri ve su ürünleri enstitü/fakültelerinin bilim insanları, kamu kurum/kuruluşlarının uzmanlarının işbirliği ve katkılarıyla on yılı aşkın süredir başarılı bir şekilde yürütülmektedir. DEN-İZ Programının üçer yılı kapsayan ilk üç dönemi 2014-2022'de yılları arasında başarı ile tamamlanmıştır. Her izleme döneminde olduğu gibi programa ulusal ve uluslararası ihtiyaçlar doğrultusunda yeni izleme stratejileri eklenmekte, Mavi Kalkınma Yaklaşımı da benimsenerek iklim değişikliğine uyum politikalarına da katkı verecek şekilde geliştirilmektedir.

Bakanlığımızca, DEN-İZ Programı kapsamında üretilen veriler, bilgiler ve değerlendirilmelerin yaygınlaştırılması ve

sonuçların paylaşılmasına yönelik olarak; sempozyumların düzenlenmesi, yayınların oluşturulması, rapor ve bültenlerin yayınlanması gibi birçok farklı araç kullanılmaktadır. Düzenli ve her üç yıllık dönemler sonunda yayınlanmakta olan Özet Rapor'lar da bu araçlardan birisidir. Özet raporlarla; denizlerimizdeki mevcut durumunun ortaya konulması, denizlerin sürdürülebilir kullanımı ve korunması politikalarında karar vericilere yol göstermek; geçmiş dönemlerle karşılaştırmalar yapılarak eğilim (trend) analizlerinin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

Bakanlığımızca Karadeniz için ilk özet rapor "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Karadeniz Özet Raporu" (ISBN: 978-605-5294-70-0) adıyla 2017 yılında yayınlanmıştır. İkinci döneme ait "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2019 Karadeniz Özet Raporu" (ISBN: 978-625-7076-21-0) 2021 yılında yayınlanmıştır.

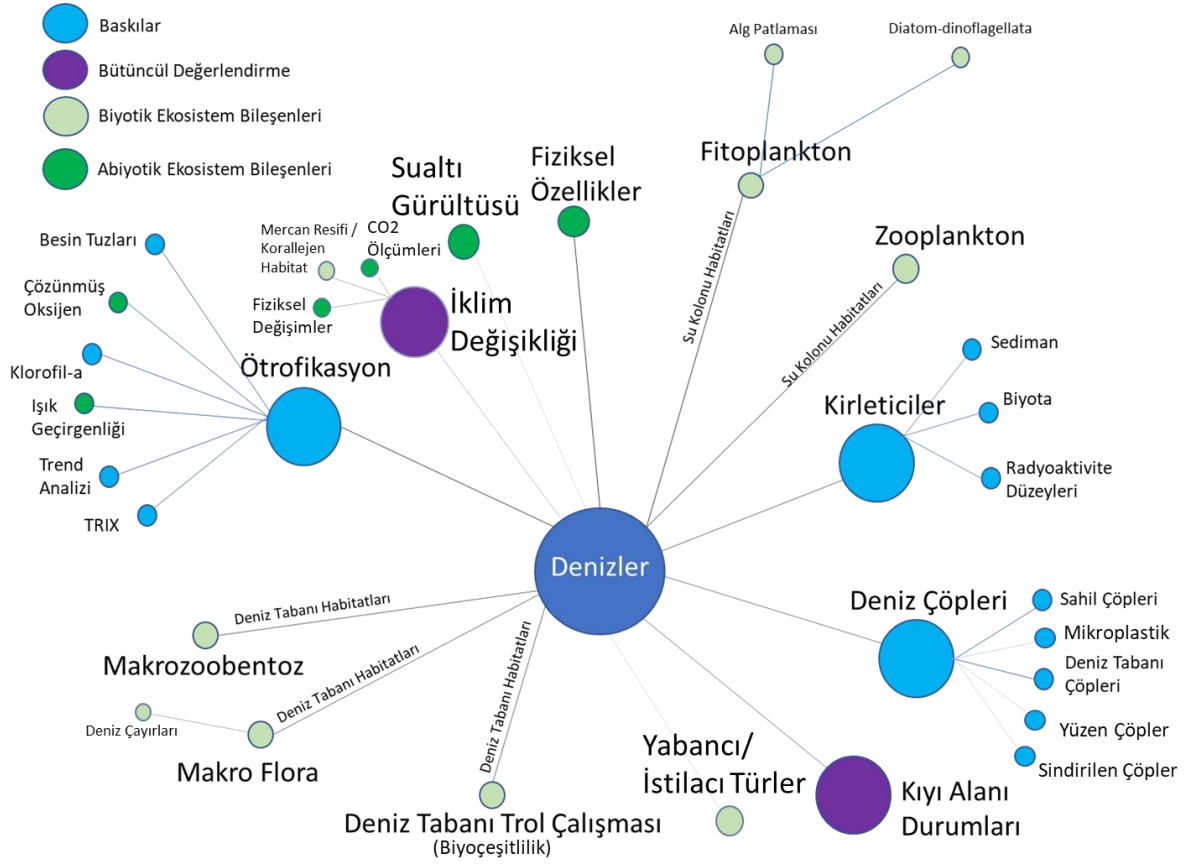
"Karadeniz Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2022 Özet Raporu" başlıklı bu üçüncü raporun ana amacı Karadeniz deniz, kıyılarındaki ve ekosistemindeki kirlilik ve kalite durumunun belirlenmesidir.

Bu rapor kapsamında Karadeniz için 2014-2022 dönemini içeren 9 yıllık özet bir değerlendirme yapılmıştır. Raporun ikinci bölümünde yükümlülüklerimiz ve komşu denizlerimizde uygulanmakta olan bütüncül deniz yönetimi yaklaşımı çerçevesindeki ihtiyaçlarla olan ilişkisi tartışılmaktadır. Raporun üçüncü bölümünde ise izleme çalışmalarının sonuçları hidrografik koşullar, ötrofikasyon, deniz çöpleri, deniz tabanı habitatları, kirleticiler gibi izleme bileşeni bazlı olarak değerlendirilmektedir. İzleme parametrelerinde yıllara göre trendler oluşturulmakta, kıyı su yönetim birimleri üzerindeki baskılar

<sup>2</sup> ÇŞİDB ve Tübitak-MAM işbirliği ile yürütülen "Deniz İzlemelerinde Standardizasyonun Sağlanması Faz II Projesi" (2024-2025) ile

mevcut kılavuzların güncellenmesi ve yeni kılavuzların oluşturulması çalışmaları başlamıştır.

değerlendirilmekte, ekolojik ve kimyasal kalite sınıflandırmaları belirtilmektedir.



Şekil 1.1. Özet Raporunda denizlerin betimsel olarak bağlantılı ekosistem bileşenlerine ve baskılara genel bir bakış



## 2 Yasal Çerçeve

Ülkemizin taraf olduğu Barselona ve Bükreş Sözleşmeleri ve Protokollerinin yükümlülükleri ile AB Su Çerçeve Direktifi (SÇD, 2000) ve Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD, 2008) kapsamında ortak kriter ve yöntemler ile kıyı ve deniz sularımızın izlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye'nin her iki bölgesel sözleşmeye taraf olması ile izleme strateji ve uygulamalarının uyumlu olmasından dolayı ülkemizin sorumlu kuruluşları tarafından ilgili çalışmalar yapılmakta ve stratejiler geliştirilmektedir.

Ülkemizdeki izleme faaliyetleri, yukarıda belirtilen amaç ve kapsam doğrultusunda, özellikle kıyı sularında yer alan ve insan aktivitelerinden yoğun olarak etkilenmiş alanlarda 2000'lerin başlarından düzenli olarak organize edilmekte ve sonuçlar Odak Noktalıkları aracılığıyla Karadeniz, Akdeniz ve Ege Denizi için Bölgesel Deniz Sözleşmeleri (BDS) Sekreteralarına raporlanmaktadır. Özellikle ekosistem yaklaşımı yönetim temeline dayalı DSÇD ve bu yaklaşımı temel alan BDS'leri bölgesel izleme faaliyetlerini yeni yaklaşımlar ile tekrar düzenlemektedirler. Buna paralel olarak ülkemizde de özellikle etkilenmiş kıyı sularının ötesinde kalan açık deniz suları ve farklı çevresel unsurları da içine alan izleme programları aşamalı olarak organize edilmekte olup bu programlar, ulusal mevzuat ihtiyaçlarına da cevap verecek nitelikte planlanmaktadır. Her iki yasal aracın en önemli bileşenlerinden birisi "izleme ve değerlendirme" dir. Yasal düzenlemelerde "iyi ekolojik/çevresel durum" hedefleri tanımlanır ve önlemler programlarının

uygulanması ile bu hedeflere ulaşıp ulaşılamadığı izlenir. Son dönemde bu yönetim yaklaşımı Barselona ve Bükreş Sözleşmeleri programlarına da yansıtılmış olup UNEP/MAP kapsamında Akdeniz için "ekolojik hedefler" (UNEP/MAP 2013) tanımlanmış ve bu hedefler için takip edilmesi gereken ortak göstergeler Akdeniz için belirlenmiştir. Bu çalışmaları tamamlayan izleme programı da üye ülkelerce onaylanarak uygulamaya alınmıştır (UNEP/MAP 2016). Ayrıca, benzer prensiplerle hazırlanan yeni Karadeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı (BSIMAP) 2017-2022 yıllarını kapsayacak şekilde güncellenmiş olup, 13 Ekim 2016 tarihinde onaylanmıştır.

İç denizimiz olan Marmara Denizi ve Boğazlar Sistemine yönelik olarak müsülaj ile mücadele için 2021 yılında "Marmara Koruma Eylem Planı" oluşturulmuştur. Eylem Planı kapsamında Marmara Denizi Havzası'nı iyi çevresel duruma ulaştırmak için politika ve stratejileri belirlemek ve uygulamak amacıyla "Marmara Denizi Bütünleşik Stratejik Planı" (2021-2024) yayınlanmıştır. Eylem Planı çerçevesinde 4 Kasım 2021 tarihli ve 4758 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı ile "Marmara Denizi ve Adalar" Özel Çevre Koruma Bölgesi statüsüne kavuşmuştur.

DEN-İZ Programı yukarıda bahsedilen ana yasal çerçeve ve ulusal mevzuatımızda yer alan izleme bileşenleri ve kriterleri temel alınarak, her bir denizimize yönelik olarak; ilgili denizin kendi dinamikleri de dikkate alınarak dizayn edilmektedir.



### 3 Karadeniz Bölgesi Deniz İzleme ve Değerlendirme Sonuçları

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında Karadeniz bölgesi 2014-2022 izleme döneminde, 5 DDB’de, 17 SYB’de belirlenen 97 istasyonda (Şekil 3.1) farklı izleme bileşenleri için örneklemeler ve yerinde ölçümler yapılmıştır. Bu izleme programı çalışmalarında, özellikle SÇD’ye uygun olarak 1 mil kıyısız alan ile temsili kıyı su kütlelerini ve 12 mil uzaklığa kadar uzanan deniz alanında her SYB’yi temsil edebilecek konumda referans noktalar belirlenmiştir. Ayrıca 12 mili aşan 7 açık deniz hattında (12 mil karasularımızı ve bu sular dışında kalan 20-30 mil uzaklıktaki istasyonları içeren toplam 14 istasyonda)

açık deniz izleme çalışması ile fizikokimyasal parametreler izlenmiştir. Karadeniz Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında, Tablo 3.1’de her bir izleme bileşeni için sayıları verilen istasyonlarda yaz ve kış dönemi trofik durum, biyolojik çeşitlilik ve kirlilik izleme çalışmaları yapılmış ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi bu raporda özetlenmiştir. İzleme çalışmalarında veri gereksinimleri birtakım unsurlar göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Bunlar; frekans, mekansal çözünürlük, güvenilirlik, doğruluk, verilerin erişilebilirliği: veri toplama ile veri kullanılabilirliği arasındaki süre olarak ifade edilebilir.

**Tablo 3.1.** Karadeniz Bütünleşik Kirlilik İzleme bileşenleri ve yıllara göre istasyon sayıları (K:kış, Y:yaz) (\*T: DŞÇD tanımlayıcılarıdır)

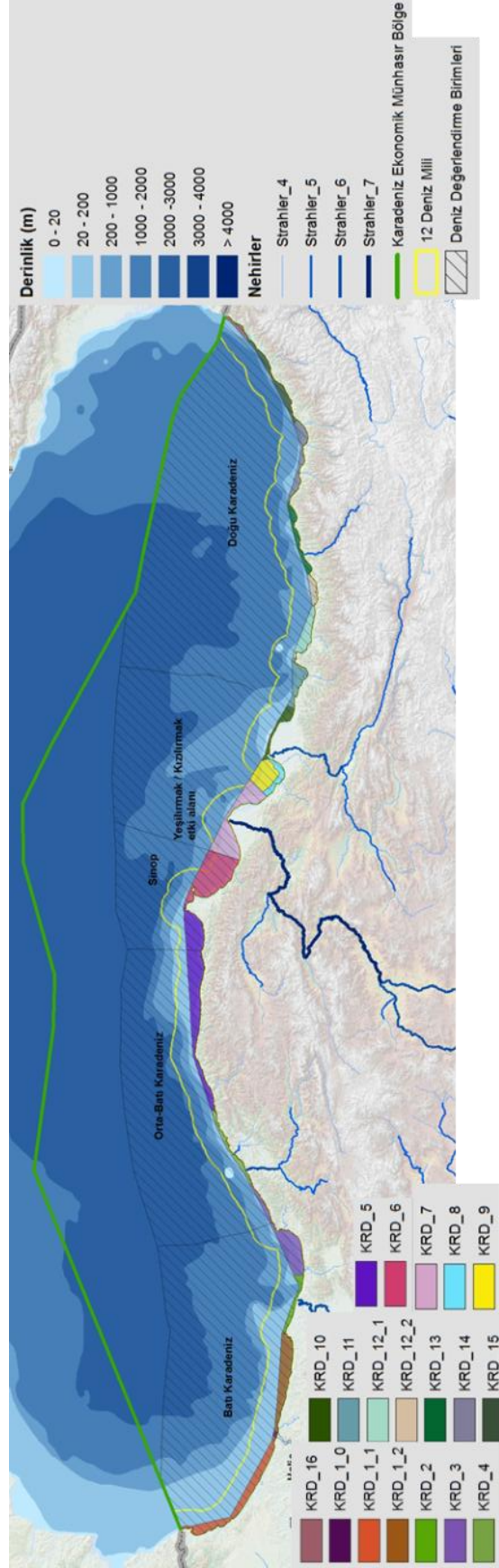
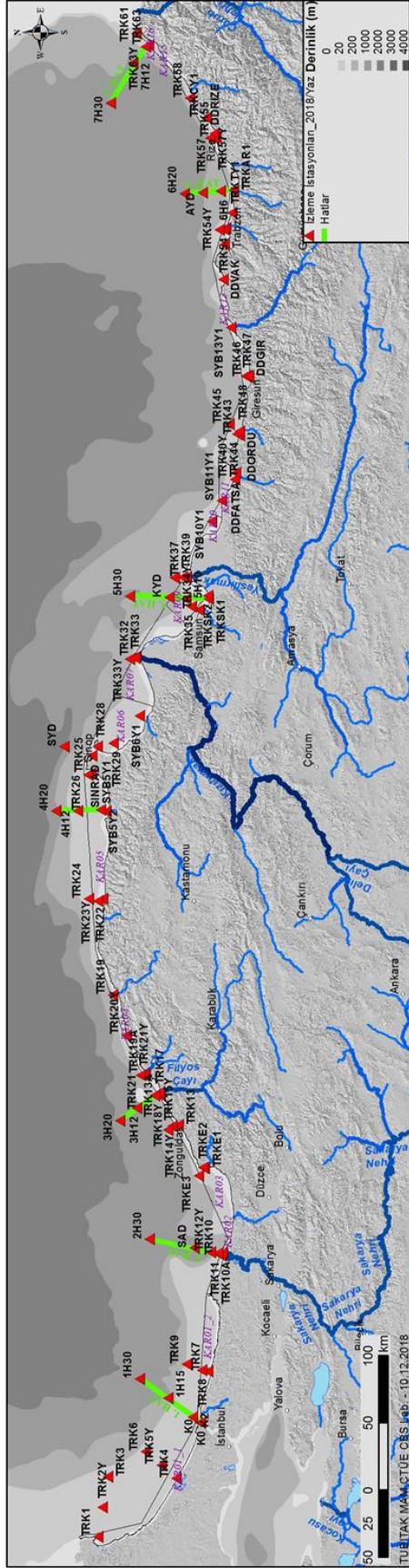
İzleme Bileşenleri	2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
	Y	K	Y	K	Y	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Su kolonu (T5, T7)*	79	81	82	84	94	96	96	97	97	97	97	96	97	97	97	97	97	97
Fitoplankton (T1)	20	20	20	20	20	20	20	20	24	24	24	35	35	35	35	35	35	35
Zooplankton (T1)	0	0	0	0	0	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Makrozoobentos (T1, T6)	19	0	22	0	22	20	0	20	0	20	0	0	0	0	20	0	0	0
Makro flora (T1, T6)	13	0	17	0	17	17	0	17	0	20	0	0	0	0	20	0	0	0
Deniz memelilerin izlenmesi (T1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Yabancı/istilacı türler (T2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Kirleticiler-Sediman (T8)	11	0	11	0	26	0	0	38	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0
Kirleticiler-Biyota (T9)	5	0	5	0	35	0	0	0	0	35	0	0	0	10	0	0	0	0
Radyoaktivite (T8)	1	0	5	0	6	6	0	6	0	6	0	4	0	4	0	4	0	4
Deniz tabanı balık ve katı atıkları (T1, T3, T10)	0	0	0	0	30	0	0	0	0	45	0	0	0	20	0	0	0	0
Mikroplastik-su, sediman (T10)	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	9	10	10	10	10	10	10
Sahilde çöp çalışması (T10)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	2	2
Yüzen çöplerin izlenmesi (T10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0

Projedeki izleme bileşenleri; ötrofikasyon (T5<sup>3</sup>: baskılar-durum-etki), kirleticiler (T8/T9), deniz çöpleri (T10), biyoçeşitlilik: su kolonu habitatları (T1) ve biyoçeşitlilik: deniz tabanı habitatları (T1/T6: makrozoobentos, makro flora ve balık) olarak gruplandırılmıştır. Su kolonu

fiziksel özellikleri de T1, T5 ve T7’yi destekler nitelikte izlemeler dahilinde değerlendirilmektedir. Buna göre, Tablo 3.1’de 2014-2022 izleme dönemlerinde her bileşen altında yapılan çalışmaların içerikleri, örnekleme matrisi (su, sediman, biyota) ile her dönemdeki istasyon sayıları yer almaktadır.

<sup>3</sup> Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008/56/EC) altında; denizlerde iyi çevresel duruma ulaşmak

için 11 adet tanımlayıcı (T) tanımlanmıştır. Her bir tanımlayıcı altında o tanımlayıcının takibine yönelik olarak çeşitli göstegeler yer almaktadır.



Şekil 3.1. Karadeniz 2014-2022 dönemi izleme istasyonları, kıyı su yönetim birimleri ve deniz değerlendirme birimleri haritası

### 3.1 Su Kolonu Fiziksel Özellikleri

Yüzey alanı  $4.2 \times 10^5 \text{ km}^2$ , en derin yeri 2200 m olan Karadeniz, dünya denizleriyle sadece Türk Boğazlar Sistemi ile bağlantılıdır. Tatlısu kaynaklarından olan su girdisinin buharlaşma yolu ile olan su kaybından daha yüksek olması nedeniyle Karadeniz, pozitif bir su dengesine sahiptir. Karadeniz'in genel fiziksel oşinografik özelliklerini sunmak amacıyla İstanbul Boğazı çıkışından 30 mil uzaklıktaki en derin istasyon olan 1H30 nolu istasyonda 2017 temmuz seferinden 2022 kış dönemine kadar yapılan CTD profil ölçümleri Şekil 3.2'de sunulmuştur.

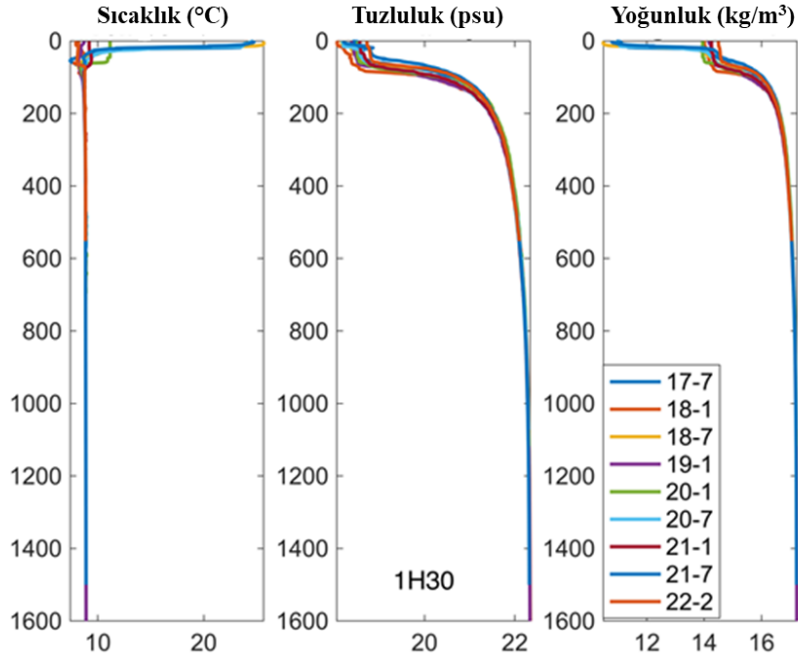
Yüzey sularının karakteristiği, temelde tatlısu ve özellikle de nehir suları girdisi tarafından kontrol edilmektedir ve İstanbul Boğazı yoluyla gerçekleşen alış-veriş oldukça kısıtlıdır. Yüzey suları sıcaklıkları kış aylarında  $8^\circ\text{C}$  nin altına düşmekte, tuzluluk ise 18 psu düzeyinde gerçekleşmektedir. Bu tuzluluklar büyük nehirlerin etkisi altındaki bölgelerde daha çok azalmaktadır. Yüzeyde bulunan tuzluluğu düşük ince bir karışım tabakası (30m) çok güçlü bir mevsimsel ısınma ve soğumaya uğrar. Karadeniz'in derin sularının (>200m) havalanması ve haloklin yapısı ise yine İstanbul Boğazı'ndan giren Akdeniz suları ile yakından ilişkilidir. Havzanın yapısı ve su kütlelerinin fiziksel özellikleriyle düşey karışımın sınırlı olması nedeniyle sadece yüzeyden 150 m derinliğe kadar (toplam hacmin % 13'ünde) oksijen içeren, daha derinlerde ise hidrojen sülfür bulunduran, hemen hemen tümüyle oksijensiz bir ortam oluşmuştur. Yıllar

içerisinde aynı düzeyde bulunan haloklin/piknoklin (tuzluluk ara yüzeyi) oksijenli ve oksijensiz suları ayırır.

Haloklin'in altındaki sularda sıcaklık ve tuzluluk değişimi çok daha azdır. Gerçekte, mevsimsel ve yıllık değişkenlik, haloklinin altında, ~500m'lik bir derinliğe kadar uzanmakta ve bu derinliklerde İstanbul Boğazı'ndan giren Akdeniz suları iç dolaşım ve karışım için sürücü bir güç oluşturmaktadır.

Karadeniz'in 500 m altındaki derin suları temelde durağandır (Özsoy ve Ünlüata, 1997). Her ne kadar yapılan CTD ölçümleri 1600 m ile sınırlansa da, diğer ölçümlerden biliyoruz ki, 1700 metrenin altında deniz tabanından kaynaklanan jeotermal ısınmanın sürücü gücü ile oluşan ve ~400 m kalınlığında olan bir taban konveksiyon tabakası mevcuttur.

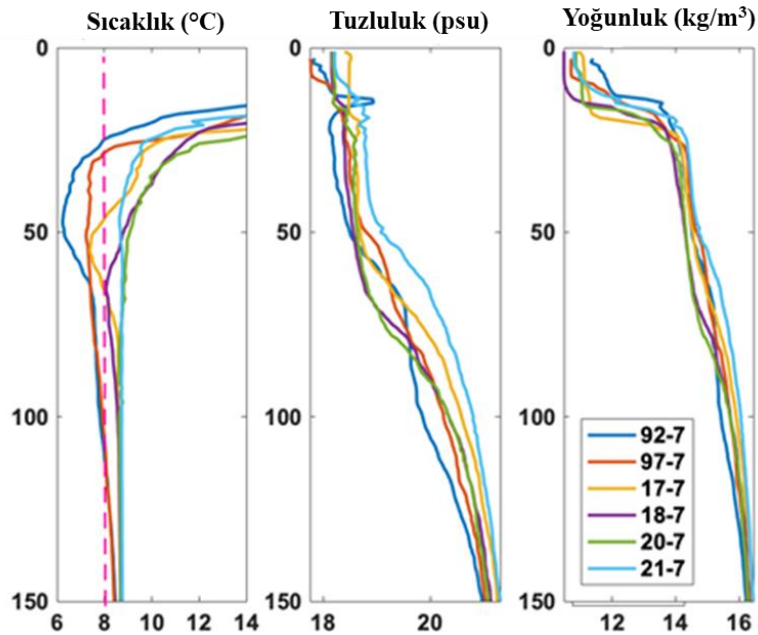
Karadeniz havzası diğer bölgelere göre küresel ısınmanın en fazla olduğu bölgelerdendir. Bu durum Karadeniz'in bilinen yapısını oldukça değiştirmeye başlamıştır. Bu değişikliklerin önümüzdeki yıllarda artarak ciddi sorunlar yaratacağı öngörülmektedir. Yapılan çalışmalar, Karadeniz'de iki önemli değişikliğe işaret etmektedir. Bunlardan birincisi Karadeniz'de soğuk ara tabaka sularının artık oluşmadığı (Ivanov de diğ, 1997), diğeri ise haloklin üstü oksijenli tabakada oksijenin düşmeye başlamasıdır (Capet ve diğ, 2016).



Şekil 3.2. 1H30 istasyonu 2017-2022 yılları sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk (sigma-theta) ölçümleri

Karadeniz'in haloklin üstü bölgesindeki değişimleri belirlemek amacıyla bu çalışmadaki CTD ölçümleri ile 1990'larda yapılan Ivanov ve diğ. (1997) CTD ölçümleri Şekil 3.3'de sunulmuştur. Soğuk ara tabakasının sınırlarını belirleyen 8°C kesikli çizgi ile sıcaklık grafiğinde belirtilmiştir. Sıcaklık profillerinden görüleceği üzere 1990'lı yıllarda oldukça belirgin olarak tespit edilen soğuk su ara

tabakası, DEN-İZ Programı kapsamında yapılan ölçümlerde 2017 yılından sonra tespit edilememiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere Karadeniz'in haloklin üstü sularının yenilenmesinde önemli rol oynayan soğuk ara tabaka suları artık oluşmamaktadır. Karadeniz'de gözlemlenen haloklin üstü sulardaki oksijen düşüşü de bu nedenle olabilir.

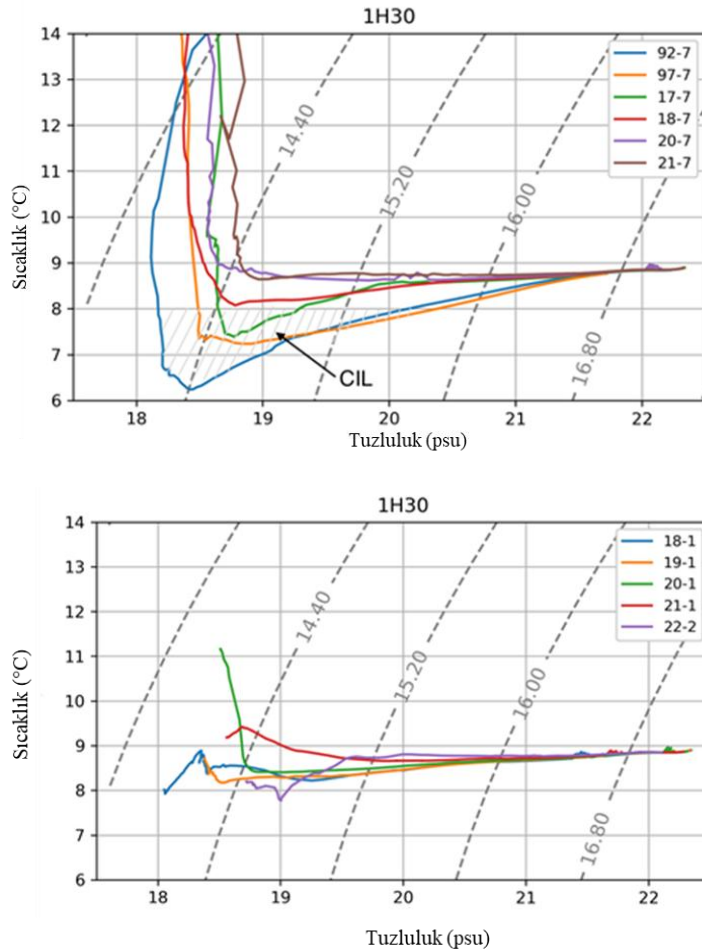


Şekil 3.3. 1H30 istasyonunun da DEN-İZ Programı kapsamında ve 1992 ile 1997 yıllarında aynı noktada Temmuz aylarında yapılan CTD ölçümleri

Soğuk ara tabakadaki bu değişimi ve haloklin üstü sulara meydana gelen değişimleri daha iyi anlayabilmek için Şekil 3.3’de verilen profillerden oluşturulan sıcaklık-tuzluluk diagramı ile kış aylarında yapılan ölçümlerden elde edilen sıcaklık-tuzluluk diagramları Şekil 3.4’te sunulmuştur. Üst panelden görüleceği üzere soğuk ara tabaka (CIL) zaman içerisinde kaybolmuş ve Karadeniz’de artık soğuk ara tabakadan söz edilebilmesi mümkün değildir. Yukarıda belirtildiği üzere bu durum sadece bir su kütlelerinin kaybolması değil, Karadeniz ekosistemini ciddi bir şekilde etkileyebilecek bir süreçtir.

Soğuk ara tabakası kış aylarında oluşmaktadır ve bu nedenle oluşma mevsiminde özellikle yüzeye yakın su kütlelerinin durumunu anlayabilmek için

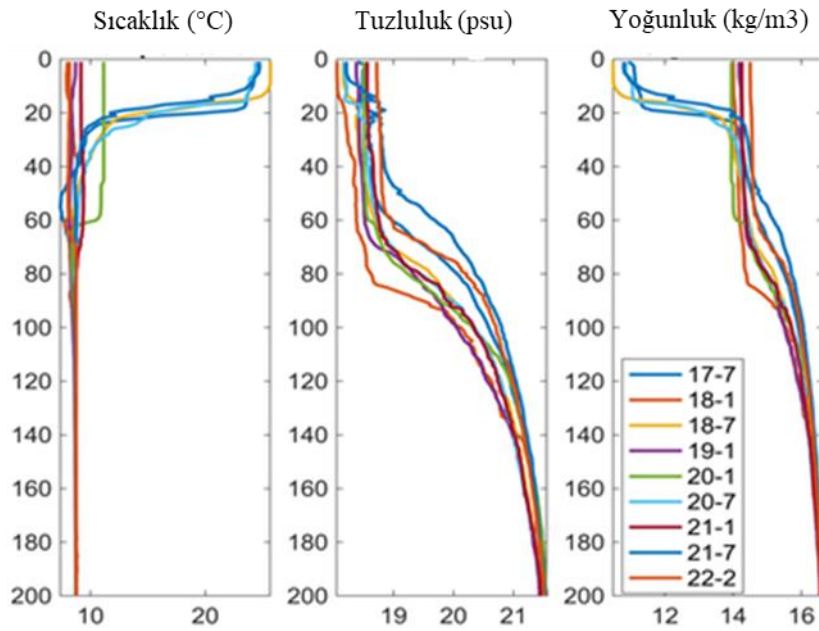
Şekil 3.4’ün alt panelinde kış döneminde 1H30 nolu istasyonda elde edilen profillerden sıcaklık-tuzluluk diagramları oluşturulmuştur. Burada ilk dikkat çeken özellik 2020 yılı kış döneminde yüzeye yakın bölgede ince bir tabakanın mevsim normallerinin çok üstünde olmasıdır. Bunun yanısıra 2021 kış döneminde üst haloklin sularının neredeyse tamamı kış ortalama sıcaklığının  $1^{\circ}$  C üstündedir. Müsilaj dönemine rast gelen 2021 kış döneminde bu sıcak kış dönemi suları Marmara Denizi’ne katılmış ve Marmara Denizi fiziksel yapısını radikal bir şekilde değiştirmiştir. Bu da göstermektedir ki Karadeniz’de meydana gelen fiziksel değişimler Marmara Denizi ekosistemini güçlü bir şekilde etkilemektedir.

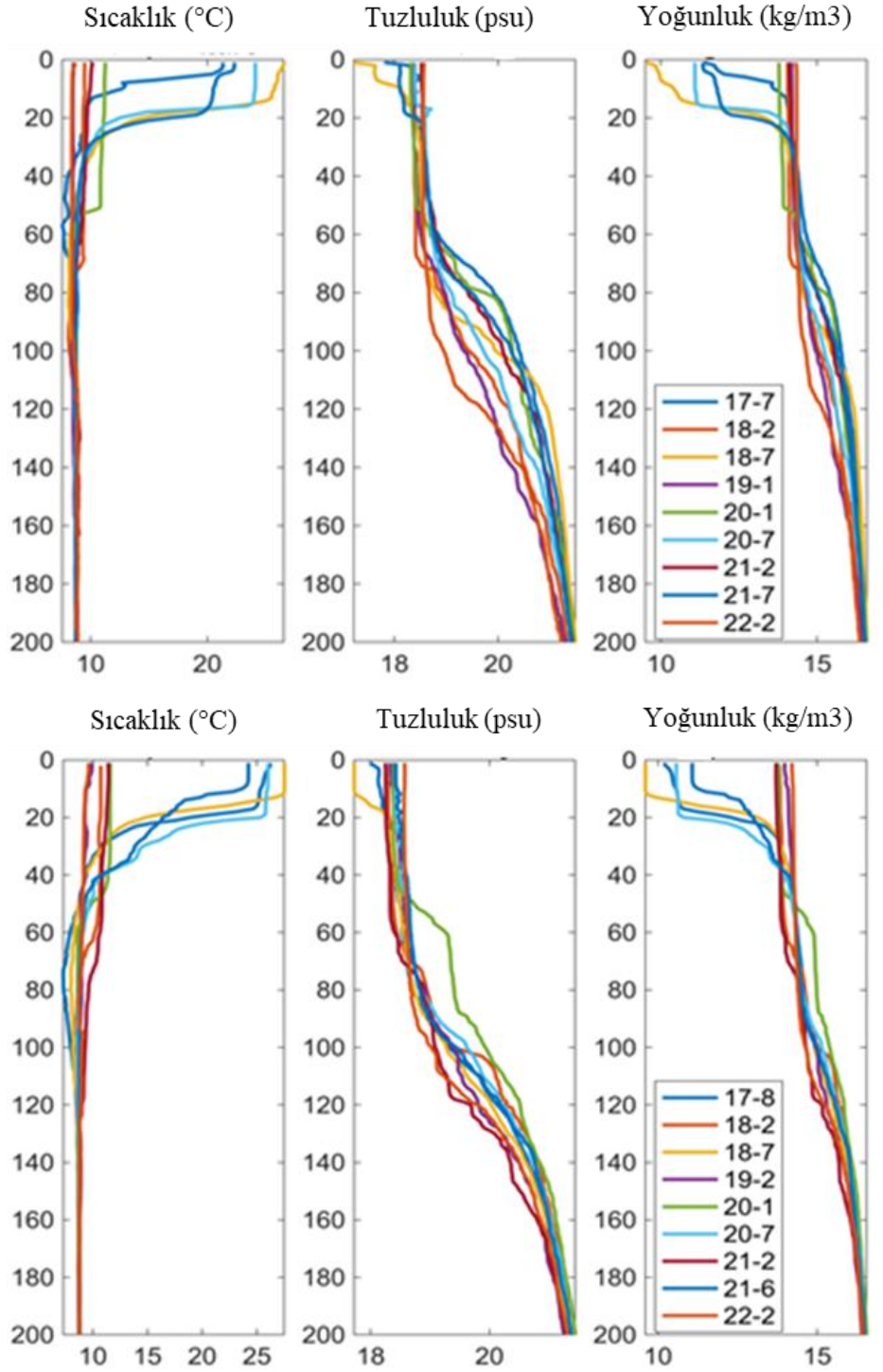


**Şekil 3.4.** Üst panel: 1H30 istasyonunda DEN-İZ Programı ve 1992 ile 1997 yıllarında aynı noktada Temmuz aylarında yapılan CTD ölçümlerinden elde edilen sıcaklık-tuzluluk diagramları. Alt panel: 1H30 istasyonunda kış dönemi ölçümlerinden elde edilen sıcaklık tuzluluk diagramları

Karadeniz'in yukarıda tanımlanan fiziksel özelliklerinin Türkiye kıyıları boyunca nasıl değiştiğini gösterebilmek için batıda (1H30, boğaz çıkışı 1. hat), ortada (4H20, Sinop döngüsü 4. hat) ve doğuda (6H20, Arsin 6. hat) seçilen 3 istasyonda suyun fiziksel özelliklerinin dikey dağılımı üst 200m için Şekil 3.5'te sunulmuştur. Kış aylarında rüzgar zorlaması ve konveksiyon nedeniyle karışım tabakası (mixed layer) 70-80 metreye kadar derinleşmektedir. En derin karışım tabakası 2018 yılı Ocak ayında gözlemlenmiştir. Karışım tabakasının sıcaklıklarına bakıldığında en dikkat çekici değerler 2020 Ocak ayında gözlenmiştir. Bu ayda sıcaklık diğer kış aylarına göre yaklaşık 2 °C daha yüksektir. Bu durum Batı ve Orta Karadeniz'de bariz olmasına karşın Doğu Karadeniz'de bu denli fark görünmemektedir. Yaz aylarında karışım tabakası 20 metrelere kadar düşmektedir ve yaz aylarında yüzey tuzluluğu kış aylarına

göre daha yüksektir. Bunun iki nedeni vardır; birincisi dikey karışımın az olması diğeri de nehir sularını taşıyan Karadeniz ana akıntısının daha geniş bir alanı etkileyerek, ölçüm yapılan istasyonları kapsamamasıdır. Karışım tabakasının hemen altında yer alan haloklinin yıllar ve mevsimlere göre dikeyde yaklaşık 20 metrelik bir oynama göstermektedir. Tuzluluk profillerinden anlaşılmaktadır ki, Batı ve Orta Karadeniz'deki istasyonlar farklı dönemlerde ya anti-siklonik ya da siklonik bölgede yer almaktadır. Bunun nedeni yukarıda belirtildiği gibi Karadeniz ana akıntısının mevsimler arası genişleyip daralması ya da bu akıntının menderes yapmasıdır. En doğudaki istasyon ise sürekli olarak anti-siklonik bölgede kalmaktadır.



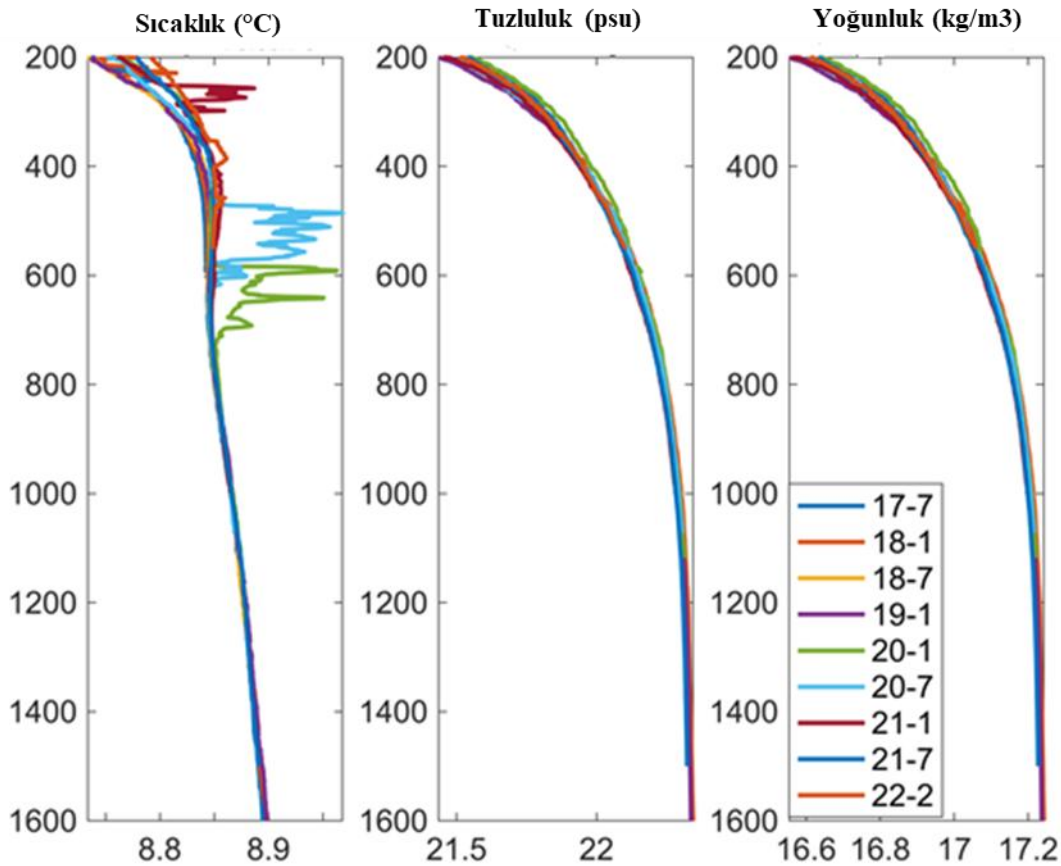


**Şekil 3.5.** Üst panel: 1H30, Orta panel: 4H20 Alt panel: 6H20 istasyonlarında farklı seferlerde ölçülen sıcaklık (°C), tuzluluk (ppt) ve sigma-theta nın su kolonunun üst 200m sindeki dağılımı.

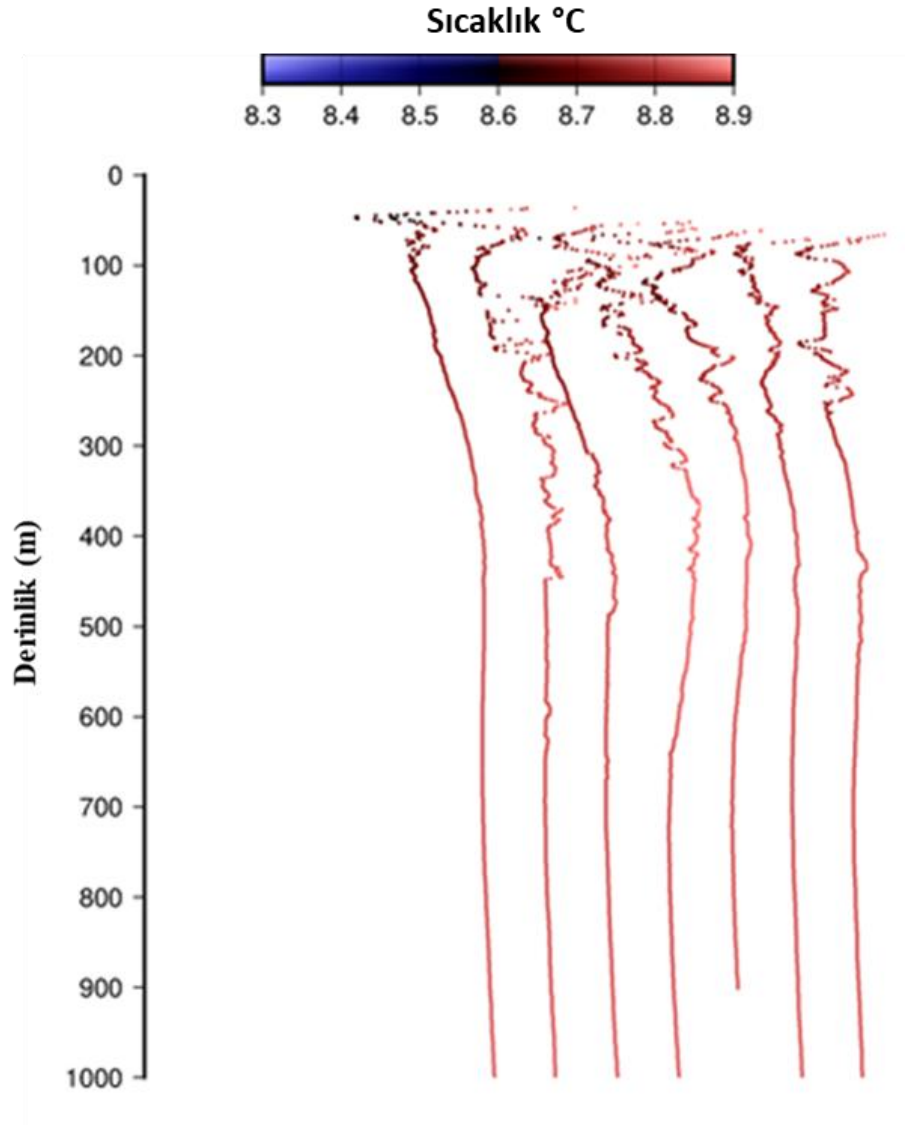
Karadeniz'in 200 metreden daha derinde yer alan sularının fiziksel özellikleri İstanbul Boğazı'nın açıklarında yer alan 1H30 istasyonu için Şekil 3.6'da gösterilmektedir. Burada en dikkat çekici özellik sıcaklık profillerinde gözlemlenen sıcaklık anomalileridir. Bu durum, 200 ile 800 metre arasındaki su kolonunda değişik şiddetlerde hemen hemen her ölçümde gözlenmektedir. Ancak 2020 Ocak ve Temmuz ölçümlerinde bu anomaliler en belirgindir. Bu anomaliler İstanbul Boğazı'ndan gelen suların su kolonunda nasıl dağıldığına işaret etmektedir. Bu anomalilerin son bulunduğu 800 metreden daha derin sular durağan bir yapı sergilemektedirler. Bu da göstermektedir ki, İstanbul'dan gelen sular 800 metreye kadar çökebilme ve bu derinliğe kadar

Karadeniz sularının yenilenmesini sağlamaktadırlar.

Her ne kadar bu istasyon İstanbul Boğazı'nın çıkışında yer alıyor olsa da, İstanbul Boğazı'ndan gelen sular Karadeniz'in Türkiye kıyıları boyunca gözlemlenmiştir (Şekil 3.7). Şekil 3.7'de verilen haritada gösterilen istasyonlarda sıcaklığın 100 ile 1000 metre arasındaki dağılımı, İstanbul Boğazı'ndan gelen suların tüm Türkiye kıyıları boyunca derinlere çöktüğünü göstermektedir. Şekil 3.6 ve Şekil 3.7 incelendiğinde İstanbul Boğazı'ndan gelen suların kış aylarında 800 metrelere kadar çöktüğü, yaz aylarında ise çöken suların 500 metrelerde kaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.6. 1H30 istasyonunda 200 m ile 1600 m arasındaki sıcaklık (°C), tuzluluk (ppt) ve yoğunluk (sigma-theta) dikey dağılımı.



Şekil 3.7. Temmuz 2021 seferinde Doğudan batıya Karadeniz derin suları sıcaklık (°C) profilleri

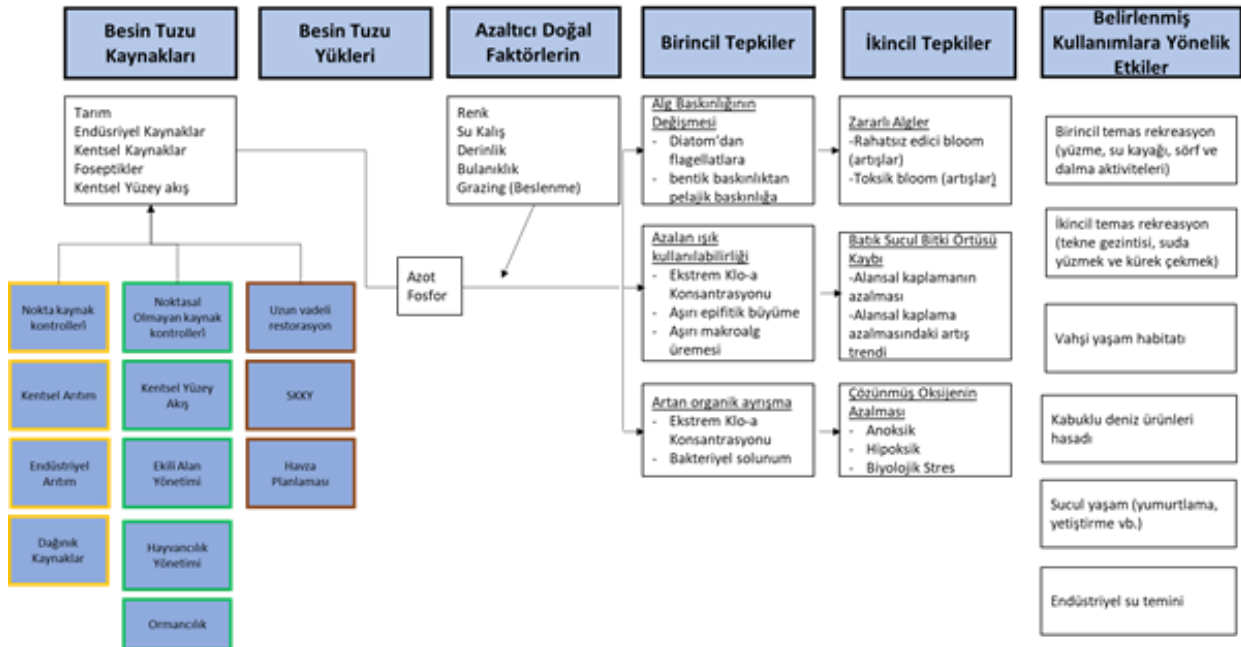
### 3.2 Ötrofikasyon

Ötrofikasyon, büyük miktarda enerji ve maddenin kara ve deniz arasında aktarıldığı etkileşim alanları olan kıyı bölgelerinde artar (Elliff ve Kikuchi, 2025). Kıyı bölgeleri aynı zamanda sağlama (örneğin gıda sağlama), destekleme (örneğin atık işleme) ve kültürel (örneğin rekreasyon ve turizm) ekosistem hizmetleri sağlar ve insan nüfusunun büyük bir kısmı tarafından iskan edilir (Neumann et. al., 2015). Her bir kıyı bölgesi, kıyı şehirleri ve endüstrilerinden gelen doğrudan besin maddesi yayılımlarına ek olarak, tüm havza alanından besin maddesi yüklerini alır. Kıyı bölgeleri ayrıca kirlilik, aşırı avlanma ve iklim değişikliği gibi diğer doğrudan ve dolaylı insan baskılarından da etkilenebilir (Malone ve Newton, 2020).

Su kaynaklarına ve su havzalarına giren besin tuzlarının potansiyel ekonomik

kayıplara ve kullanım etkilerine yol açabileceği yollar Tablo 3.2’de verilmiştir (Weaver, 2010). Söz konusu besin tuzlarının körfez ve kıyı sularına olan etkisi ticari ve eğlence amaçlı balıkçılık, turizm, su ürünleri yetiştiriciliği, yüzme, tür çeşitliliği, organizma durumu, ekosistem işlevi ve fidanlık alanlar gibi alanlarda insan sağlığı ve su yaşamı üzerindeki etkilerle ilişkilendiren kavramsal bir diyagram sunulmuştur. Besin zenginleşmesi alg baskınlığı değişikliklerine, ışık geçirgenliğinin azalmasına ve organik ayrışmanın artmasına giden yolu göstermektedir. Bu birincil tepkiler daha sonra zararlı alglerin varlığı, batık sucul bitki örtüsünün kaybı ve düşük çözünmüş oksijen seviyelerini içeren ikincil tepkilerle sonuçlarını da göstermektedir (Weaver, 2010).

**Tablo 3.2.** Besin tuzları girdilerinin haliçlerde ve kıyı sularında su kalitesiyle ilişkili olarak etkileri



Ötrofikasyonun kıyı ekosistemlerine en çarpıcı olumsuz etkileri; su berraklığının azalması, birincil üretimdeki artış, su bitkilerinin tür dağılımında belirgin azalma, organizmalar arasındaki dengenin bozulması, dip sularda oksijen azalması

(hipoksi), N/P/Si oranlarında değişim ve sonuçta besin ağında belirgin değişiklikler gibi birçok olumsuz etkinin kısa sürede gözlenmesidir (Conley ve diğ., 2007; Ferreria ve diğ., 2010).

Sucul ortamda ötrofikasyon değerlendirmeleri, baskı-durum-etki süreçlerinin sistematik izlenmesi ile yapılır. Baskılar, insan faaliyeti kaynaklı besin maddeleri ile organik maddenin karasal kaynaklardan nehirler, havzalar ve noktasal deşarjlar yolu ile denize taşınımı, atmosfer yolu (yağışlar) ile girdiler olarak değerlendirilir. Ötrofikasyon değerlendirilmesinde durum ve etki göstergeleri olarak DSÇD ve IMAP'ta deniz suyundaki besin maddesi derişimi artışı ve oranlarının değişimi ele alınmaktadır. İnsan kaynaklı besin iyonları

girdilerinin doğrudan etkileri ise plankton biyo-kütle ve organik madde artışı, ışık geçirgenliğinin azalması, baskın plankton türlerin dağılımındaki değişimlerdir. Aşırı organik madde üretimi sonucu alt tabakaya çökelen organik madde parçalanarak dip sularda oksijen eksikliği yaratır; taban flora ve faunasında belirgin ekolojik bozulmalar gözlenir. Bu durum, özellikle üst tabaka su kolonunda kalıcı tabakalaşmanın olduğu yarı kapalı körfez ve denizlerde (Marmara Denizi, Karadeniz gibi) ötrofikasyonun en belirgin dolaylı etkisi olarak ortaya çıkar.

Değerlendirmelerde kullanılan ötrofikasyon göstergeleri:

- Su kolonunda önemli/kilit besin elementlerinin (N, P, Si) konsantrasyonları (IMAP/EO5 & MSFD/D5C1\*) ve oranlarındaki değişimler
- Su kolonunda klorofil-a konsantrasyonu (IMAP/EO5 & MSFD/D5C2\*)
- Türlerde ve topluluklarda farklılaşmalar örn. değişen diatom-dinoflagellat oranı, bentik-pelajik oranı, insan aktivitelerinin neden olduğu zararlı/toksik alg patlamaları (MSFD/D5C3\*)
- Askıda alg artışına bağlı su şeffaflığı (MSFD/D5C4\*)
- Su kolonu dip alanındaki çözülmüş oksijenin varlığı (MSFD/D5C5\*)
- Fırsatçı makroalglerin bolluğu/yaygınlığı ve makrofitlerin durumu (MSFD/D5C6\*, D5C7\*)

\* Bkz. EU 2017/848 ve DÇS Projesi (ÇŞİDB) İÇD hedef ve göstergeleri

1960'larda oligotrofik olarak nitelendirilen Karadeniz, 1970-1980'lerde Tuna havzasında gübre kullanımının artışıyla, büyük nehirler ile denize taşınan besin tuzu seviyeleri önemli derecede artmış ve bunun sonucunda Karadeniz belli bir dönem ötrofikasyona maruz kalmıştır. Denizde artan besin tuzları zamanla fitoplankton biyokütlesini arttırmış ve 1990'ların başında ötrofikasyonun etkisi yoğun bir şekilde görülmüştür (Oğuz ve Gilbert, 2007). Bu etkilerin başında kuzey batı şelfinin büyük bir bölümünün hipoksik (oksijen azalması veya tükenmesi) koşullarda olması gösterilebilir. 1990 sonrası gübre kullanımlarının kontrolü ve nehirler üzerine yapılan barajlarla Karadeniz'e besin tuzu girdisi azalmış ve trofik seviyesi 2000'li yıllardan itibaren eski seviyesine dönmeye başlamıştır (Oğuz ve Gilbert, 2007; BSC, 2008).

Karadeniz'in üst su karışım tabakası büyük oranda tatlı su girdilerinden beslenmekte olup bu etki özellikle kuzey batı kıta sahanlığında baskındır (Teodoru et al., 2007; BSC, 2008). Ülkemiz kıyılarını besleyen nehirler ise güney Karadeniz için önemli besin maddesi kaynağıdır. Atmosferik girdiler de Karadeniz için bölgesel ve alt-bölge ölçeğinde önemli besin maddesi girdileri oluşturabilmektedir (BSC, 2008; Medinets et al., 2012; Koçak et al., 2016). Kıyı boyu akıntısı boyunca oluşan aşağıdan üste taşıyım, kıyısız döngüler, noktasal deşarjlar (DDD vd.) ve Marmara Denizi'nden İstanbul Boğazı alt su akıntısı ile taşınan besin maddeleri Karadeniz üst suları için besin zenginleşmesi anlamı taşır.

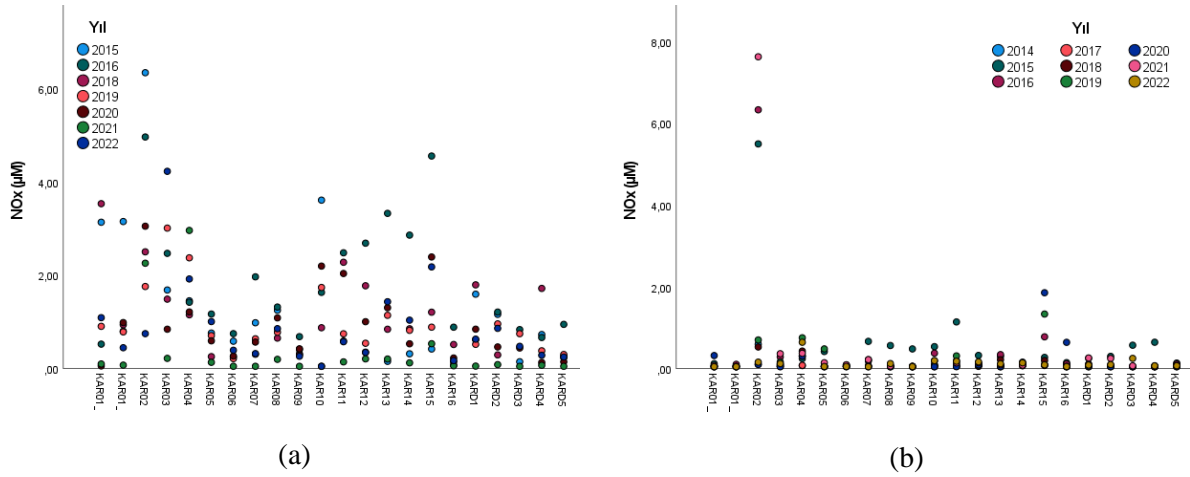
### 3.2.1 Besin Elementleri

Karadeniz kıyılarında kış dönemlerinde genel olarak daha yüksek seviyeler saptanmış olsa da en belirgin özellik nehirlerin etkisindeki özellikle Sakarya, Yeşilırmak ve Kızılırmak'ın döküldüğü alanlardaki SYB'lerde (KAR02, KAR07, KAR10) azot ve silikat değerlerinin yüksek olmasıdır. Bunun dışında Samsun ili etkisindeki SYB KAR08'de fosforun yüksek değerleri belirgindir.

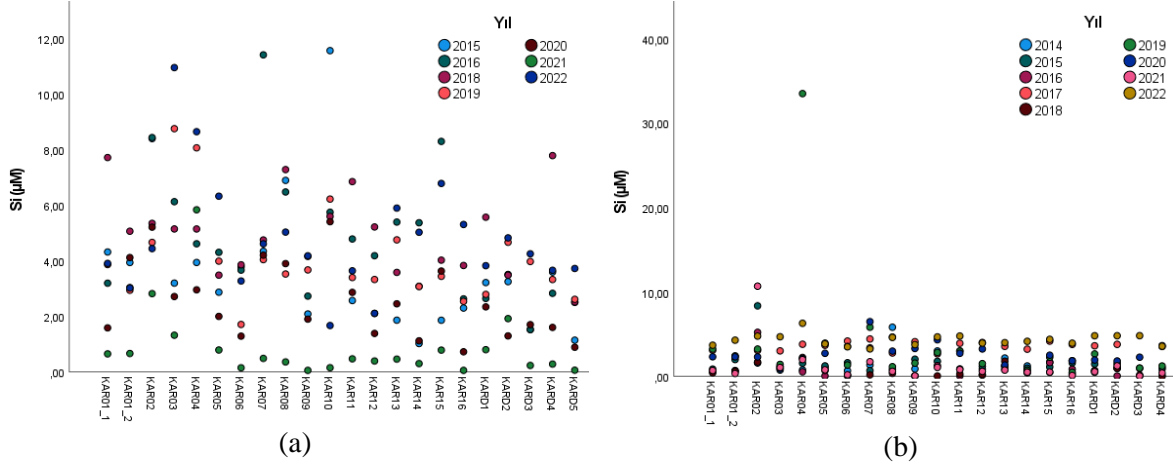
2014-2022 yılları arasında en yüksek çözünmüş inorganik azot (nitrat+nitrit+amonyak) değerleri kış mevsiminde artan yağışlarla debileri yükselen nehir girdilerinin (Sakarya, Filyos, Kızılırmak ve Yeşilırmak) beslediği SYB yüzey sularında ölçülmüştür. PO<sub>4</sub>-P ve TP konsantrasyonlarının bölgesel dağılımı çok benzer değişim göstermiştir (Şekil 3.10). Her iki parametrenin değerleri Samsun'da bulunan SYB KAR08'de diğer SYB'lere oranla belirgin şekilde yüksektir. Karadeniz'de nehir etkisi dışında kalan alanların yüzey sularında azot ve fosfor

derişimi oldukça düşüktür. Sakarya, Filyos, Kızılırmak ve Yeşilırmak nehirleri etkisindeki su yönetim birimlerinde bulunan (KAR02, KAR04, KAR07, KAR10) istasyonlarının yüzey sularında son dokuz yıldaki (2014-2022) ortalama nitrat+nitrit azotu değerleri 0,05-7,62 µM aralığında ölçülürken, kıyılarda 0,05- 4,55 µM aralığında, karasal girdilerin zayıfladığı ve tuzluluğun yüksek olduğu açık deniz istasyonlarında ise 0,05- 1,79 µM seviyelerinde ölçülmüştür (Şekil 3.8).

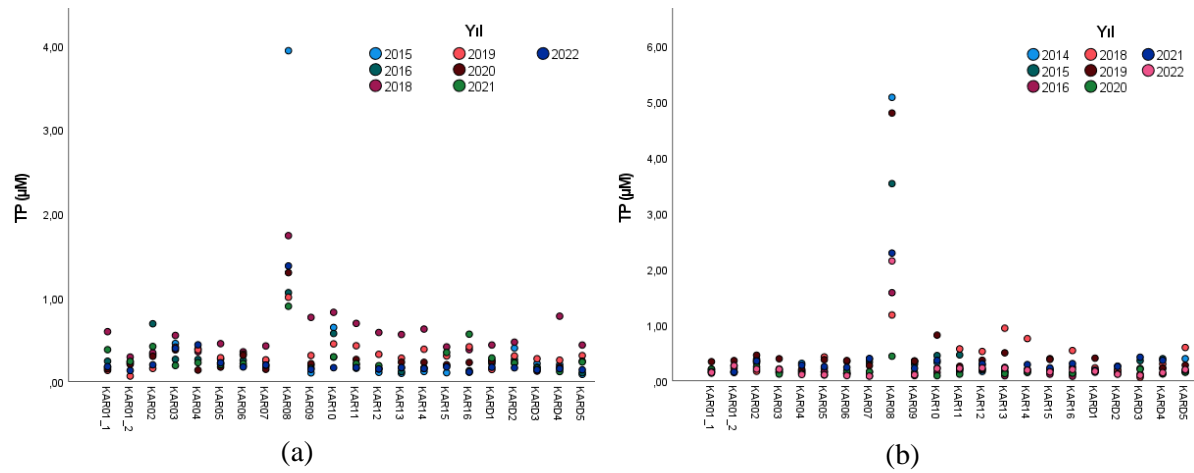
Silikat konsantrasyonları diğer besin elementleri gibi, Karadeniz kıyıları ve yıllar boyunca belirli bir ortalama değerde bulunmamış ve salınım göstermiştir. Ancak en yüksek silikat değerleri, karasal girdilerin daha baskın olduğu alanlarda ve genellikle Sakarya, Filyos, Yeşilırmak gibi nehirlerin etkisinde olan kıyısız alanlarda görülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.8. 2014-2022 dönemlerinde NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>-N (NO<sub>x</sub>) SYB ve DDB yüzey suyu ortalama konsantrasyonları (0-10 m) kış dönemi (a), yaz dönemi (b)



Şekil 3.9. 2014-2022 dönemlerinde silikatin SYB ve DDB yüzey suyu ortalama konsantrasyonları (0-10 m) kış dönemi (a), yaz dönemi (b)

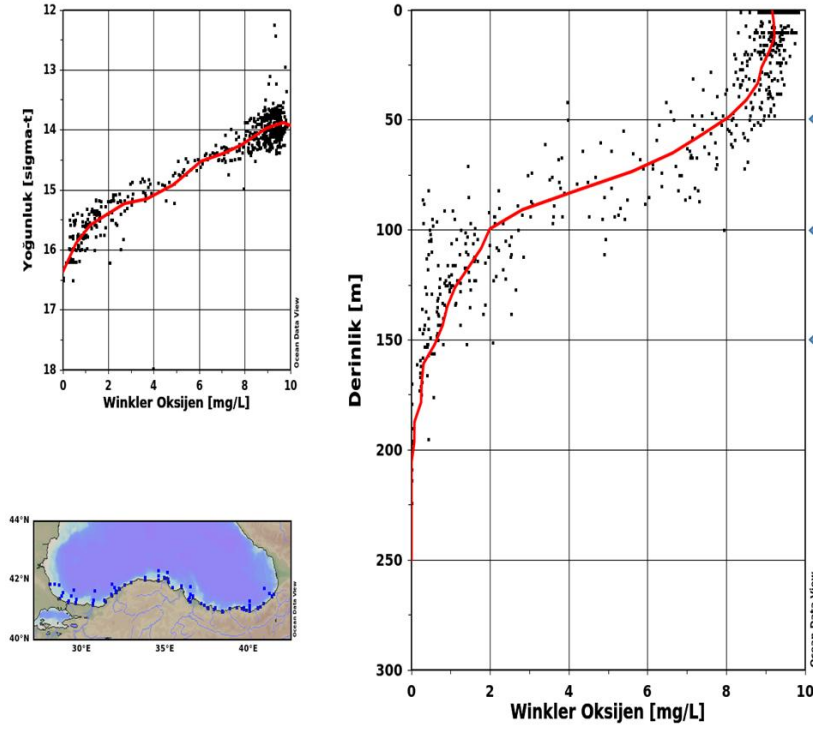


Şekil 3.10. 2014-2022 dönemlerinde Toplam Fosforun SYB ve DDB yüzey suyu ortalama konsantrasyonları (0-10 m) kış dönemi (a), yaz dönemi (b)

### 3.2.2 Çözünmüş Oksijen

Karadeniz 2022 kış ve yaz dönemlerine ait istasyonların çözünmüş oksijen (ÇO) profillerinin tüm istasyonların bir arada olduğu grafikler Şekil 3.11’de verilmiştir. Yüzeiden yaklaşık 70 m derinliğe kadar oldukça değişken olan ÇO (5-10 mg/L) bu tabakadan (oksiklin) (<14.5 sigma-t) sonra

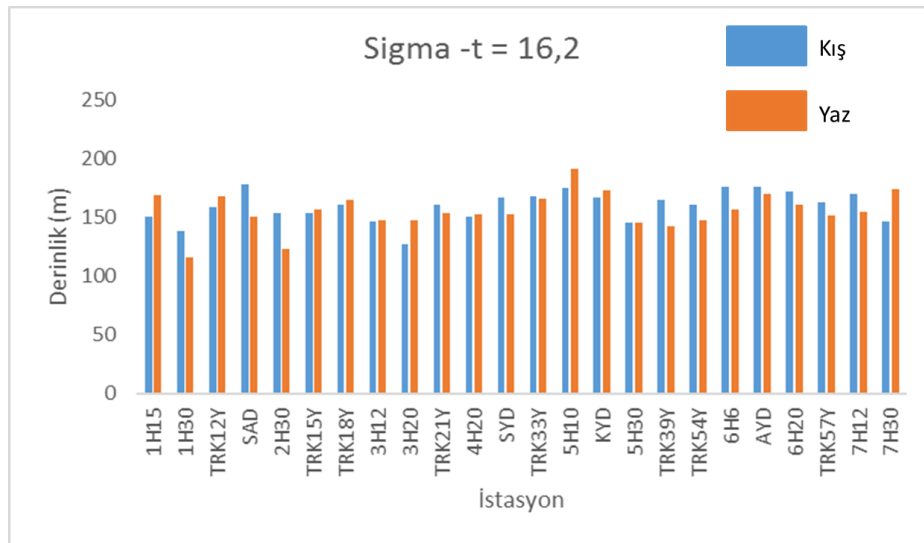
azalmaya başlamıştır. 14.5-15.5 sigma-t (yoğunluk) değerlerinde (Oksiklin-Nitriklin) tükenmeye başlayan ÇO, 16.2 sigma-t’de (> ≈130m) tamamen tükenmiştir. Bu değerler Karadeniz’in genel oksijen özelliklerini yansıtmaktadır (Oğuz, 2007).



Şekil 3.11. Karadeniz 2022 yılı örneklemesi tüm istasyonların çözünmüş oksijen profilleri

Karadeniz, karakteristik olarak kesin bir oksijen sınır tabakasına sahiptir. Yüzeiden derinlere inildikçe su yoğunluğu (sigma-teta) artar, oksijen seviyesi hızla azalır ve sigma-t 16,2 değerine ulaşıldığında oksijen minimum seviyeye gelir, hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) içeren anoksik sular başlar. Özellikle karasal girdiler ve mevsimsel değişimler nedeniyle bu sınır bazı bölgelerde daha sık

veya daha derin olabilir. Sigma-teta 16,2 genellikle 100-150 metre arasındaki derinliklerde bulunur. 2022 yılında mevsimsel çözünmüş oksijen sigma-t 16,2 değerleri değişimi Şekil 3.12'de verilmiştir. Batı şelfinde doğu şelfine göre oksijensiz tabakası sınırı kalınlığının azaldığı tespit edilmiştir. Söz konusu sınırın yıllar içerisinde takip edilmesi önemlidir.



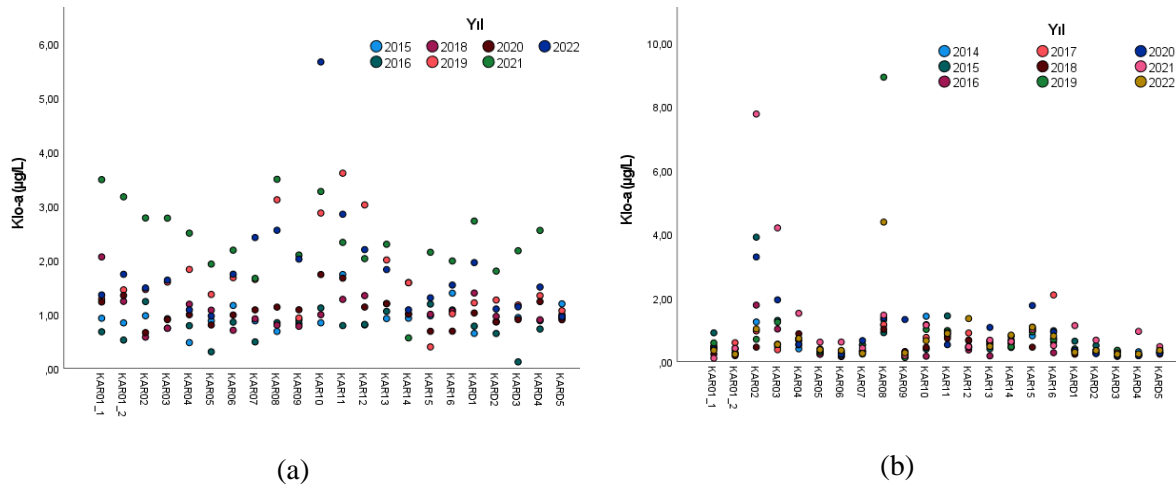
Şekil 3.12. 2022 yılında derin istasyonlarda kış ve yaz dönemlerinde Sigma-t 16,2 derinlikleri

### 3.2.3 Klorofil-a

Karadeniz SYB'lerinin 2014-2022 yılları arası yüzey tabaka (0-10m ortalama) klorofil-a konsantrasyonlarının karşılaştırma grafikleri Şekil 3.13'de yer almaktadır. 2020 yılı yüzey suyunda, kış döneminde 0,2-2,3 µg/L ve yaz döneminde 0,11-4,9 µg/L arasında iken 2021 yılında yüzeydeki maksimum konsantrasyonlar artmış; kış döneminde 0,13-4,63 µg/L ve yaz döneminde 0,05-11,59 µg/L arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. 2022 yılında ise kışın 0,32- 7,59 µg/L ve yaz döneminde 0,16- 7,24 µg/L arasında değişim göstermektedir. Görece yüksek değerler kış döneminde, İstanbul ve Samsun kıyılarında, Yeşilirmak Nehri, Fatsa ve Filyos Nehri etkisindeki istasyonlarda görülürken; yaz döneminde Sakarya Nehri

etkisindeki, Karadeniz Ereğlisi kıyılarındaki ve Samsun deşarj kontrolü olan istasyonlarda tespit edilmiştir (Şekil 3.13).

Açık istasyonların çoğunda geçmiş dönemlerde klorofil-a konsantrasyonları <1 µg/L seviyelerinde bulunurken, özellikle 2021 ve 2022 yılı kış döneminde yüksek seviyeler tespit edilmiştir (Şekil 3.13). 2014-2022 SYB ve DDB'lerin yüzey tabaka klorofil-a konsantrasyonları karşılaştırıldığında, kış konsantrasyonlarının genellikle yaz konsantrasyonlarından yüksek olduğu ve DDB'lerdeki konsantrasyonların genellikle SYB'lerdeki konsantrasyonlardan düşük olduğu görülmektedir.

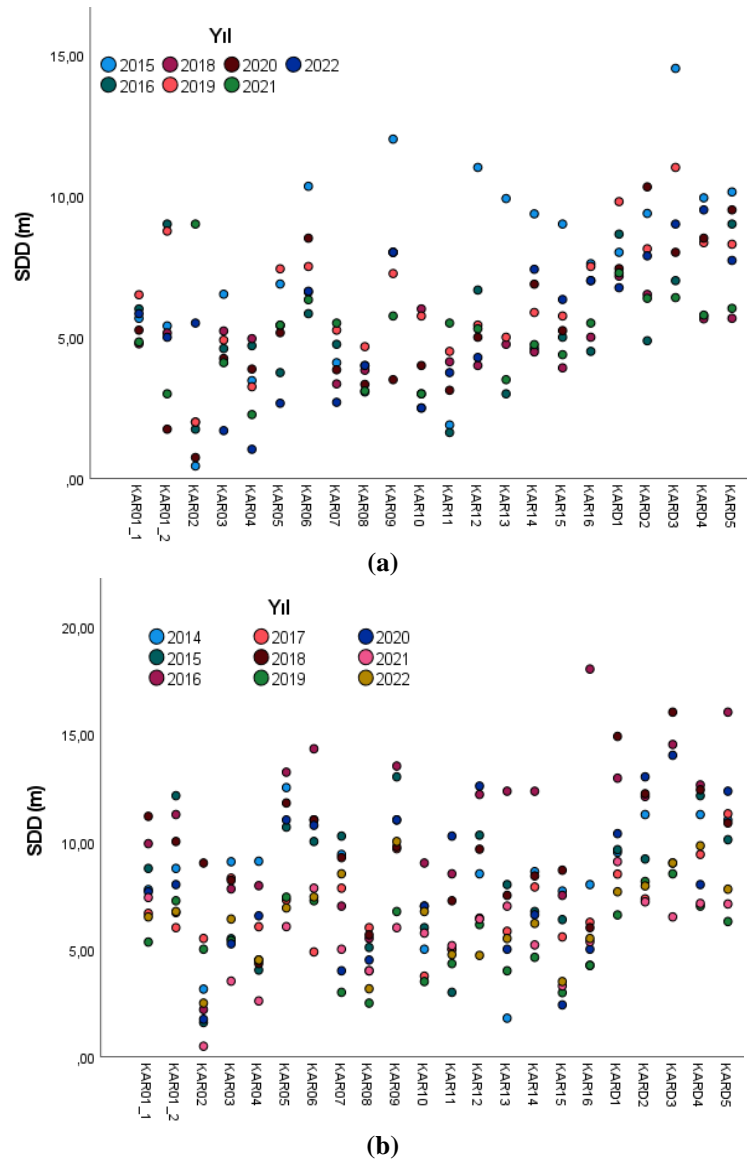


Şekil 3.13. Karadeniz SYB ve DDB'lerinin 2014-2022 yılları yüzey tabaka (0-10m ortalama) klorofil-a konsantrasyonlarının karşılaştırılması kış dönemi (a), yaz dönemi (b)

### 3.2.4 Işık Geçirgenliği (Seki Disk Derinliği)

Seki disk derinliği (SDD) 2014-2022 yılları arasında kış döneminde 0,5 – 13,0 m arası, yaz döneminde ise yaklaşık 1,6 – 18,0 m aralığında değişmiştir. DDB’lerde kış dönemlerinde 5,3 – 14,5 m ile yaz döneminde 6,3 – 16,0 m olarak belirlenmiştir (Şekil 3.14). En düşük seki diski değerleri, kışın yağışlı dönem sonrası örneklenen Ereğli (TRKE1, TRKE2, TRKE3), Zonguldak (TRK13), Bartın

(TRK21Y, TRK21), Filyos nehri etkisi ve Bartın çayı etkisindeki istasyonlarda (TRK13A, TRK17), yazın ise Ordu’da (TRK43) gözlenmiştir. SDD’nin 3-5 m aralığında olduğu istasyonların genellikle çay-nehir ağızları ve kıyıya yakın istasyonlar olduğu görülmektedir. Açık denizlerde ışık geçirgenliği artmış olup, tüm DDB ortalamalarında >5 m olarak hesaplanmıştır



Şekil 3.14. Karadeniz SYB ve DDB’lerinin 2014-2022 yılları Seki Disk Derinliği değişimleri kış dönemi (a), yaz dönemi (b)

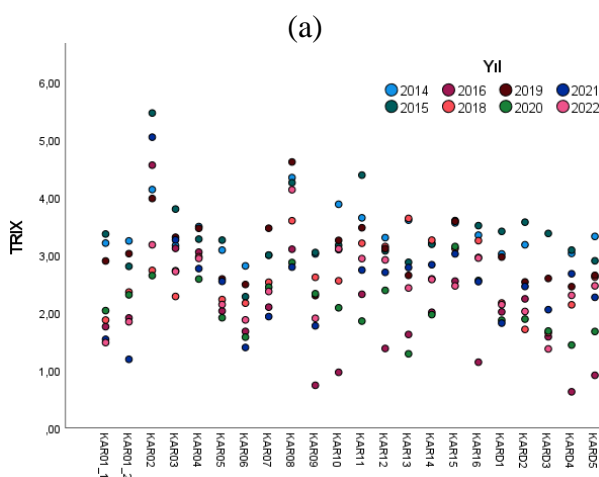
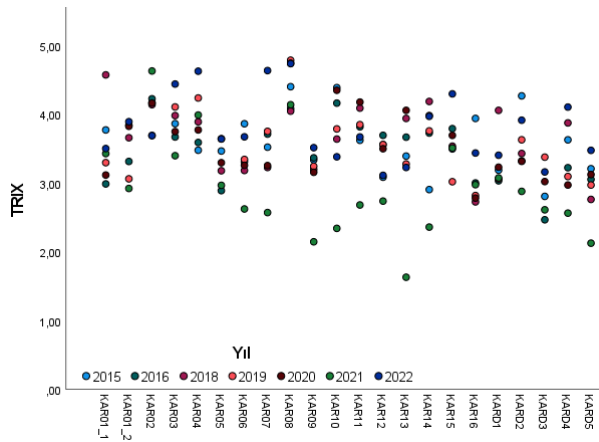
### 3.2.5 TRIX

Trofik durum göstergesi, (besin tuzları, klorofil ve oksijen doygunluk yüzdesi ile hesaplanan) TRIX indeksi değerleri, her yıl kış ve yaz mevsimleri olarak değerlendirilmiştir.

Yaz döneminde besin elementlerinin birincil üretim ile tükenmesi ve klorofil-a konsantrasyonlarının (büyüme dönemi kış/ilkbahar olduğu için) düşük olması sebebiyle TRIX değerleri kış dönemine göre düşük çıkmıştır. Sadece 2015 ve 2021 yıllarında Sakarya Nehri etkisindeki KAR02 nolu SYB’de >5 üzerinde TRIX değeri elde edilmiştir. Kış döneminde ise Doğu Karadeniz’de yağışlar ile besin elementi taşımının, Batı Karadeniz ‘de ise sıklık alandaki dikey karışımlar ile yine

yağışlara bağlı artışların sebep olduğu besin zenginleşmesine ve klorofil-a artışına bağlı olarak TRIX değerleri artış göstermektedir (Şekil 3.15).

Özellikle 2020-2022 yaz dönemi SYB TRIX ortalama değerleri incelendiğinde Karadeniz kıyı ve açık deniz yüzey sularında TRIX değerleri genellikle <4 (ötrofikasyon riski yok) olarak hesaplanmıştır. Ancak Samsun kıyı (KAR08), Sakarya Nehri etkisi altındaki KAR02 ve Ünye-Fatsa (KAR11) alanındaki SYB’lerde zayıf olarak değerlendirilmektedir.



TRIX Değeri	Trofik durum
<4	Ötrofikasyon riski yok
4-6	Ötrofikasyon riski var
>6	Ötrofikasyon riski yüksek

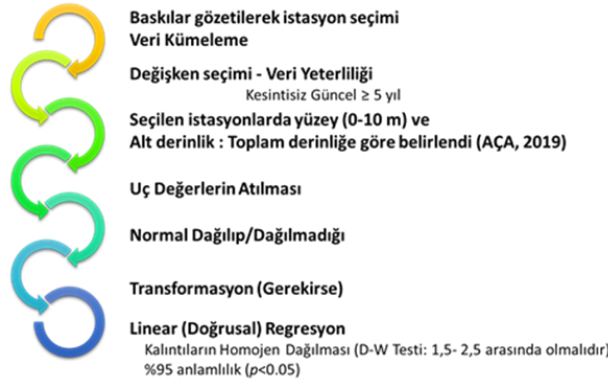
Şekil 3.15. 2014-2022 örnekleme dönemlerindeki yüzey suyu TRIX değerlerinin SYB ve DDB ortalama değerleri kış dönemi (a), yaz dönemi (b)

### 3.2.6 Ötrofikasyon Parametrelerinde Yönelim Analizi

Yönelim analizleri ve veri kümelendirmesi HELCOM ve OSPAR (HELCOM, 2014; OSPAR, 2013) kılavuzları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Yönelim çalışmalarında veri kümelemesi, baskıların göz önünde bulundurulması ve kesintisiz güncel veri olması analiz için güvenilirliği açısından önemlidir. Çalışmada, veriler deniz değerlendirme birimlerine (DDB) göre gruplandırılmış ve yüzey karışım tabakasını temsilen 0-10 m derinliği alınmıştır. Bunun için istasyonlardaki verilerin 0-10m ortalaması alınmış, daha sonra DDB bazlı mevsimlik ve yıllık ortalama değerler hesaplanmıştır. Bununla birlikte, nehir girdilerinin ölçülen

parametreleri etkileyebileceği düşünülerek bunların yönelim analizini etkilememesi için DDB’lerde tuzluluk değerleri 17 ppt’nin üstünde kalan değerler dikkate alınmıştır. 2014-2022 arası ölçülen ötrofikasyon parametrelerinde (orto-fosfat; PO<sub>4</sub>, Nitrit+Nitrat azotu; NO<sub>x</sub>, Silikat; Si Klorofil-a; Klo-a ve dip çözülmüş oksijen) tüm veri (tüm mevsimler birlikte), sadece kış dönemleri ve sadece yaz dönemleri olmak üzere 3 kategoride gerçekleştirilmiştir. Yönelim analizinde izlenen yöntem Şekil 3.16’da özetlenmiştir.



Şekil 3.16. Yönelim analiz yöntemi

Çalışma sonucunda;

Batı Karadeniz bölgesinde (KARD1), 2014-2022 yılları arasında tüm veri incelendiğinde klorofil-a konsantrasyonunda istatistiki olarak anlamlı ( $p<0.05$ ) bir artış eğilimi saptanmıştır. 1990’lı yıllardan itibaren Tuna havzasındaki alınan önlemler etkili olmuş olsa da son dönemde Karadenizde yaşanan gelişmeler kara kökenli kirleticiler üzerindeki denetimlerde yaşanan zorluklar girdileri arttırmış olabilir.

Batı Karadeniz bölgesinde tüm veriye bakıldığında besin tuzlarında anlamlı bir yönelim gözükmemektedir. Ancak, Si kısmı, orto-fosfat ise yaz döneminde azalma eğilimi sergilemektedir. Kış döneminde tuzluluk değerlerinde de önemli bir artış olması yağış ve tatlı su girdilerindeki

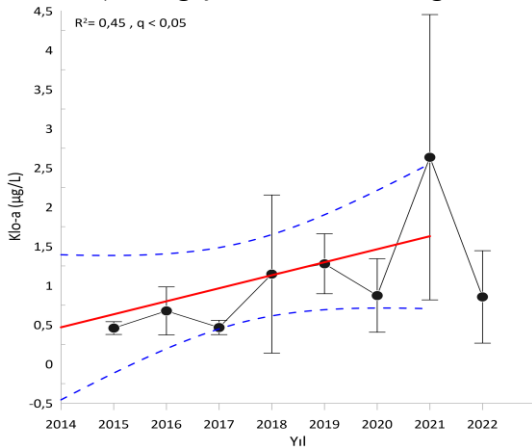
azalmayı işaret etmektedir. Si değerlerinin de buna bağlı azalma gösterdiği düşünülebilir. NO<sub>x</sub>’ta benzer bir yönelimin bulunmaması, azotun birincil üretim açısından tercih edilmesi ve hızla tüketilmesinden kaynaklanmaktadır. Bunun bir göstergesi olarak Klorofil-a’nın yüksek konsantrasyonlarda olmasıdır.

Orta-Batı Karadeniz bölgesinde (KARD2), KARD1’ e benzer şekilde Seki Disk Derinliklerinde (SDD) 2014-2022 kış döneminde hızlı bir azalma eğilimi vardır. Bu azalış, yaz döneminde aynı oranda belirgin değildir. Diğer yandan SDD ortalamalarının standart sapma değerleri de oldukça yüksektir. Besin elementleri ile klorofil seviyelerinde anlamlı yönelimler artışlar şeklinde belirlenmiştir. Bu bölgede

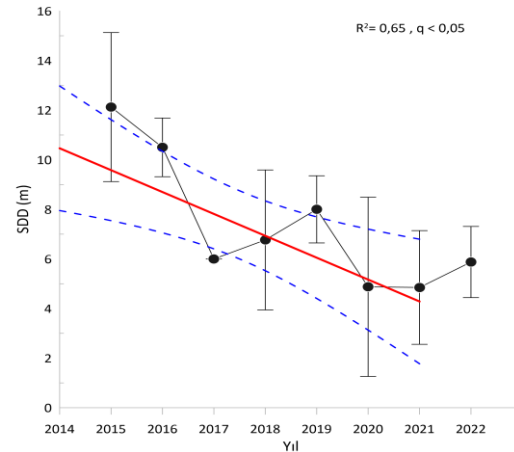
hem nehir, hem de sanayi ve evsel kaynaklı girdiler klorofil-a artış hızını etkilemekle beraber, görünürlüğünde (transparency) düşüşüne sebep olmaktadır.

Sinop bölgesinde (KARD3), besin tuzlarından fosfat konsantrasyonunda 2014-2022 yılları arasında istatistiksel olarak güçlü ( $p>0.05$ ) bir eğilim tespit edilememesine rağmen seviyelerin azalma eğiliminde olduğu düşünülmektedir. Kış döneminde Si seviyelerinde azalma ve klorofil seviyelerindeki artış eğilimi dikkat çekmektedir. Özellikle son dönemlerde balık çiftlikleri kurulan bölgede yer alan KAR07 su yönetim biriminde NOx ve klorofil-a konsantrasyonundaki artışı, ötrofikasyon gibi sorunların yaşanmasına sebep olabilir.

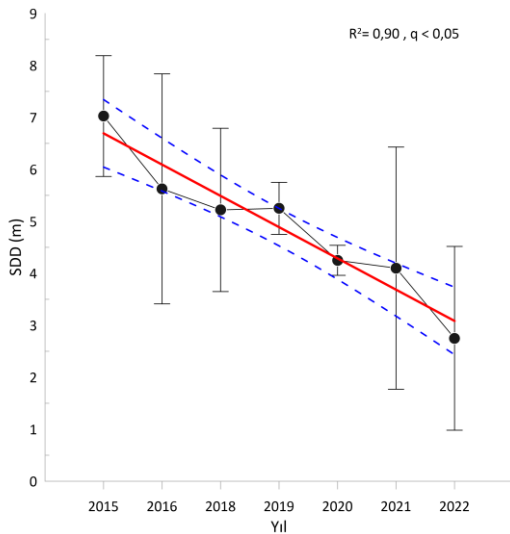
Yeşilirmak/Kızılırmak etki alanında (KARD4), değişkenlerin herhangi birisi



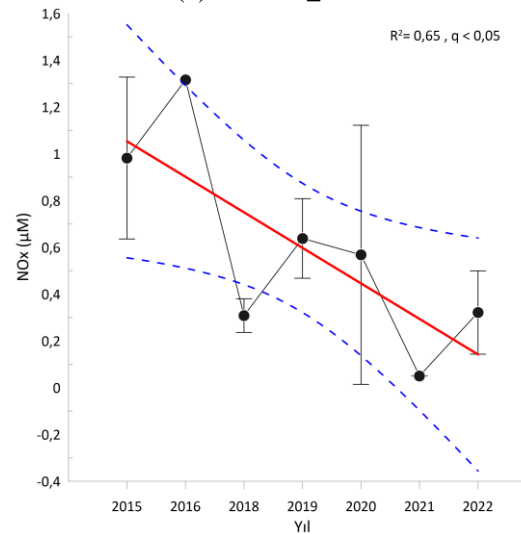
(a) KAR01\_1 – Tüm Veri



(b) KAR01\_2 – Tüm Veri



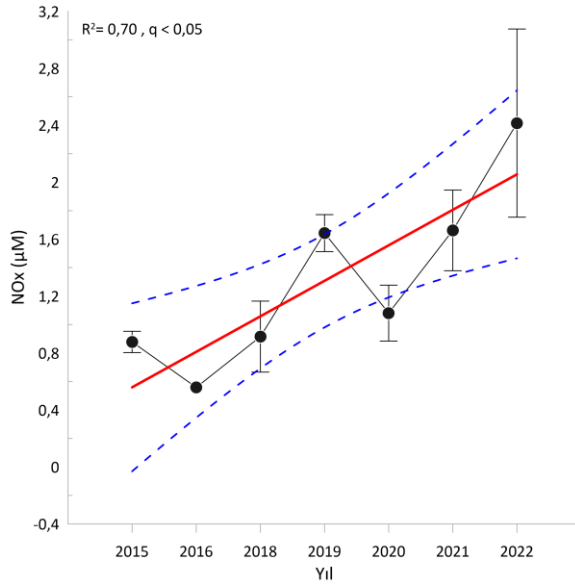
(c) KAR03 – Kış Dönemi



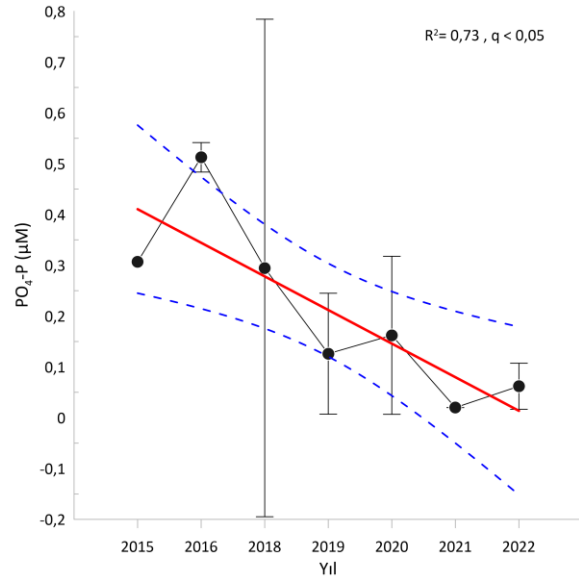
(d) KAR07 – Kış Dönemi

için yönelim tespit edilmemiştir. Bunun nedeni iki nehir havzasının büyüklükleri, baskıların çeşitliliği ve gösterdiği etkilerin değişken olmasıdır. Ancak, bu bölgenin açık sularını içerisine alan KAR09'daki klorofil seviyelerindeki artış bölgenin kirlilik seviyelerinin dikkat çekici noktaya geldiğinin göstergesidir.

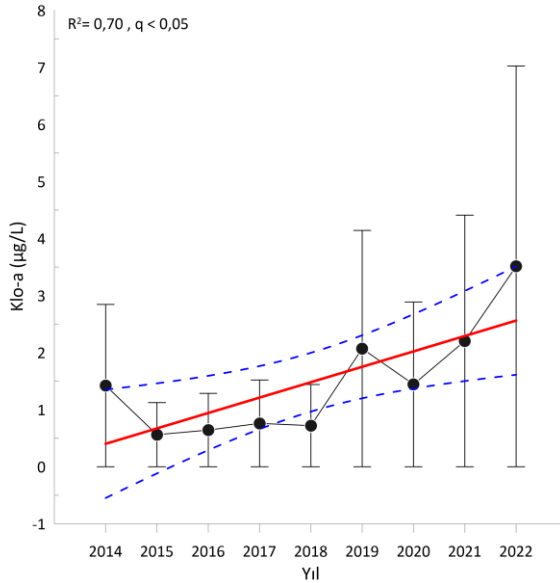
Doğu Karadeniz bölgesinde (KARD5) besin tuzlarından nitrit+nitrat azotu ve silikat konsantrasyonları için 2014-2022 yılları arasında istatistiksel güçlü ( $p>0.05$ ) bir eğilim tespit edilememiştir. Ancak PO<sub>4</sub>-P seviyelerinde anlamlı bir azalma izlenmektedir. Seki derinlikleri de benzer azalış eğilimindedir. Klorofil-a seviyelerinde belirgin bir değişim gözlenmezken, yaz aylarında kısmi bir azalma izlenmektedir.



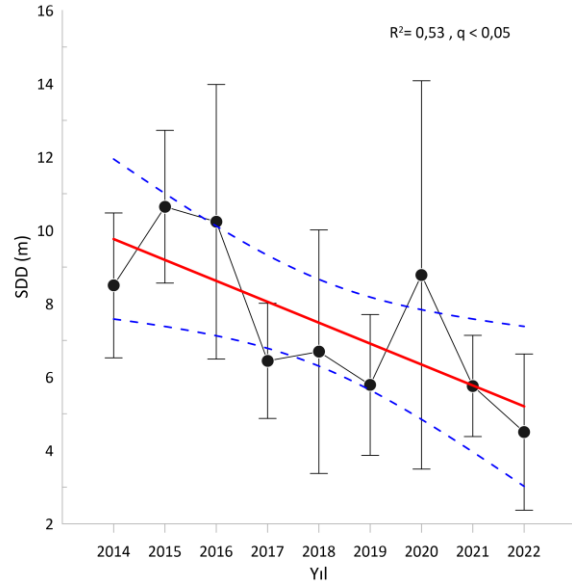
(e) KAR07 – Kış Dönemi



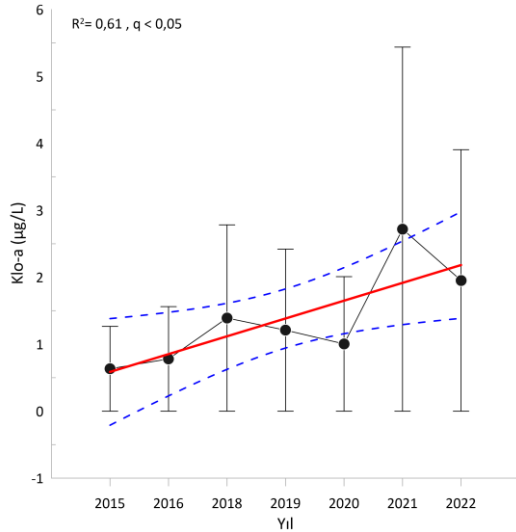
(f) KAR10 – Kış Dönemi



(g) KAR10 – Tüm Veri



(h) KAR12 – Tüm Veri



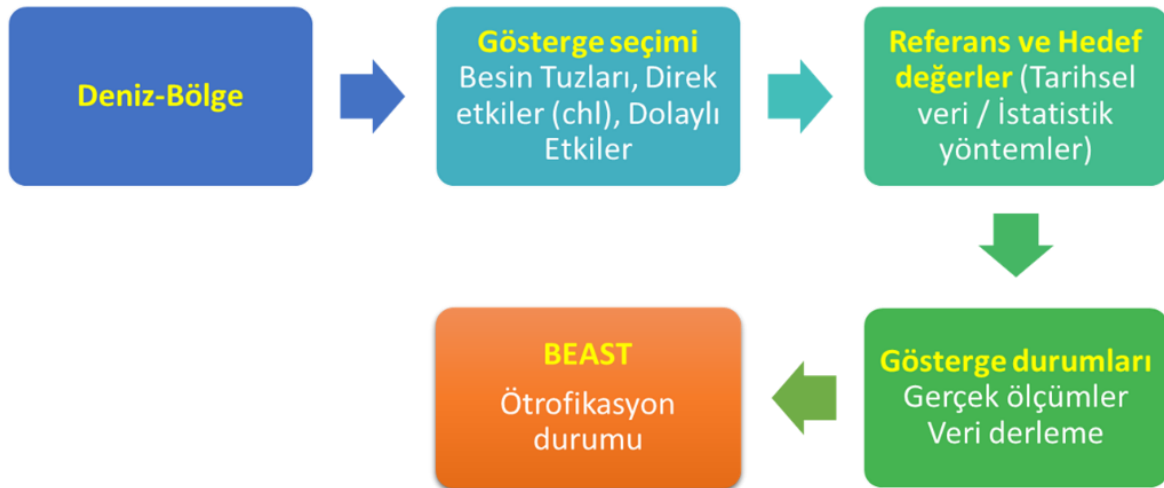
(I) KARD1 – Kış Dönemi

Şekil 3.17. 2014-2022 yılları arasında yüzey suyu parametrelerin yıllara göre değişimi (hata barları yıllık ort+std.sapma değerlerini gösterir)

### 3.2.7 BEAST

BEAST değerlendirmesinde en önemli süreç gösterge seçimi ve referans/hedef değerlerin belirlenmesidir<sup>4</sup>. One out all out (tedbirlik ilkesi) prensibine dayalı ötrofikasyon değerlendirme yaklaşımının temeli veri birleştirmesidir (Fleming-Lehtinen ve diğ., 2015). BEAST ötrofikasyon değerlendirme süreci Şekil 3.18’de özetlenmiştir. Karadeniz ötrofikasyon değerlendirme kapsamında her SYB’deki istasyonların 0-10 m arasındaki verilerin ortalaması alınarak, SYB’lerin yüzey sularını temsil ettiği varsayımı yapılmıştır. BEAST Su Çerçeve Direktifi’nin belirlediği “one-out all-out” prensibini kullandığından dolayı her SYB’de en kötü indikatörü seçerek sonuç ötrofikasyon durumu belirlemektedir. Gösterge seçimi besin tuzları (C1), direkt etkiler (C2) ve dolaylı etkiler olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır (Şekil 3.18 ve

Tablo 3.3). Çalışma kapsamında, besin tuzları olarak TP, PO<sub>4</sub>-P, NO<sub>x</sub> ve Si değişkenleri kullanılmıştır. Direkt etkiler için klorofil-a, Secchi Disk ve Makroalg kalite göstergesi olan EEI indeksi kullanılırken, dolaylı etkilerin değerlendirilmesinde dip sulardaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu ve Makrozoobentos kalite göstergesi olan TUBI indeksi değerlendirilmiştir. Söz konusu çalışmada 2014-2021 verileri referans çalışmasında değerlendirilmiş ve BEAST değerlendirmesi 2021 yılı izleme verileri ile gerçekleştirilmiştir. SYB ölçekli yapılan değerlendirmelerde, öncelikle kış dönemi besin maddeleri ve büyüme dönemi (klorofil-a) için seçilmiş, yaz dönemi için de diğer etki göstergeleri (SDD, EEI, ÇO ve TUBI) değerlendirmeye katılmıştır. BEAST değerlendirme aracına göre, 2021 yılında Karadeniz kıyı su kütlelerinin ötrofikasyon açısından zayıf ve kötü olarak değerlendirilmiştir



Şekil 3.18. BEAST ötrofikasyon değerlendirme süreci

<sup>4</sup> Referans/hedef değerler, 2014-2021 yılları arasında SYB’lerin yüzey sularında (0-10m) toplanmış toplam fosfor (TP), Nitrit+Nitrat azotu (NO<sub>x</sub>), seki disk derinliği (SDD) ve Klorofil-a (Chl-a) değerleri dikkate alınarak uygulanmıştır. Bu çalışmada karasal girdilerin etkilerini en aza indirebilmek için tuzluluk değerleri >%17 olan veriler kullanılmıştır. Veri analizinde uç değerler

“yüzdebirlik (%1-99)” yöntemle filtrelenmiştir. %1 ve % 99 ‘luk dilimlerde olan uç değerler veri gruplarından çıkarılmış ve analizlere dahil edilmeyerek, veri grupları %5, %10, %25, %50, %75, %90 ve %95 ‘lik dilimlere ayrılarak incelenmiştir. Besin tuzları ve klorofil-a referansı belirlenirken kış verileri dikkate alınıp verilerin 25 yüzdebirlik değeri referans olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.3.** Karadeniz 2021 yılı SYB ölçekli BEAST Değerlendirmesi  
(C1: Kış besin elementleri, Kış C2: Klo-a, Yaz C2: SDD, EEI ve Yaz C3: ÇO, TUBİ)

SYB	C1	C2	C3	Ozet
KAR1_1	ORTA	KÖTÜ	İYİ	KÖTÜ
KAR1_2	ORTA	ZAYIF	İYİ	ZAYIF
KAR02	KÖTÜ	KÖTÜ	ORTA	KÖTÜ
KAR03	ORTA	KÖTÜ	ORTA	KÖTÜ
KAR04	ZAYIF	KÖTÜ	ORTA	KÖTÜ
KAR05	İYİ	ZAYIF	İYİ	ZAYIF
KAR06	KÖTÜ	ORTA	İYİ	BAD
KAR07	ORTA	ZAYIF	ORTA	ZAYIF
KAR08	KÖTÜ	KÖTÜ	İYİ	KÖTÜ
KAR09	KÖTÜ	ORTA	İYİ	KÖTÜ
KAR10	KÖTÜ	KÖTÜ	İYİ	KÖTÜ
KAR11	ORTA	ZAYIF	ÇOK İYİ	ZAYIF
KAR12	ORTA	ZAYIF	ORTA	ZAYIF
KAR13	ORTA	ZAYIF	ÇOK İYİ	ZAYIF
KAR14	ZAYIF	İYİ	ORTA	ZAYIF
KAR15	ORTA	ZAYIF	ORTA	ZAYIF
KAR16	KÖTÜ	ZAYIF	ORTA	KÖTÜ



**Tablo 3.4.** 2014-2022 yılları kıyısal bölge istasyonları fitoplankton örnekleme detayları.

KIYI		
Örnekleme Dönemi	İstasyon Sayısı	Numune Sayısı
14-Yaz	18	40
15-Kış	20	40
15-Yaz	20	40
16-Kış	20	43
16-Yaz	20	41
17-Yaz	20	50
18-Kış	23	54
18-Yaz	23	55
19-Kış	24	58
19-Yaz	24	59
20-Kış	22	50
20-Yaz	22	51
21-Kış	22	51
21-Yaz	22	61
22-Kış	22	54
22-Yaz	22	58
<b>TOPLAM</b>	<b>22</b>	<b>805</b>

**Tablo 3.5.** 2020-2022 yılları açık bölge istasyonları fitoplankton örnekleme detayları

AÇIK		
Örnekleme Dönemi	İstasyon Sayısı	Numune Sayısı
20-Kış	13	42
20-Yaz	13	45
21-Kış	13	48
21-Yaz	13	48
22-Kış	13	45
22-Yaz	13	45
<b>TOPLAM</b>	<b>13</b>	<b>273</b>

2014-2022 yıllarında kıyısal bölge istasyonlarında 102 cinse ait 227 tür (Tablo 3.6), 2020-2022 yıllarında açık bölge istasyonlarında 70 cinse ait 149 tür (Tablo 3.7) tespit edilmiştir. Kıyısal bölge ve açık

bölge birlikte değerlendirildiğinde 2014-2022 yıllarında irdelendiğinde Karadeniz'in Türkiye kıyılarında toplam 237 fitoplankton türü tespit edilmiştir.

**Tablo 3.6.** 2014-2022 yılları kıyusal bölge istasyonları fitoplankton taksonomik kompozisyonu

SINIF	CİNS	TÜR
Bacillariophyceae	24	35
Coccolithophyceae	10	16
Mediophyceae	16	46
Dinophyceae	32	108
Coccolithophyceae	1	1
Chlorophyceae	3	5
Cryptophyceae	2	2
Cyanophyceae	4	4
Dictyochophyceae	3	4
Euglenophyceae	2	2
Noctilucofhyceae	1	1
Zygnematophyceae	1	1
Bikosea	1	1
Thecofilosea	1	1
<b>TOPLAM</b>	<b>102</b>	<b>227</b>

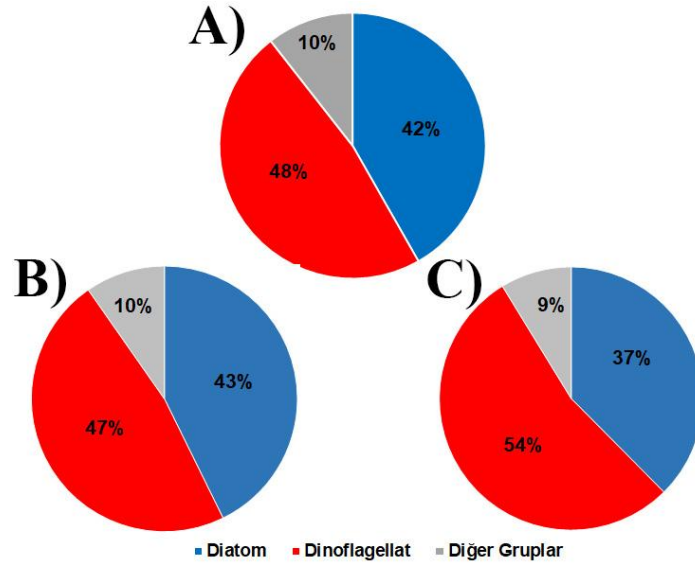
**Tablo 3.7.** 2020-2022 yılları kıyusal bölge istasyonları fitoplankton taksonomik kompozisyonu

SINIF	CİNS	TÜR
Bacillariophyceae	11	16
Coccolithophyceae	8	13
Mediophyceae	10	27
Dinophyceae	29	80
Coccolithophyceae	2	2
Cryptophyceae	2	2
Cyanophyceae	2	2
Dictyochophyceae	3	4
Euglenophyceae	1	1
Noctilucofhyceae	1	1
Thecofilosea	1	1
<b>TOPLAM</b>	<b>70</b>	<b>149</b>

### Tür Kompozisyonu

Tür sayısı oransal olarak irdelendiğinde, 2014-2022 yıllarında tüm bölgeler dikkate alındığında tespit edilen türlerin %48'inin dinoflagellat, 42'sinin diatom ve geri kalan %10'un ise diğer taksonomik gruplara ait türler olduğu tespit edilmiştir. Dinoflagellat grubu tür sayısı bakımından baskın grup

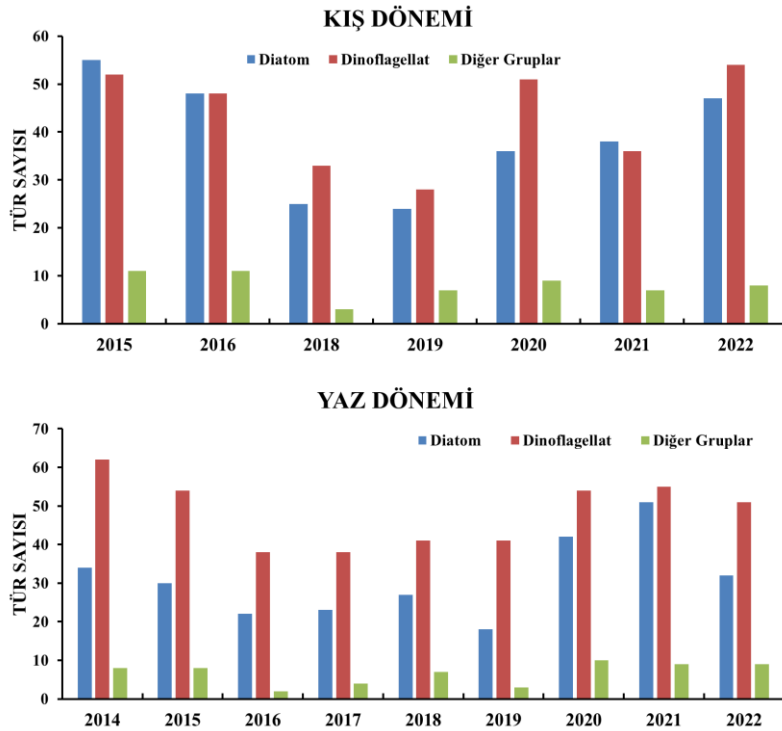
olarak tespit edilmiştir. Kıyusal bölge istasyonlarında tespit edilen türlerin %47'si ve açık bölge istasyonlarında tespit edilen türlerin %54'ü dinoflagellat grubu üyesi olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.20).



**Şekil 3.20.** 2014-2022 yılları fitoplankton gruplarının oransal dağılımı (A: Toplam, B: Kıyusal bölge istasyonları, C: Açık bölge istasyonları).

2014-2022 yıllarında kış döneminde kıyusal bölge istasyonlarında en yüksek tür sayısı 2015 yılında, en düşük tür sayısı ise 2019 yılında tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ise tespit edilen en yüksek tür sayısı 2021 yılında, en düşük tür sayısı ise 2016 ve 2019 yıllarında tespit edilmiştir. Kıyusal bölge

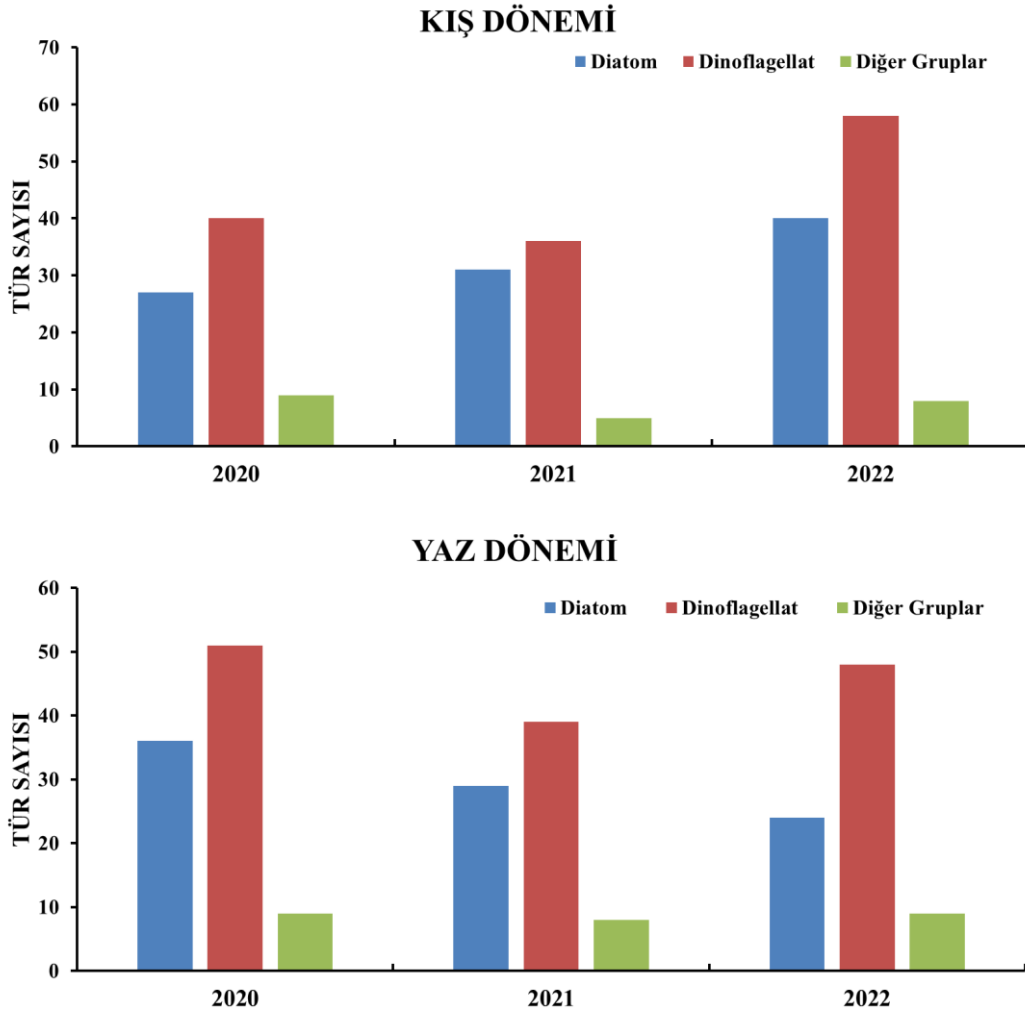
istasyonlarında tüm mevsimler irdelendiğinde 2014 yılından 2019 yılına kadar tüm tür gruplarında ve tür sayılarında bir düşüş trendi karşımıza çıkmıştır. Ancak bu durum 2020 yılından itibaren tersine dönmüş ve tür sayısı yeniden yükseliş trendine geçmiştir (Şekil 3.21).



**Şekil 3.21.** 2014-2022 dönemi kıyusal bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının tür sayısı karşılaştırması

2020-2022 yıllarında açık deniz istasyonlarında kış döneminde en yüksek tür sayısı 2022 yılında en düşük tür sayısı da 2021 yılında tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ise en yüksek tür sayısı 2020

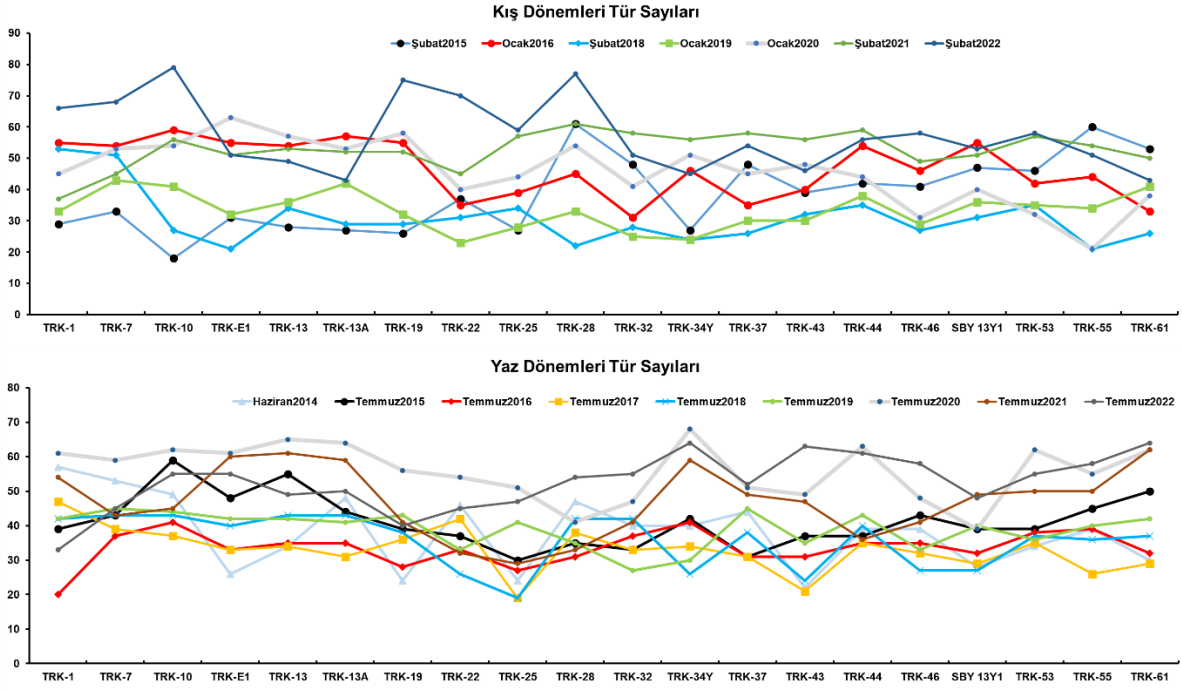
yılında tespit edilmiştir (Şekil 3.22). Açık bölge istasyonları için hem yıllar arasında hem de mevsimler arasında tür sayısı bakımından belirgin farklılıklar tespit edilmemiştir.



Şekil 3.22. 2020-2022 dönemi açık bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının tür sayısı karşılaştırması.

Kış döneminde kıyısal bölge istasyonlarında tespit edilen tür sayıları irdelendiğinde 2014-2022 yıllarında tespit edilen ortalama tür sayısı en yüksek TRK7 nolu istasyonda (Şile) (50 tür), en düşük tür sayısı ise TRK34Y (Samsun) nolu

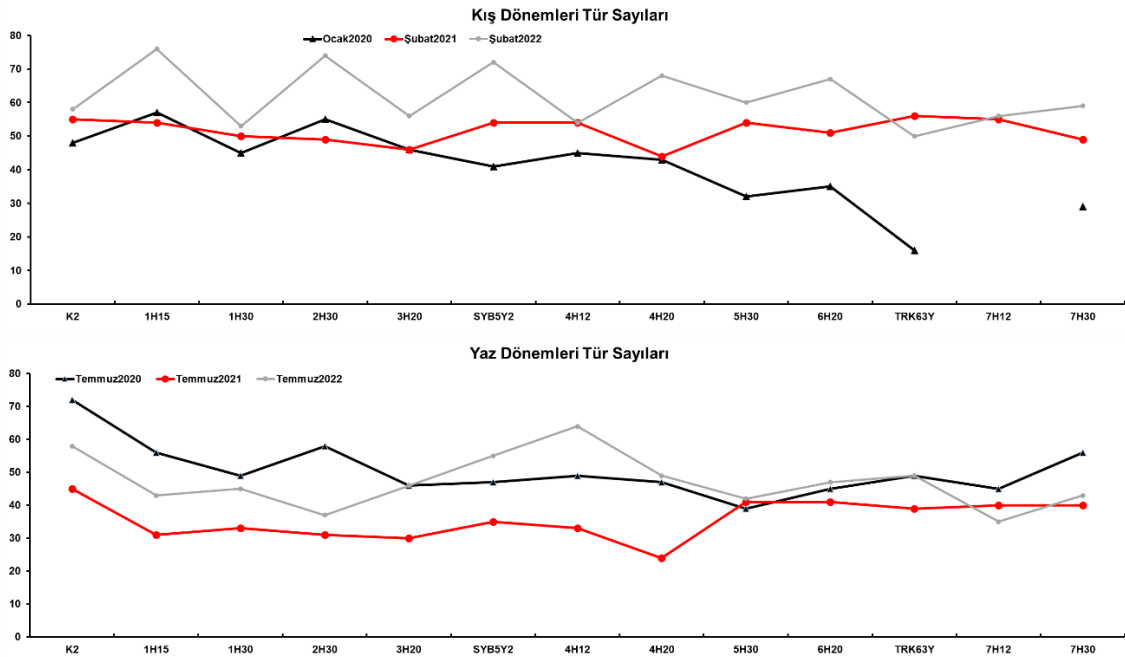
istasyonda (39 tür) hesaplanmıştır. Yaz döneminde ise 2014-2022 yıllarında ortalama tür sayısı en yüksek TRK10 nolu istasyonda (Sakarya Nehri) (48 tür), en düşük tür sayısı ise TRK25 nolu istasyonda (32 tür) (Sinop) hesaplanmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Yıllara göre kıyısal bölge istasyonlarındaki tür sayısı değişimleri

Kış döneminde açık bölge istasyonlarında tespit edilen tür sayıları irdelendiğinde 2020-2022 yıllarında tespit edilen ortalama tür sayısı en yüksek 1H15 (Boğaz çıkışı açıkları) nolu istasyonda (62 tür), en düşük tür sayısı ise TRK63Y (Hopa) nolu istasyonda (41 tür) hesaplanmıştır. Yaz

döneminde ise 2022-2022 yıllarında ortalama tür sayısı en yüksek K2 (Boğaz çıkışı) nolu istasyonda (58 tür), en düşük tür sayısı ise 4H20 (Sinop açıkları) ve 7H12 (Hopa açıkları) nolu istasyonlarda (40 tür) hesaplanmıştır (Şekil 3.24).

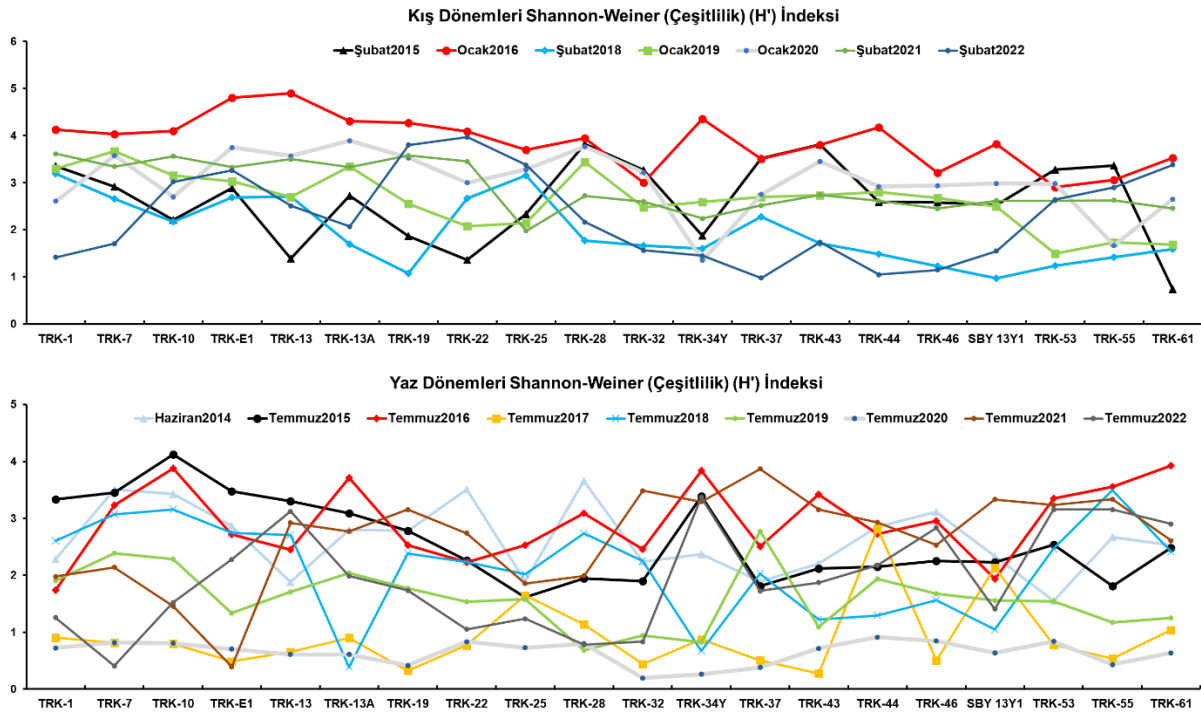


Şekil 3.24. Yıllara göre açık bölge istasyonlarındaki tür sayısı değişimleri

## Tür Çeşitliliği

Kıyusal bölge istasyonlarında tür çeşitliliğinin belirlendiği Shannon-Weiner (Çeşitlilik) ( $H'$ ) İndeksi değerleri irdelendiğinde; istasyonlarda tespit edilen en yüksek çeşitlilik oranı Ocak 2016 örnekleme döneminde (3,88) tespit edilen en düşük oran ise Temmuz 2017 döneminde (0,92) kaydedilmiştir. Kıyusal bölge istasyonlarında özellikle yaz dönemlerinde

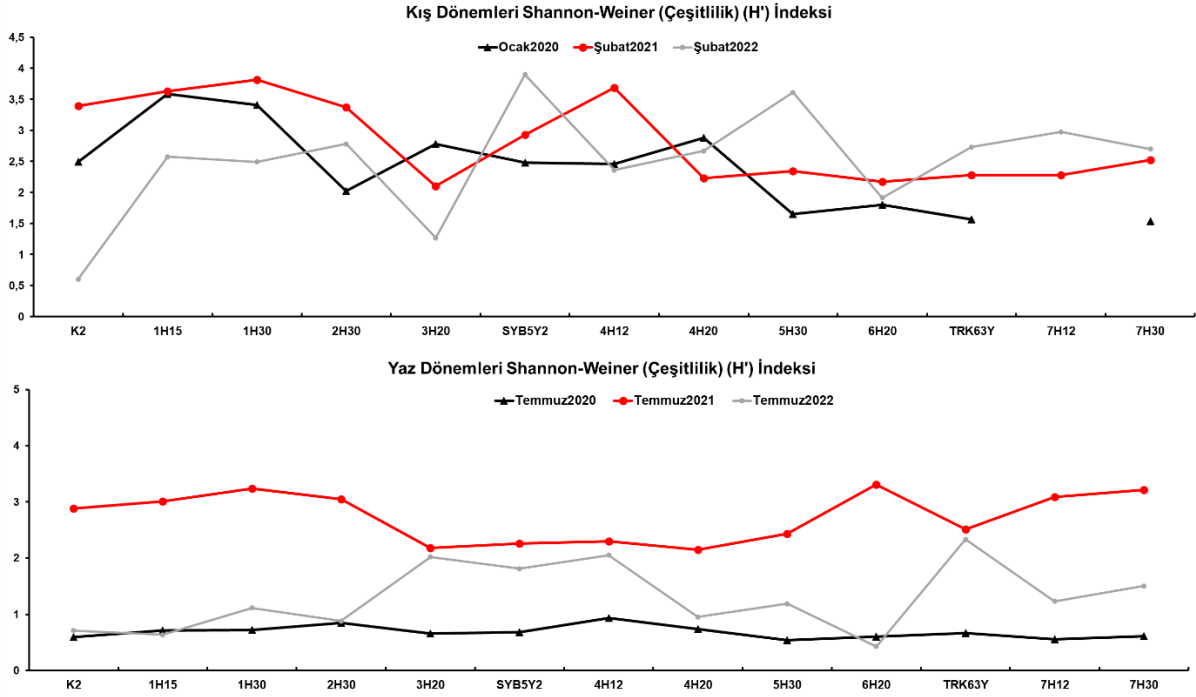
çok düşük çeşitlilik indeks değerleri hesaplanmaktadır. Bu durum özellikle bir ya da birkaç türün birey sayısı olarak toplam bolluğun büyük bir kısmını baskılamasından kaynaklanmaktadır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Kıyusal bölge istasyonlarının yıllara göre Shannon-Weiner (Çeşitlilik) ( $H'$ ) indeks değerleri

Açık bölge istasyonlarında Shannon-Weiner (Çeşitlilik) ( $H'$ ) İndeksi değerleri irdelendiğinde istasyonlarda tespit edilen en yüksek çeşitlilik oranı Şubat 2021

örnekleme döneminde (2,83) tespit edilen en düşük oran ise Temmuz 2020 döneminde (0,68) kaydedilmiştir (Şekil 3.26).

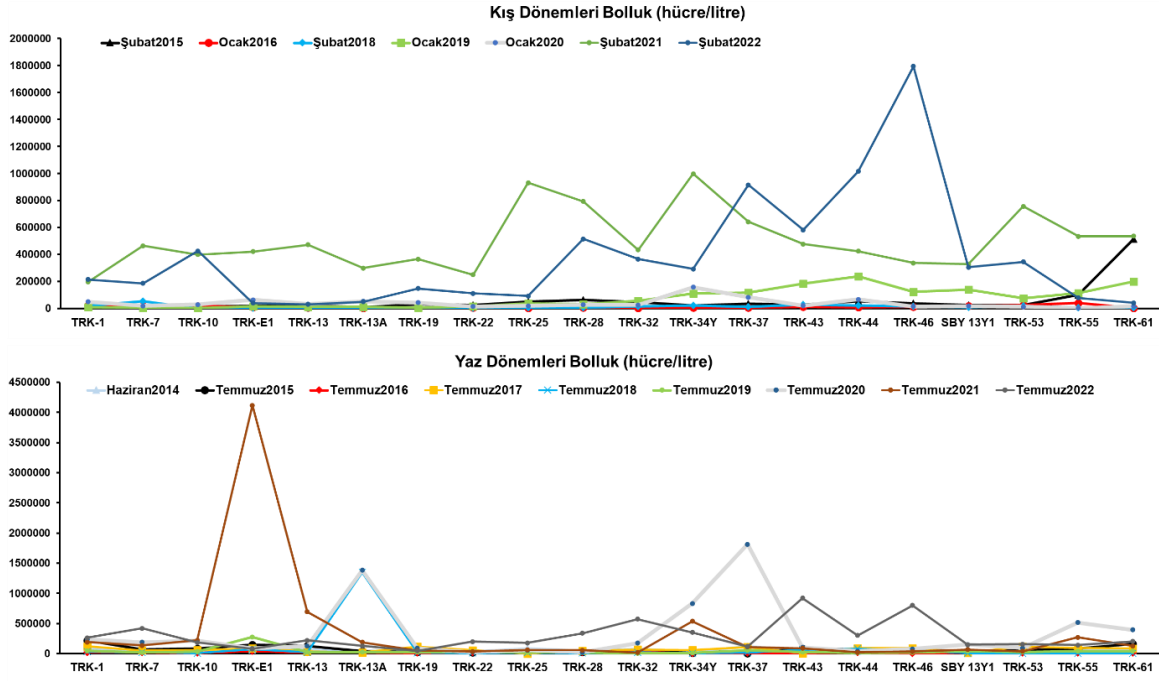


Şekil 3.26. Açık bölge istasyonlarının yıllara göre Shannon-Weiner (Çeşitlilik) (H') indeks değerleri

### Bolluk ve Biyokütle

2014-2022 yıllarında kış döneminde kıyısız bölge istasyonlarında elde edilen en yüksek bolluk değerleri Şubat 2021 döneminde, en düşük bolluk değerleri de Ocak 2016 döneminde hesaplanmıştır. Yaz döneminde kıyısız bölge istasyonlarında tespit edilen en yüksek bolluk değerleri Temmuz 2021 döneminde ve en düşük bolluk değerleri Temmuz 2016 döneminde hesaplanmıştır. Burada en dikkat çekici husus son izleme programı döneminde (2020-2022) elde

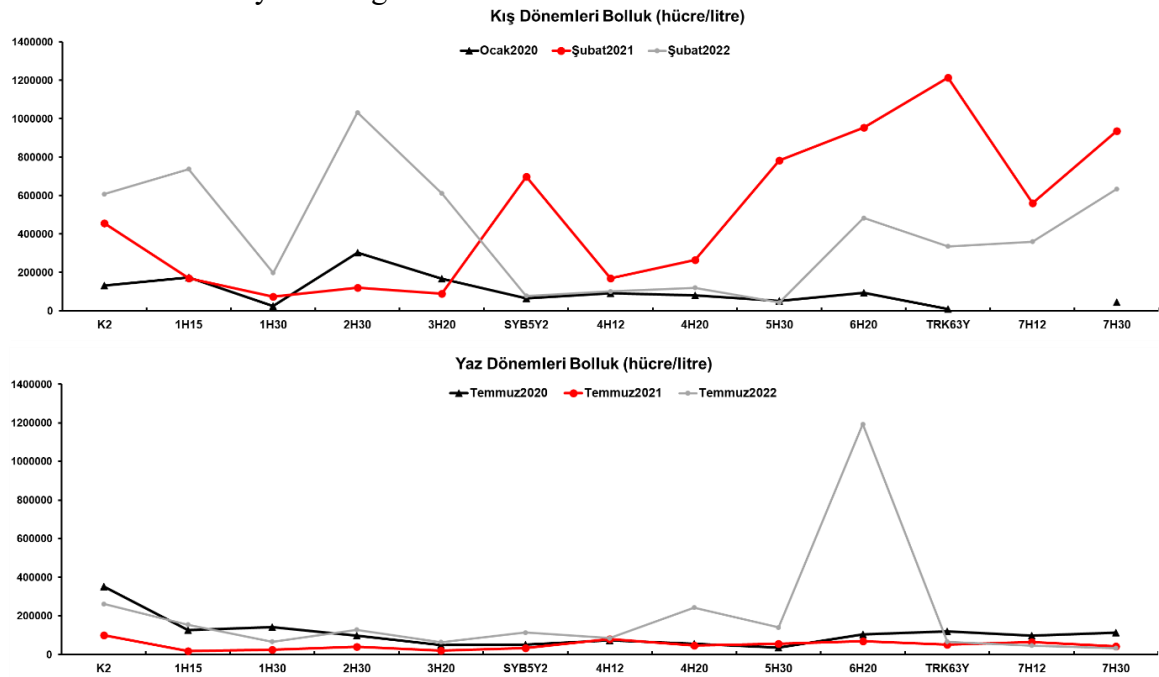
edilen bolluk değerlerinin diğer program değerlerinden oldukça yüksek oluşudur. Tüm örnekleme yılları göz önüne alındığında kış dönemlerinde kayıt edilen en yüksek bolluk değeri Şubat 2022 döneminde ( $1,7 \times 10^6$  hücre.L<sup>-1</sup>) TRK46 nolu istasyonda (Giresun), yaz dönemlerinde kayıt edilen en yüksek bolluk değeri ise Temmuz 2021 döneminde ( $4,1 \times 10^6$  hücre.L<sup>-1</sup>) TRKE1 nolu istasyonda (Ereğli) hesaplanmıştır (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Kıyıs al bölgesindeki istasyonlardaki bolluk değerlerinin yıllara göre değişimi

2020-2022 yıllarında kış döneminde açık bölge istasyonlarında elde edilen en yüksek bolluk değerleri Şubat 2021 döneminde en düşük bolluk değerleri de Ocak 2020 döneminde hesaplanmıştır. Yaz döneminde kıyıs al bölgesindeki istasyonlarında tespit edilen en yüksek bolluk değerleri Temmuz 2022 döneminde ve en düşük bolluk değerleri ise Temmuz 2021 döneminde hesaplanmıştır. Tüm rneklemeye yılları göz önüne

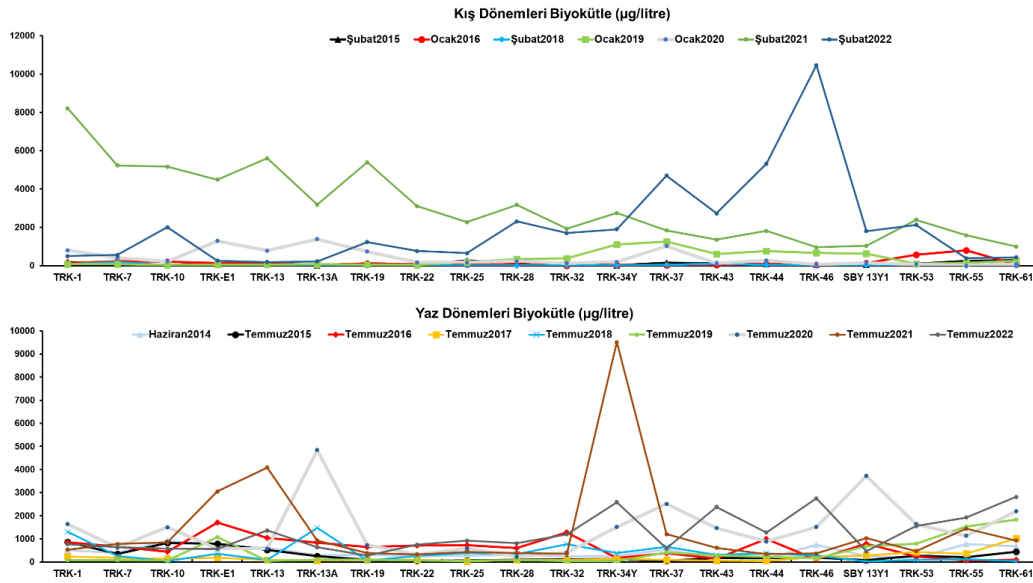
alındığında kış dönemlerinde kayıt edilen en yüksek bolluk değeri Şubat 2021 döneminde ( $1,2 \times 10^6$  hücre.L<sup>-1</sup>) TRK63Y (Hopa açıkları) nolu istasyonda, yaz dönemlerinde kayıt edilen en yüksek bolluk değeri ise Temmuz 2022 döneminde ( $1,1 \times 10^6$  hücre.L<sup>-1</sup>) 6H20 nolu istasyonda (Arsin 20 mil açıkları) hesaplanmıştır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Açık bölge istasyonlardaki bolluk değerlerinin yıllara göre değişimi

2014-2022 yıllarında kış döneminde kıyısal bölge istasyonlarında elde edilen en yüksek biyokütle değerleri Şubat 2022 döneminde en düşük biyokütle değerleri de Şubat 2018 döneminde hesaplanmıştır. Yaz döneminde kıyısal bölge istasyonlarında tespit edilen en yüksek biyokütle değerleri Temmuz 2021 döneminde ve en düşük biyokütle değerleri ise Temmuz 2017 döneminde hesaplanmıştır. Tüm örnekleme yılları göz

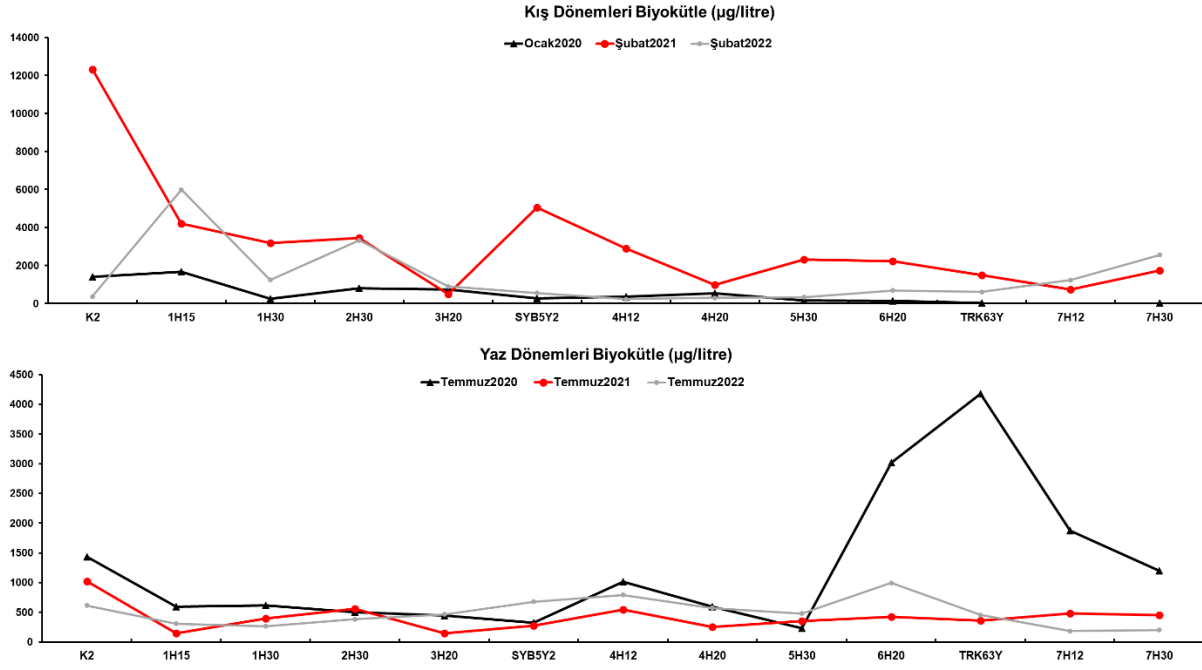
önüne alındığında kış dönemlerinde kayıt edilen en yüksek biyokütle değeri Şubat 2022 döneminde ( $10463,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) TRK46 nolu istasyonda (Giresun), yaz dönemlerinde kayıt edilen en yüksek biyokütle değeri ise Temmuz 2021 döneminde ( $9511,2 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) TRK34Y nolu istasyonda (Samsun) hesaplanmıştır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Kıyısal bölge istasyonlarındaki biyokütle değerlerinin yıllara göre değişimi

2020-2022 yıllarında kış döneminde açık bölge istasyonlarında elde edilen en yüksek biyokütle değerleri Şubat 2021 döneminde en düşük biyokütle değerleri de Ocak 2020 döneminde hesaplanmıştır. Yaz döneminde kıyısal bölge istasyonlarında tespit edilen en yüksek biyokütle değerleri Temmuz 2020 döneminde ve en düşük biyokütle değerleri ise Temmuz 2021 döneminde hesaplanmıştır. Tüm örnekleme yılları göz

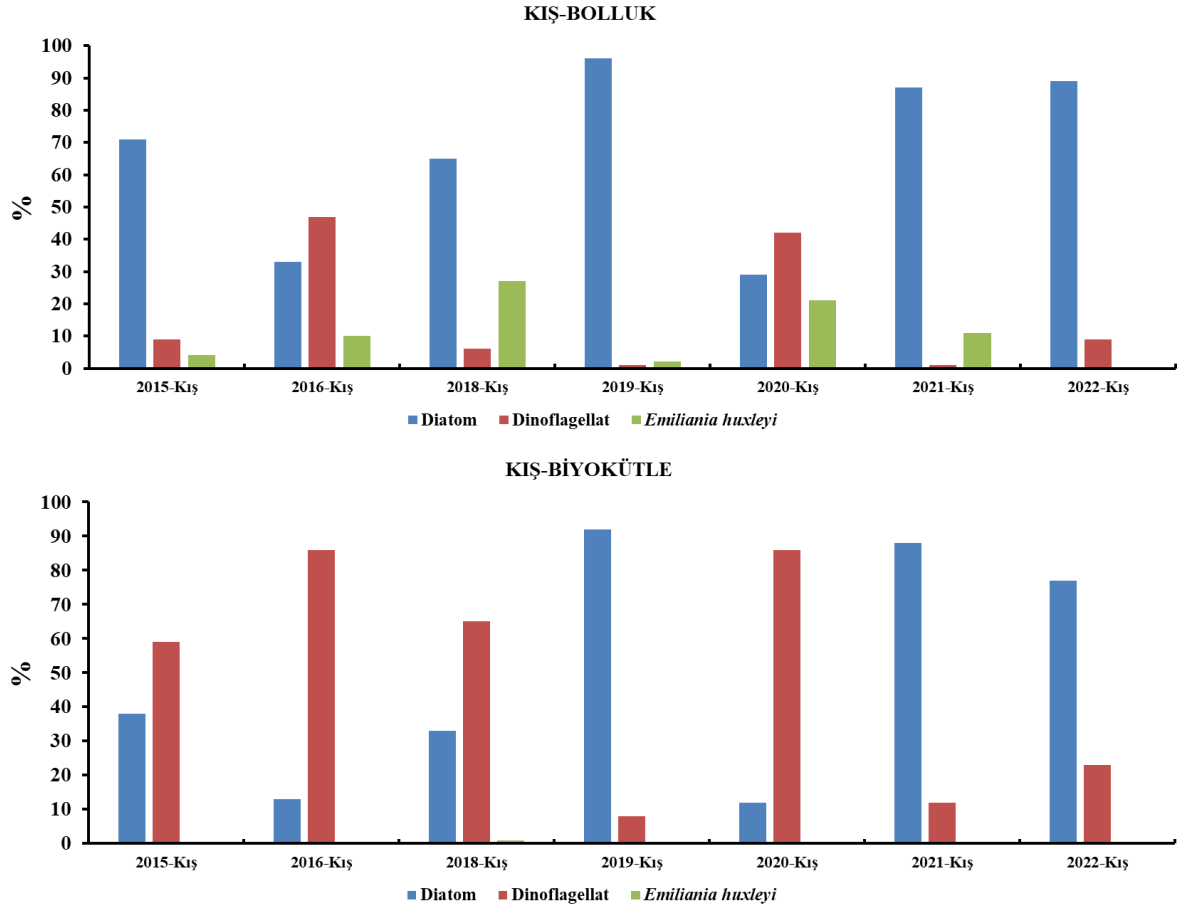
önüne alındığında kış dönemlerinde kayıt edilen en yüksek biyokütle değeri Şubat 2021 döneminde ( $12320,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) K2 nolu istasyonda (Boğaz açıkları), yaz dönemlerinde kayıt edilen en yüksek biyokütle değeri ise Temmuz 2020 döneminde ( $4175,4 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) TRK63Y nolu istasyonda (Hopa) hesaplanmıştır (Şekil 3.30).



**Şekil 3.30.** Açık bölge istasyonlarındaki biyokütle değerlerinin yıllara göre değişimi

2015-2022 yıllarında kıyısız bölge istasyonlarında, kış dönemlerindeki bolluk ve biyokütle değerleri irdelendiğinde diatomlar örnekleme dönemlerinin tamamının ortalama %67'sini bolluk değerleri bakımından baskılamıştır. Buna karşılık dinoflagellat bolluğu %16 olarak hesaplanmıştır. Kış dönemi biyokütle değerlerinde ise diatom oranı %50 ve

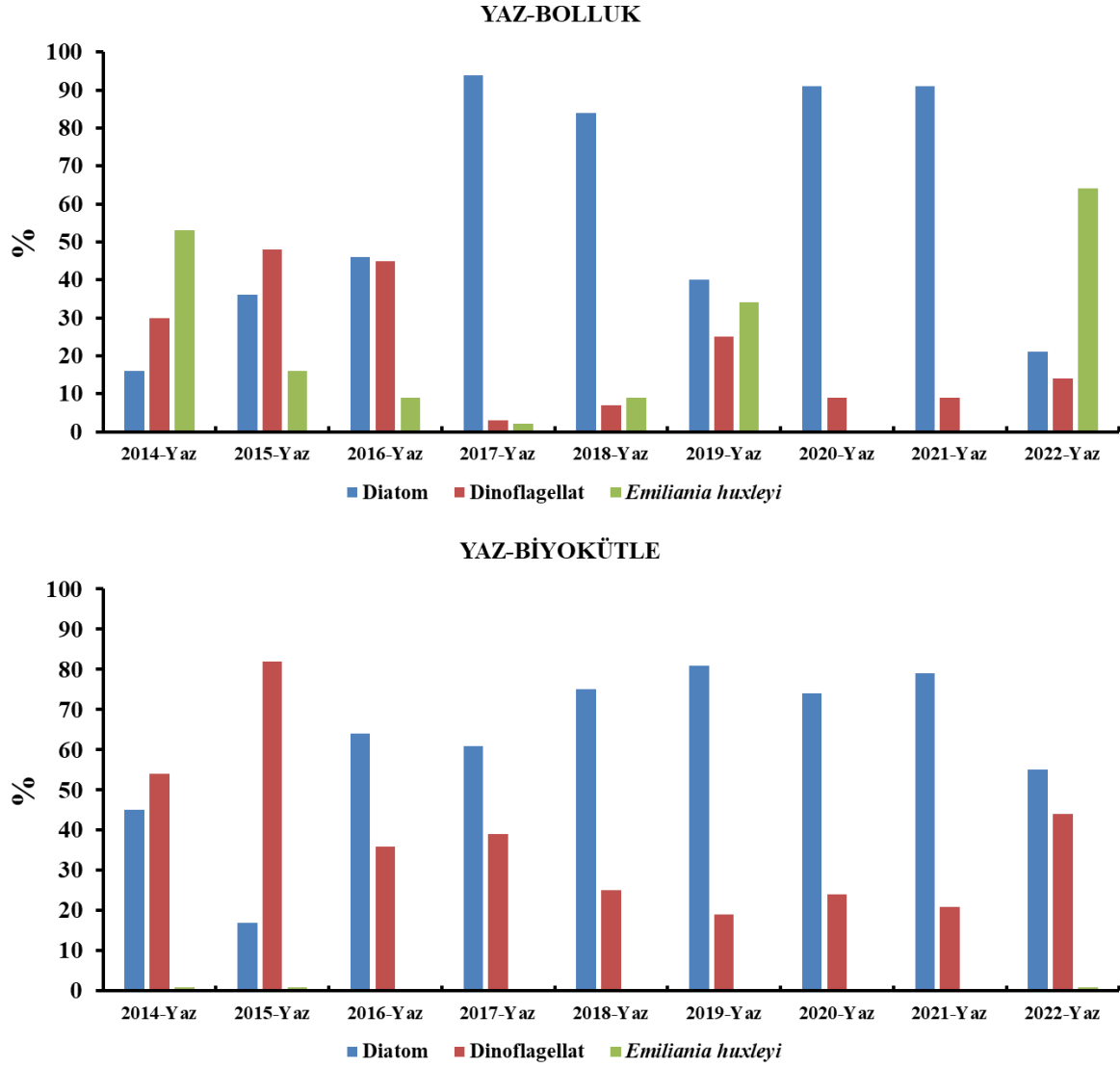
dinoflagellat oranı ise %48 olarak hesaplanmıştır. Bolluk üzerindeki bu diatom baskınlığı bir ya da birkaç tür üzerinden gerçekleşen aşırı üreme ile açıklanabilir. Biyokütle üzerindeki diatom oranı ise bu aşırı üreme gösteren türlerin özellikle 2019 yılından itibaren büyük hücreli diatom türleri üzerinden olması ile açıklanabilir (Şekil 3.31).



**Şekil 3.31.** 2015-2022 kış dönemlerinde kıyusal bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının bolluk ve biyokütle değerlerinin oransal olarak karşılaştırılması

2014-2022 dönemi kıyusal bölge istasyonlarındaki yaz örnekleme bolluk ve biyokütle değerleri irdelendiğinde yaz dönemlerinde kokkolit *Emiliana huxleyi* türünün aşırı üremesi iki kez (2014 ve 2022) toplam fitoplankton bolluğunu baskılamış olarak karışımıza çıkmaktadır.

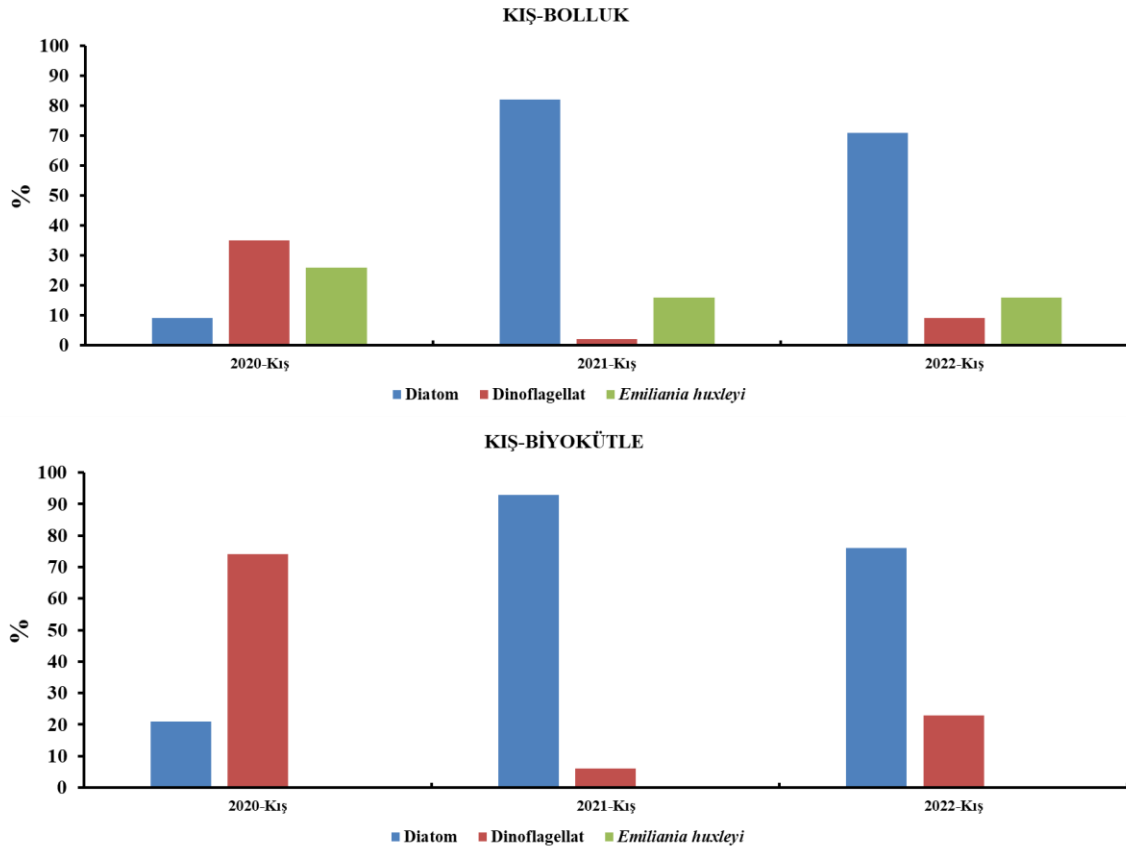
Bunun dışında kış dönemine benzer şekilde yaz döneminde de diatom hem bolluk hem de biyokütle üzerinde tüm örnekleme dönemleri (2015 yaz dönemi hariç) toplamında baskın olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.32).



**Şekil 3.32.** 2014-2022 yaz dönemlerinde kıyısız bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının bolluk ve biyokütle değerlerinin oransal olarak karşılaştırılması

2020-2022 kış dönemlerinde açık bölge istasyonlarındaki bolluk ve biyokütle değerleri irdelendiğinde özellikle büyük

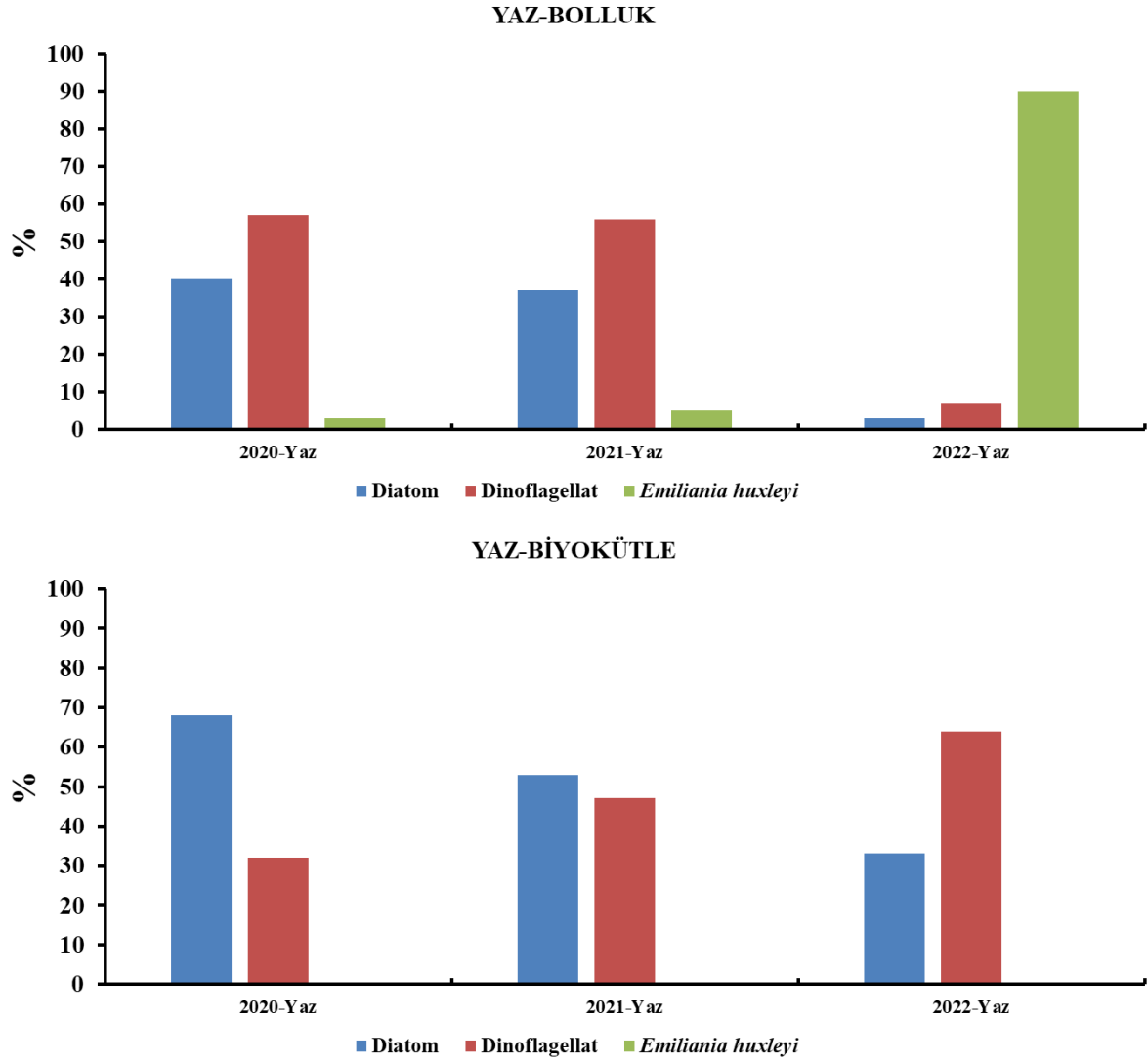
hücreli diatom türlerinin bolluk ve biyokütle değerlerindeki baskınlığı oldukça belirgin olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.33).



**Şekil 3.33.** 2020-2022 kış dönemlerinde açık bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının bolluk ve biyokütle değerlerinin oransal olarak karşılaştırılması

2020-2022 yaz örnekleme dönemlerinde açık bölge istasyonları irdelendiğinde 2022 yılındaki kökkolit *Emiliana huxleyi* türünün kompozisyondaki baskınlığı görülmektedir. Bunun yanında yaz

dönemlerinde hem bolluk hem de biyokütle değerleri bakımından diatom-dinoflagellat oranları daha dengeli olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.34).



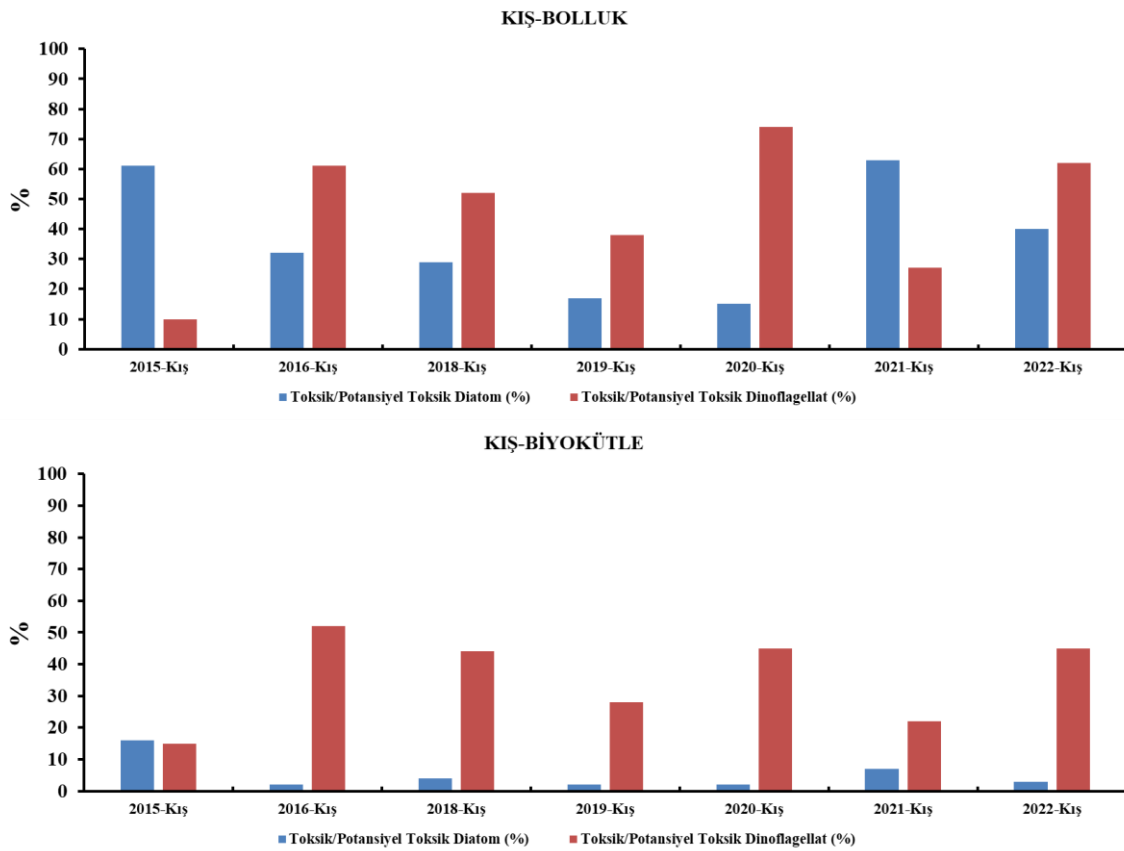
**Şekil 3.34.** 2014-2022 yaz dönemlerinde açık bölge istasyonlarında fitoplankton gruplarının bolluk ve biyokütle değerlerinin oransal olarak karşılaştırılması

## Toksik-Potansiyel Toksik Türlerin Kompozisyonu

Karadeniz'in Türkiye kıyılarında, denizel fitoplanktonun içinde toksik ve potansiyel toksik türlerin varlığı kaçınılmazdır. Normal koşullarda, tür kompozisyonunun yaklaşık %20'si bu türlerden oluşmaktadır. Özellikle toksik ve potansiyel toksik türlerin fitoplankton kompozisyonu içindeki bolluk ve biyokütle oranları dikkat çekicidir.

2014-2022 verileri değerlendirildiğinde, kış dönemlerinde kıyısal bölge istasyonlarında yapılan incelemeler, diatom grubuna ait

toksik ve potansiyel toksik türlerin bolluk değerlerinin toplam diatom bolluğu içinde %38 oranında olduğunu ve diatom grubuna ait bu türlerin biyokütle değerlerinin toplam diatom biyokütle içinde %5 oranında olduğunu göstermektedir. Dinoflagellat grubuna ait toksik ve potansiyel toksik türlerin bolluk değerleri ise toplam dinoflagellat bolluğu içinde %46 oranında bulunmuş ve bu türlerin biyokütle değerleri ise toplam dinoflagellat biyokütlesi içinde %35 olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.35).

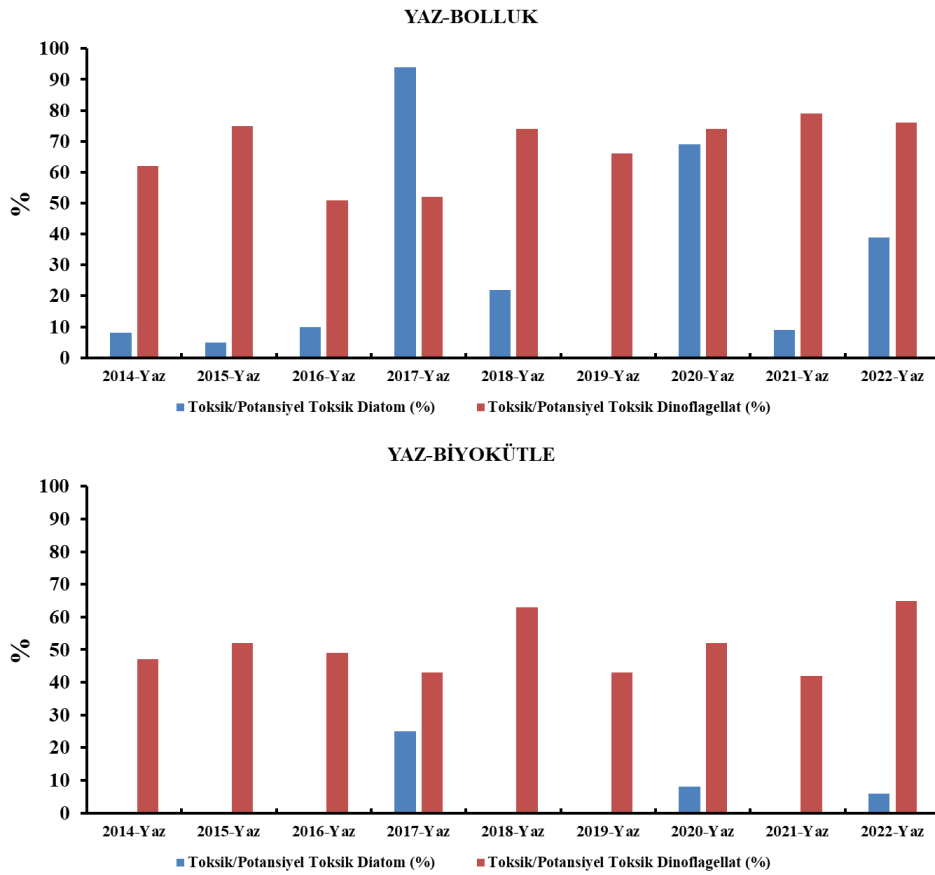


**Şekil 3.35.** 2015-2022 kış dönemlerinde kıyısal bölge istasyonlarında toksik/potansiyel toksik fitoplankton bolluk ve biyokütle değerlerinin fitoplankton toplam bolluk ve biyokütlesi içindeki oranları

2014-2022 verileri incelendiğinde, yaz dönemlerinde ise diatom grubuna ait toksik ve potansiyel toksik türlerin bolluk değerlerinin toplam diatom bolluğu içinde %32, biyokütle değerlerinin ise toplam diatom biyokütle içinde %13 olduğu tespit edilmiştir. Dinoflagellat grubuna ait toksik ve potansiyel toksik türlerin bolluk değerleri toplam dinoflagellat bolluğu içinde %68 oranında bulunmuş ve bu türlerin biyokütle değerleri ise toplam dinoflagellat biyokütle içinde %51 olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.36).

Bu hesaplamalar, Karadeniz'in Türkiye kıyılarında fitoplankton içindeki toksik ve potansiyel toksik türlerin özellikle yaz mevsimlerinde kompozisyon içinde baskın olduklarını göstermektedir.

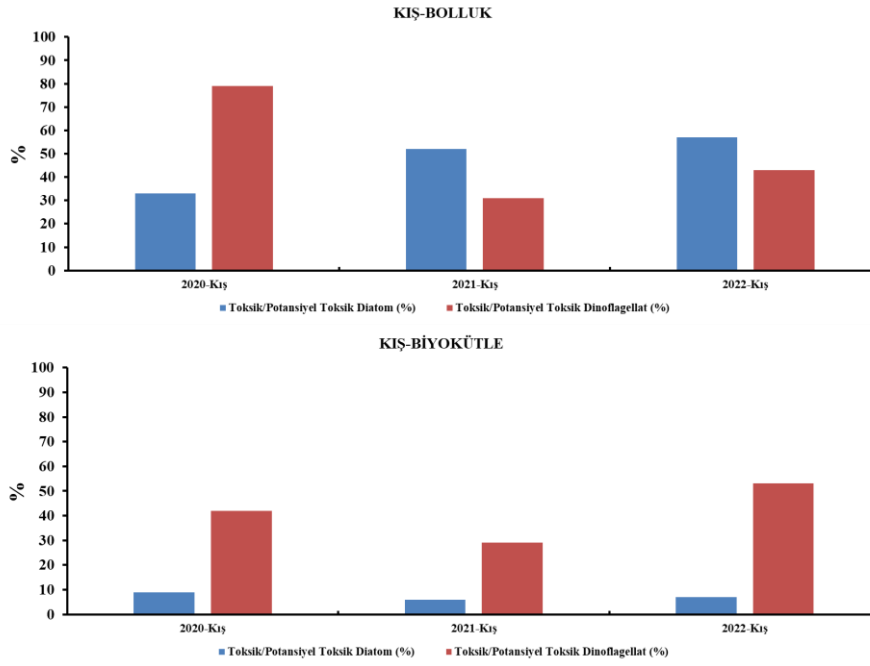
Fitoplankton, bir bölgede çevresel koşullar bozulduğunda olumsuz etkilenecek ilk canlı grubudur. Bu nedenle, zaten normalde tehlikeli seviyelerde bulunan toksik ve potansiyel toksik türlerin baskınlığının artması, kötüleşen koşullarda ciddi sorunlara yol açabilir. Bu nedenle, bu türlerin düzenli olarak izlenmesi son derece önemlidir.



**Şekil 3.36** 2014-2022 yaz dönemlerinde kıyusal bölge istasyonlarında toksik/potansiyel toksik fitoplankton bolluk ve biyokütle değerlerinin fitoplankton toplam bolluk ve biyokütlesi içindeki oranları.

2020-2022 kış dönemlerinde açık bölge istasyonlarında bolluk değerleri irdelendiğinde diatom grubuna ait toksik/potansiyel toksik türlerin bolluk değerlerinin toplam diatom bolluğu içindeki oranı %47; diatom grubuna toksik/potansiyel toksik türlerin biyokütle değerlerinin toplam diatom biyokütle

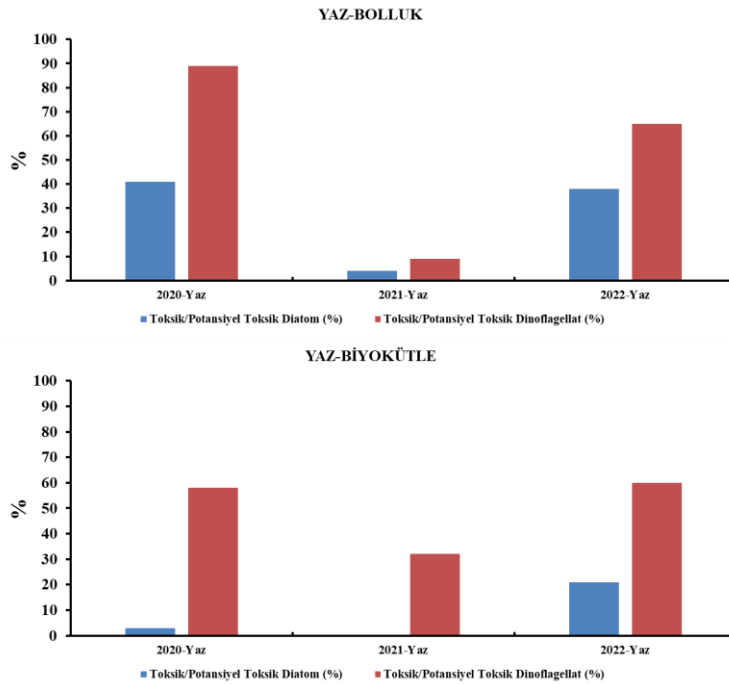
indeki oranı %7 olarak hesaplanmıştır. Dinoflagellat grubuna ait toksik/potansiyel toksik türlerin bolluk değerlerinin toplam dinoflagellat bolluğu içindeki oranı %51; biyokütle değerlerinin toplam dinoflagellat biyokütlesi içindeki oranı ise %41 olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.37).



**Şekil 3.37** 2020-2022 kış dönemlerinde açık bölge istasyonlarında toksik/potansiyel toksik fitoplankton bolluk ve biyokütle değerlerinin fitoplankton toplam bolluk ve biyokütlesi içindeki oranları

2020-2022 yaz dönemlerinde açık bölge istasyonlarında bolluk değerleri irdelendiğinde diatom grubuna ait toksik/potansiyel toksik türlerin bolluk değerlerinin toplam diatom bolluğu içindeki oranı %28; bu türlerin biyokütle değerlerinin toplam diatom biyokütle içindeki oranı ise %12 olarak

hesaplanmıştır. Dinoflagellat grubuna ait toksik/potansiyel toksik türlerin bolluk değerlerinin toplam dinoflagellat bolluğu içindeki oranı %54; bu türlerin biyokütle değerlerinin toplam dinoflagellat biyokütlesi içindeki oranı %50 ise olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.38)



**Şekil 3.38.** 2020-2022 yaz dönemlerinde açık bölge istasyonlarında toksik/potansiyel toksik fitoplankton bolluk ve biyokütle değerlerinin fitoplankton toplam bolluk ve biyokütlesi içindeki oranları

## Aşırı Üreme Durumu

2014-2022 yılları arasında aşırı üreyen fitoplankton türleri ve ulaştıkları maksimum değerler (hücre/litre) Tablo 3.8’de verilmiştir. 2014-2022 yılları tüm mevsimler irdelendiğinde kıyısız alandaki istasyonlarda 4 diatom türü toplamda 12 kez aşırı üreme durumu gerçekleştirmiştir. Bunun yanında 4 dinoflagellat türü ise 2014-2022 yılları arasında sadece 4 kez aşırı üreme gerçekleştirmiştir.

Kıyısız istasyonlar için diatom grubu aşırı üreme potansiyelinin düzenli olduğu ve süreklilik gösterdiği mevcut veriler ışığında ortaya konmaktadır.

2020-2022 yılları tüm mevsimler irdelendiğinde açık alandaki istasyonlarda 2 diatom türü 2 kez; 1 dinoflagellat türü ise 3 kez aşırı üreme gerçekleştirmiştir (Tablo 3.9).

**Tablo 3.8.** 2014-2022 yılları kıyısız bölge istasyonları fitoplankton aşırı üreme detayları

Dönem	Bolluk Maksimum Değerler (hücre/L)															
	14-Yaz	15-Kış	15-Yaz	16-Kış	16-Yaz	17-Yaz	18-Kış	18-Yaz	19-Kış	19-Yaz	20-Kış	20-Yaz	21-Kış	21-Yaz	22-Kış	22-Yaz
Tür																
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>		465000				235000	52000				125000	1435000	410000			
<i>Thalassionema nitzschioides</i>			95000					1330000	120000					3900000		
<i>Leptocylindrus danicus</i>										240000						
<i>Skeletonema costatum</i>															905000	
<i>Alexandrium minutum</i>																160000
<i>Prorocentrum cordatum</i>	29475															
<i>Prorocentrum micans</i>				24000												
<i>Tripos fusus</i>					24300											

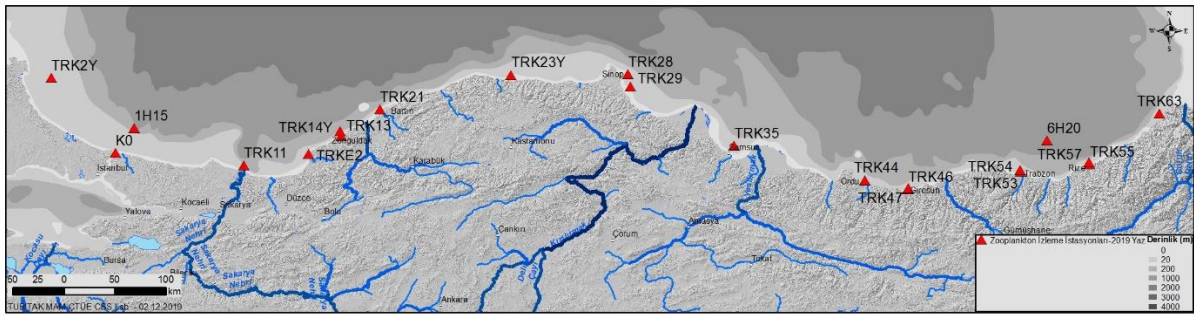
**Tablo 3.9.** 2020-2022 yılları açık bölge istasyonları fitoplankton aşırı üreme detayları

Dönem	Bolluk Maksimum Değerler (hücre/L)				
	20-Kış	20-Yaz	21-Kış	21-Yaz	22-Kış
Tür					
<i>Cylindrotheca closterium</i>					325000
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>			155000		
<i>Prorocentrum cordatum</i>	32500	190000		26500	

### 3.3.2 Zooplankton

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ) kapsamında Karadeniz Zooplankton İzleme Değerlendirme Çalışmaları” için 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında kış ve yaz dönemlerini kapsayacak şekilde toplam 21 istasyonda zooplankton örnekleme yapılmıştır. Zooplankton örnekleri termoklin tabakası mevcut olduğu durumlarda, termoklin altı ve üstü olarak alınmıştır. Bununla birlikte Karadeniz’de

üst karışım tabakasından jelatinimsi zooplankton örnekleme de yapılmış ve değerlendirilmiştir. Örnekleme yapılan istasyonlara ait detaylar, Tablo 3.10 ve Şekil 3.39’da verilmiştir. Örneklerin değerlendirilmesinde zooplankton komünitesinin tek değişkenli tanımlayıcıları olarak tür sayısı (S), Pielou Düzenlilik indisi (J') ve Shannon-Weaver çeşitlilik indisi (H', log 2 tabanında) kullanılmıştır.



Şekil 3.39. Zooplankton örnekleme istasyonları

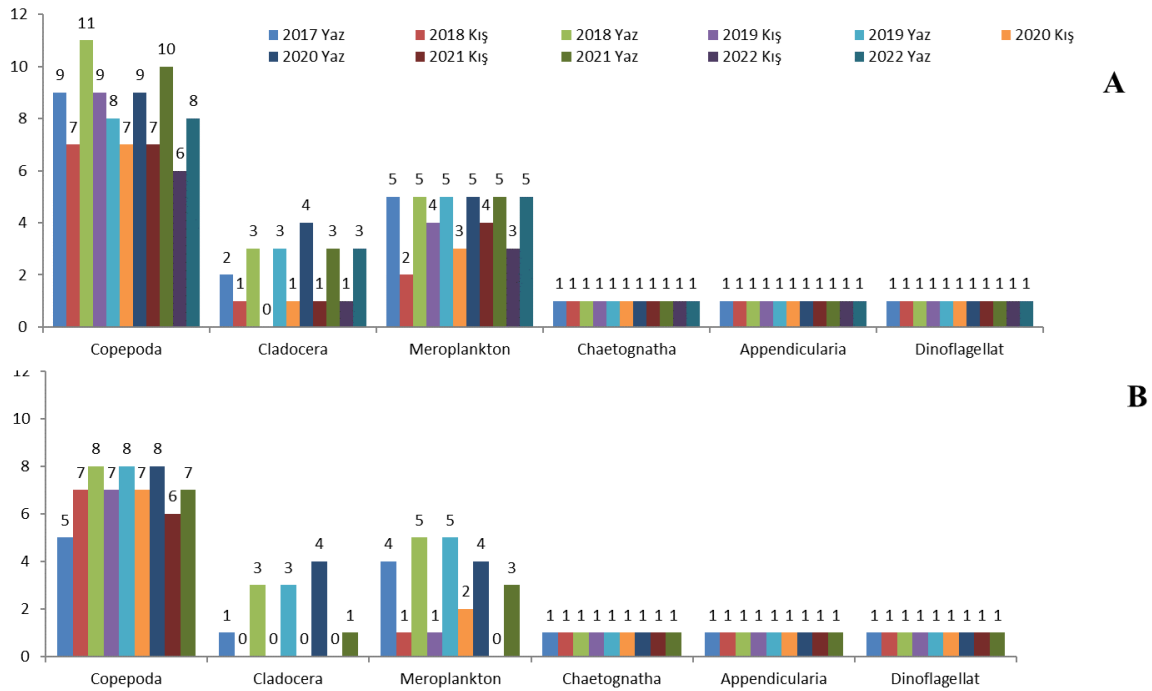
Tablo 3.10. Yıllara göre çalışılan zooplankton istasyon ve örnek sayısı

Zooplankton	Jellyfish (Denizanası ve Taraklı Medüz Türleri):
2017 → 21 İstasyon Yaz → 28 Örnek	2017 → 21 İstasyon
2018 → 21 İstasyon Kış → 27 Örnek 20 İstasyon Yaz → 35 Örnek	2018 → 21 İstasyon
2019 → 21 İstasyon Kış → 28 Örnek 21 İstasyon Yaz → 34 Örnek	2019 → 21 İstasyon
2020 → 21 İstasyon Kış → 28 Örnek 21 İstasyon Yaz → 33 Örnek	2020 → 21 İstasyon
2021 → 21 İstasyon Kış → 22 Örnek 21 İstasyon Yaz → 28 Örnek	2021 → 21 İstasyon
2022 → 21 İstasyon Kış → 21 Örnek 21 İstasyon Yaz → 21 Örnek	2022 → 21 İstasyon

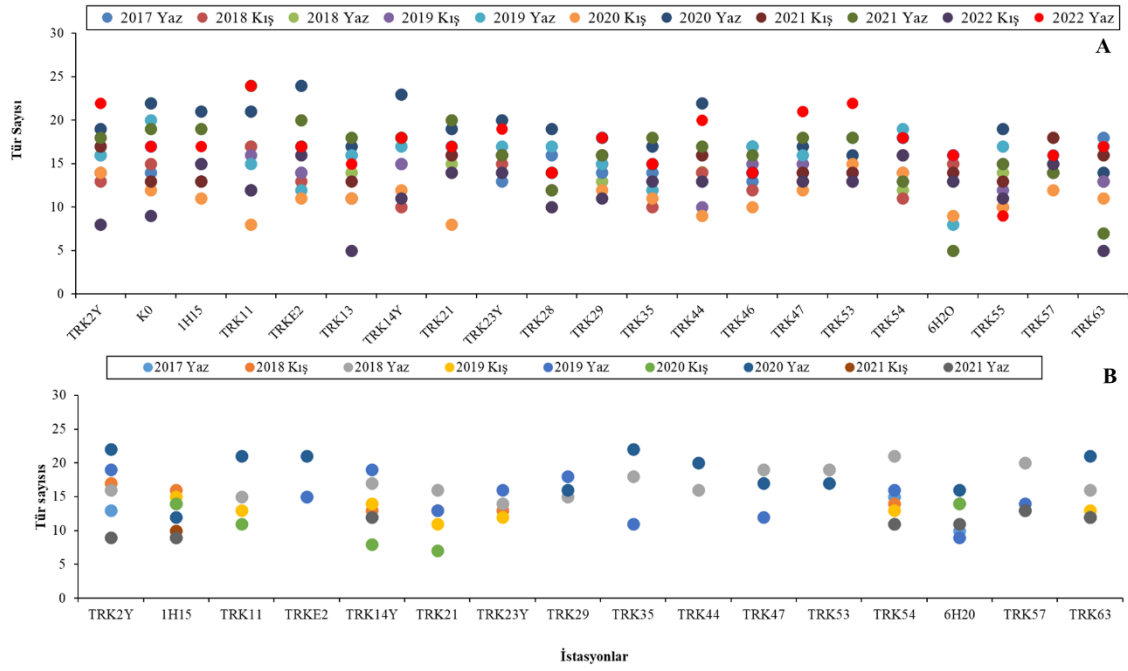
Zooplanktonlar, hayatlarının tüm evresini planktonda geçiren ve Copepoda gibi tür çeşitliliği açısından zengin grupları içeren holoplanktik formların yanı sıra, birçok bentik canlının ve balık türünün erken hayat evresini kapsayan meroplanktik formları da içermektedir. Zooplanktonun fitoplankton üzerinden beslenmesi dikey madde taşınımını hızlandırması açısından da çok önemlidir. Fekal peletler ve dikey göç hareketleri ile zooplankton hem su kolonunun derin kısımlarına, hem de bentik canlılar için gerekli organik maddenin taşınmasını hızlandırmaktadır. Zooplankton bolluğunda ya da tür kompozisyonunda tespit edilen değişimler aynı zamanda birincil üretimi etkileyen önemli değişikliklerin de göstergesidir (Hays, 2005). Bunun yanı sıra balık larvalarının ilk beslenme dönemlerinde uygun boyuttaki zooplanktonun ortamdaki varlığı balık popülasyonlarının devamlılığı açısından temel teşkil etmektedir (Cushing v.d., 1990). Zooplanktonun balık stokları üzerine olan bu etkisi daha üst basamaklarda yer alan canlıların avcılık baskısından

kaynaklanan etki ile beraber balık stoklarının kontrolünü sağlayan en önemli çevresel etkenleri oluşturmaktadır.

2017-2022 yıllarını kapsayan bu çalışmada, *N. scintillans* hariç üst tabakada en fazla 24 tür/grup, alt tabakada 22 tür/grup tanımlanmıştır. Üst tabakada en fazla tür sayısı Karadeniz Ereğlisi (TRKE2, 2020 yaz), Sakarya Nehri Kontrol (TRK11, 2021 ve 2022 yaz) istasyonlarında (24 tür) tespit edilmiştir. Üst tabakada Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki istasyonlarda tür sayısının daha yüksek olduğu görülmüştür. Alt tabakada ise İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü (TRK2Y) ve Samsun Kontrol (TRK35) istasyonlarında (22 tür) 2020 yaz örnekleme döneminde tespit edilmiştir. Karadeniz'de tek tür ile temsil edilen Chaetognatha ve Appendicularia gruplarına örneklerde rastlanmıştır. En fazla tür Copepoda grubunda tespit edilmiştir. Copepoda grubuna ait en fazla tür ise 2018 yaz örnekleme döneminde saptanmıştır (Şekil 3.40, Şekil 3.41, Tablo 3.11).



Şekil 3.40. Gruplara göre tespit edilen tür sayısı (A: Üst Tabaka, B: Alt Tabaka)



Şekil 3.41. Örnekleme dönemlerine göre tespit edilen toplam tür sayısı (A: Üst Tabaka, B: Alt Tabaka, *N. scintillans* hariç)

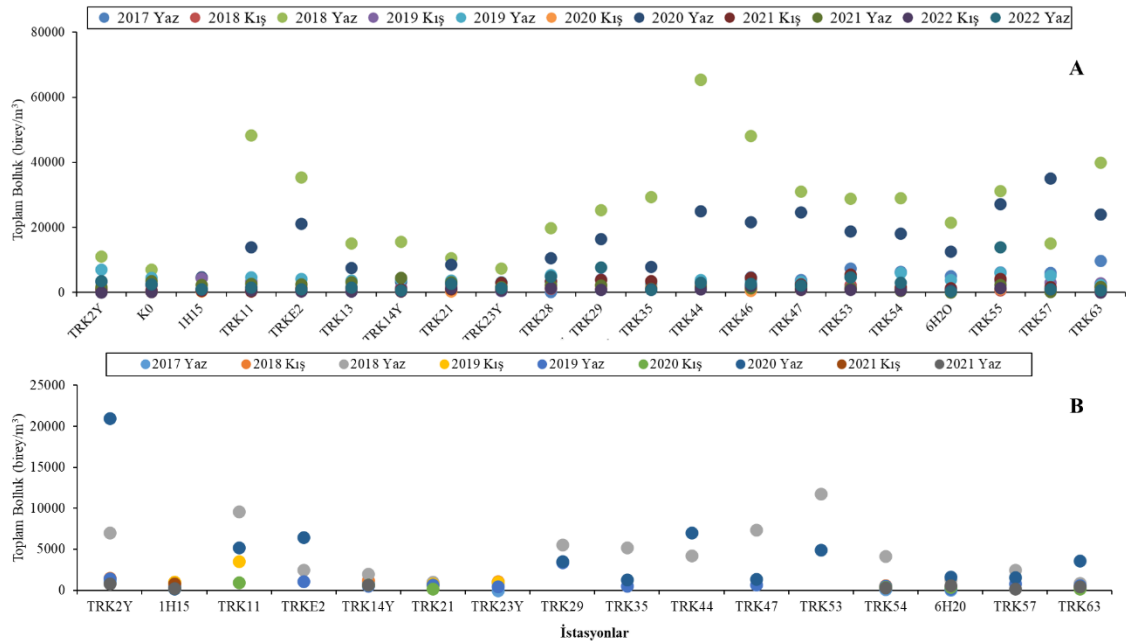
Tablo 3.11. Zooplankton Örneklemelerinde Tanımlanan Türler

Grup	Tür	Grup	Tür
Copepoda	<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht, 1881	Meroplankton	Cirripedia nauplius larvası
	<i>Acartia tonsa</i> Dana, 1849		Cirripedia cpnid larvası
	<i>Calanus euxinus</i> Hulsemann, 1991		Bivalvia larvası
	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)		Gastropod Larvası
	<i>Pseudocalanus elongatus</i> (Boeck, 1865)		Polychaeta larvası
	<i>Centropages ponticus</i> Giesbrecht, 1852		Decapoda larvası
	<i>Oithona similis</i> Claus, 1866		Balık yumurtası
	<i>Oithona davisae</i> Ferrari F.D. & Orsi, 1984		Balık larvası
	<i>Anomalocera patersoni</i> Templeton, 1837		Naupli (crustacea)
	<i>Pontella mediterranea</i> Claus, 1863		
Oncea sp.			
Cladocera	<i>Penilia avirostris</i> Dana, 1849	Amphipoda	
	<i>Pseudoevadne tergestina</i> Claus, 1877		
	<i>Evadne spinifera</i> P.E.Müller, 1867	Dinoflagellate	<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney)
Chaetognatha	<i>Parasagitta setosa</i> Müller, 1847		Kofoid & Swezy, 1921
Appendicularia	<i>Oikopleura dioica</i> Fol, 1872		

Çalışma dönemlerine ait veriler incelendiğinde, en yüksek toplam zooplankton bolluğu üst tabakada 2018 yaz örnekleme döneminde tespit edilmiştir. 2018 yaz dönemi bolluk değerlerinin diğer dönemlere göre çok yüksek olduğu görülmüştür. 2020 yaz örnekleme döneminde de, 2018 yaz dönemine göre düşük olmakla birlikte, diğer dönemlere göre yüksek bolluk değerleri tespit edilmiştir. Bu dönemde üst tabakada en yüksek bolluk değeri Ordu Kontrol istasyonunda (TRK44, 65312 birey/m<sup>3</sup>) saptanmıştır (Şekil 3.42). Alt tabakada da üst tabakaya benzer durum tespit edilmiştir. Bu tabakada en yüksek bolluk değeri 2020 yaz örnekleme döneminde İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü (TRK2Y, 20961 birey/m<sup>3</sup>) istasyonunda saptanmıştır.

Çalışmada *Noctiluca scintillans* türü tek hücreli bir dinoflagellat olmasına rağmen boyutundan dolayı mesozooplankton olarak değerlendirilmektedir. Bu tür, ılık ve soğuk sularda kıyısız bölgelerde tüm dünya denizlerinde dağılım göstermektedir.

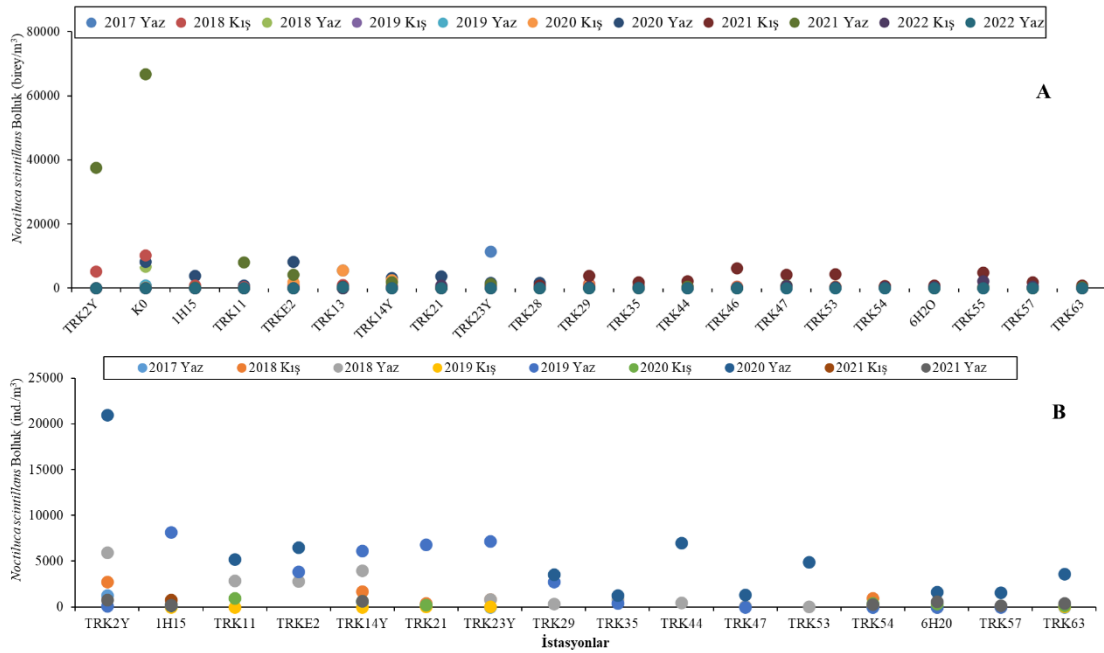
Heterotrofik bir tür olan *Noctiluca* ortalama 500 - 600 µm boyutundadır. Türün hızlı üreme kabiliyeti, çok geniş grup üzerinden beslenme davranışı ile birlikte, uygun koşullar altında popülasyonlarında aşırı artışlar olur ve sık sık planktonun > 200 µm'lik kısmında baskın olmaktadır (Nikishina ve diğ., 2011). Nispeten büyük kozmopolit bir tür olan *Noctiluca*, fitoplankton (esas olarak diatomlar ve diğer dinoflagellatlar) detritus, protozoonlar, kopepodit, kopepod ve balık yumurtası ile beslenmektedir (Kimor, 1979; Fock and Greve, 2002; Umani ve diğ., 2004). Bu türün beslenme profili nedeniyle besin ağında üst basamakta yer aldığı literatürde belirtilmektedir. *Noctiluca* Karadeniz için önemli bir türdür. Bu rapor kapsamında, *Noctiluca* bolluk değerleri toplam zooplankton bolluğu grafiklerinden ayrı olarak verilmiştir (Şekil 3.43). *Noctiluca*'nın oransal dağılım grafikleri ve yüzde dağılım grafikleri ise diğer gruplar ile birlikte verilmiş ve kıyısız bölgeyi kapsayan örnekleme istasyonlarındaki durum irdelenmiştir.



Şekil 3.42. Toplam zooplankton bolluk dağılımı (A: Üst Tabaka, B: Alt Tabaka)

Noctiluca bolluk değerleri incelendiğinde, üst tabakada örnekleme dönemlerine göre üç farklı bölge olduğu görülmüştür. Üst tabakadaki, en yüksek bolluk değeri Batı Karadeniz’de İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü (TRK2Y, 37551 birey/m<sup>3</sup>) ve Boğaz Çıkışı-1.Hat (K0, 66751 birey/m<sup>3</sup>) istasyonlarında 2021 yaz döneminde tespit edilmiştir. EK-Boğaz Çıkışı kanal-1. Hat (1H15) ve Sinop1 Kontrol (TRK28) istasyonları arasındaki bölgede ise 2020 yaz döneminde yüksek bolluğa sahip olduğu görülmüştür. Sinop1 Kontrol (TRK29) ve Doğu Karadeniz Bölgesi’nde kalan istasyonlarda ise en yüksek bolluk değerleri 2021 kış örnekleme döneminde tespit

edilmiştir. Genel olarak Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki istasyonlarda bolluk değerlerinin Batı’ya göre düşük olduğu saptanmıştır. Alt tabakada ise genel olarak 2020 yaz örnekleme döneminde yüksek bolluk değerleri tespit edilmiştir. Noctiluca’nın alt tabakada en yüksek bolluk değeri İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü (TRK2Y, 20961 birey/m<sup>3</sup>) istasyonunda gözlenmiştir. EK-Boğaz Çıkışı kanal-1. Hat (1H15), Zonguldak Kontrol (TRK14Y), Bartın Kontrol (TRK21) ve İnebolu Kontrol (TRK23Y) istasyonlarında ise en yüksek bolluk değerleri 2019 yaz döneminde tespit edilmiştir (Şekil 3.43).



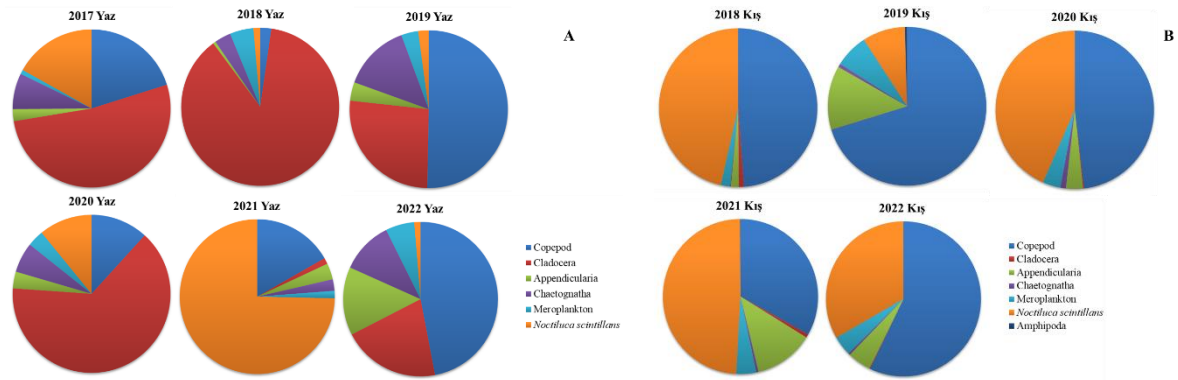
Şekil 3.43 *Noctiluca scintillans* bolluk dağılımı (A: Üst Tabaka, B: Alt Tabaka)

Baskın grupların oransal dağılımı incelendiğinde **üst tabakada** toplam zooplanktona en yüksek katkıyı 2021 kış döneminde *Noctiluca scintillans* yaparken, diğer dönemlerde copepoda grubunun yaptığı görülmüştür. Kış örnekleme döneminde copepoda grubunda *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus* ve *Pseudocalanus elongatus* türlerinin baskın olduğu saptanmıştır. Yaz döneminde ise toplam zooplanktona en yüksek katkıyı 2017, 2018 ve 2020 yıllarında cladocera grubunun

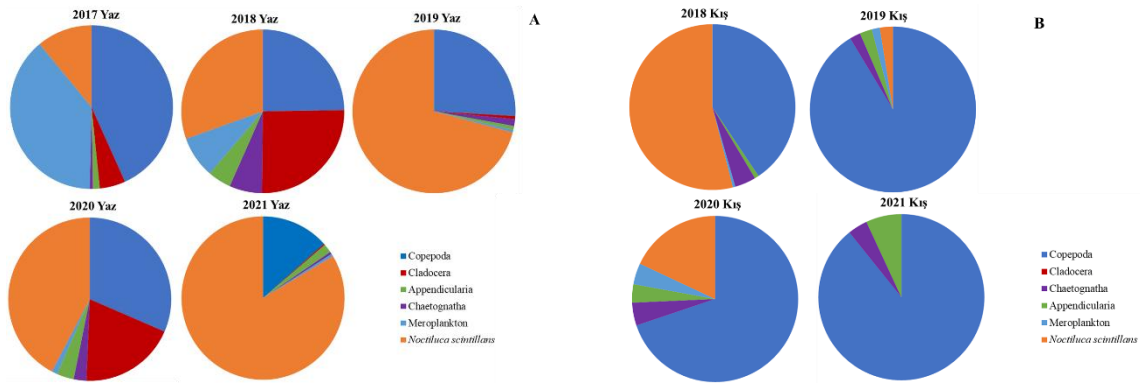
yaptığı tespit edilmiştir. 2019 ve 2020 yılında ise copepoda grubunun baskın olduğu görülmüştür. 2021 yılı yaz döneminde ise toplam bolluğa oransal olarak en fazla katkıyı *N. scintillans* türünün yaptığı saptanmıştır. 2018 yılında Cladocera grubu % 88’lik oranla toplam zooplanktona en yüksek katkıyı yapmıştır (Şekil 3.45A). 2017 ve 2018 yaz dönemlerinde Cladocera grubunda *Penilia avirostris* türü baskındır. 2019 yaz döneminde ise Cladocera grubunda Samsun

Kontrol istasyonunun (TRK35) doğusunda kalan istasyonlarda *Penilia avirostris* türü baskın iken, batısında kalan istasyonlarda *Pseudoevadne tergestina* türü baskın olarak tespit edilmiştir. 2020 ve 2022 yılları yaz döneminde kopepod *Acartia clausi* ve kladoser *P. avirostris* türlerinin baskın olduğu görülmüştür. 2021 yılı yaz döneminde Batı Karadeniz'deki istasyonlarda *N. scintillans*, Orta Karadeniz'deki istasyonlarda copepoda grubu baskın iken, Doğu Karadeniz'deki istasyonlarda Appendicularia grubunun baskınlığı gözlenmiştir (Şekil 3.45A, Şekil 3.46).

**Alt tabakada** zooplankton gruplarının oransal dağılımı incelendiğinde yaz döneminde 2017 yılında copepoda grubunun, diğer yıllarda ise (2018, 2019, 2020 ve 2021) *N. scintillans* türünün baskın olduğu görülmüştür (Şekil 3.46A). 2022 yılında su kolonunda termoklin tabakası olmadığı için yaz ve kış dönemlerinde alt tabaka örnekleme yapılmamıştır. Aynı tabakada kış döneminde 2018 yılında *N. scintillans* türünün diğer yıllarda ise copepoda grubunun baskın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.48, Şekil 3.49).



Şekil 3.44. Üst Tabakada Baskın zooplankton gruplarının oransal dağılımları (A: Yaz dönemi, B: Kış dönemi)



Şekil 3.45. Alt tabakada baskın zooplankton gruplarının oransal dağılımları (A: Yaz dönemi, B: Kış dönemi)

**Üst tabakada** kış mevsiminde zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı incelendiğinde 2018 yılında İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü (TRK2Y) ve Boğaz Çıkışı-1.Hat (K0) istasyonlarında *Noctiluca scintillans* türü baskın iken, diğer istasyonlarda copepoda grubunun baskın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.45B). 2018 kış döneminde Boğazlar Bölgesinde *Acartia* türleri, Zonguldak Kontrol istasyonundan (TRK13) itibaren ise *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus elongatus* türlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir. 2019 kış döneminde ise Sinop 1 Kontrol istasyonlarında (TRK28 ve TRK29) Appendicularia (*Oikopleura dioica*) grubu, Ordu Kontrol istasyonunda (TRK44) ise *Noctiluca scintillans* baskın olarak saptanmıştır. 2019 yılı kış mevsiminde diğer istasyonlarda copepoda grubunun baskın olduğu görülmüştür. Bu örnekleme

döneminde Boğazlar Bölgesinde *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus elongatus* türleri, Sinop1 Kontrol istasyonundan (TRK29) itibaren ise *Acartia* türlerinin baskınlığı gözlenmiştir.

2020 yılı kış döneminde Batı Karadeniz'deki istasyonlarda *Acartia* türleri, Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki istasyonlarda ise copepod *Paracalanus parvus* ve *Pseudocalanus elongatus* türlerinin baskın olduğu belirlenmiştir. 2021 yılında batıda Copepoda grubundan *Acartia* türleri ve *P. parvus* türü baskın iken, doğuda *N. scintillans* türünün baskınlığı gözlenmiştir. 2022 yılında ise Sakarya Nehri Kontrol (TRK11) ve Rize Kontrol (TRK55) istasyonlarında *N. scintillans* türü diğer istasyonlarda copepoda grubundan *Acartia*, *P. parvus* ve *P. elongatus* türlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.46).



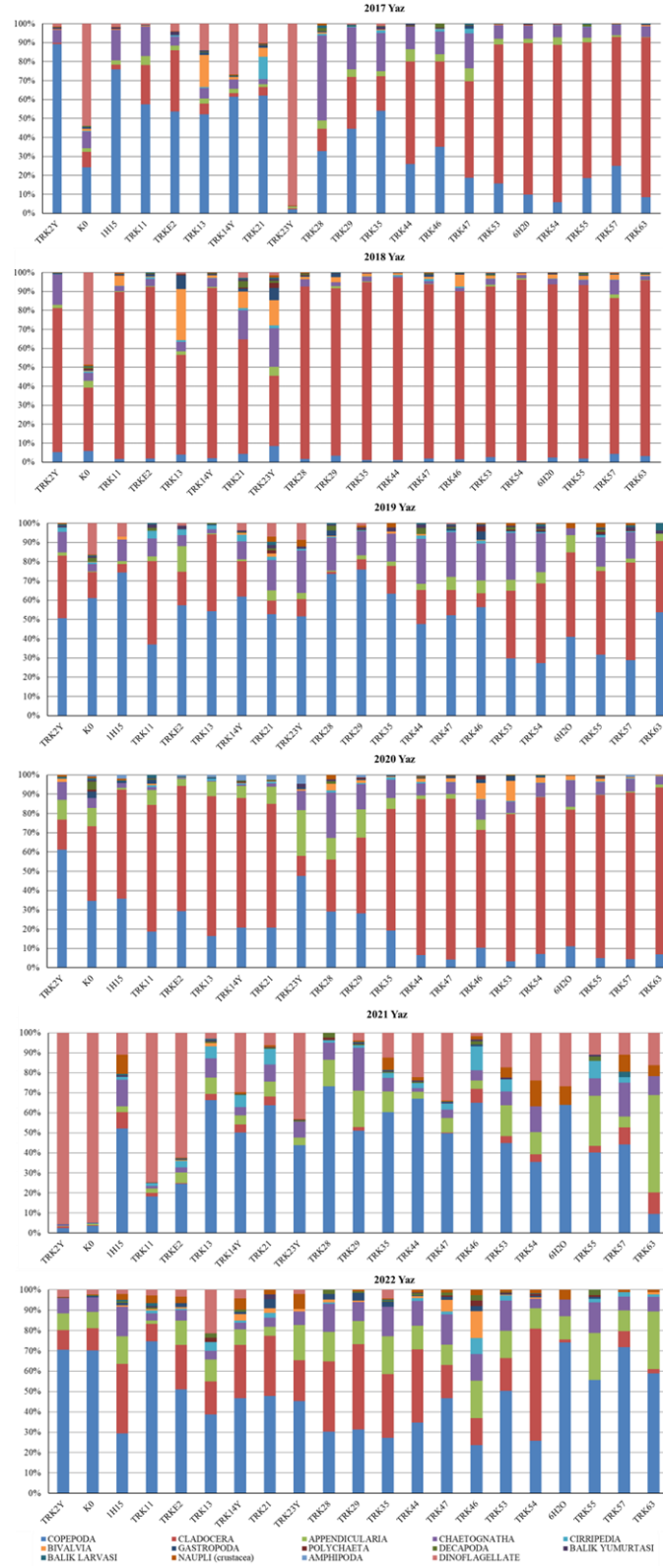
Şekil 3.46. Üst tabakada kış mevsiminde zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı

Yaz döneminde 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ait örnekler incelenmiştir. Üst tabakada yaz mevsimi zooplankton gruplarının istasyonlara göre oransal dağılımı incelendiğinde, 2017 yılı yaz döneminde İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü (TRK2Y) ve Samsun Kontrol istasyonları (TRK35) arasındaki istasyonlarda copepod grubunun baskın olduğu belirlenmiştir. İnebolu Kontrol (TRK23Y) istasyonunda ise *Noctiluca scintillans*'ın baskın olduğu tespit edilmiştir. 2017 yılı yaz mevsiminde diğer istasyonlarda cladocera grubunun baskın olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.45). Ordu Kontrol (TRK44) istasyonunun batısında kalan istasyonlarda copepod grubundan *Acartia clausi* türünün baskınlığı gözlenirken, doğusunda kalan istasyonlarda ise cladocera *Penilia avirostris* türünün baskınlığı gözlenmiştir.

2018 yaz döneminde tüm istasyonlarda cladocera grubunun baskın olduğu görülmüştür (Şekil 3.47). 2019 yılında ise Trabzon Kontrol istasyonları (TRK53, TRK54, 6H20) ve doğusunda kalan istasyonlarda cladocera grubunun baskın

olduğu, diğer istasyonlarda yine copepoda grubunun katkısının fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.47). Bu durumun bu istasyonlara ait su sıcaklığı değerlerinin diğer istasyonlara göre nispeten daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yaz döneminde 2019 yılında üst tabakada, copepod *Acartia* ve kladoser *P. avirostris* türleri baskın olarak tespit edilmiştir. 2020 yılında ise Doğu Karadeniz'deki istasyonlarda *P. avirostris*, Batı Karadeniz'deki istasyonlarda *P. avirostris* ve *N. scintillans* türlerinin baskınlığı gözlenmiştir. 2021 yılı yaz döneminde Batı Karadeniz'deki istasyonlarda *N. scintillans*, Orta Karadeniz'deki istasyonlarda *A. clausi*, *Oithona similis* ve *Centropages ponticus* türleri baskın olarak saptanmıştır. Aynı dönemde Doğu Karadeniz'de ise Appendicularia *Oikopleura dioca* türünün baskınlığı tespit edilmiştir. 2022 yılında ise Batı ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kalan istasyonlarda copepod *Acartia* türlerinin, Orta Karadeniz'de kladoser *P. avirostris* türünün baskın olduğu görülmüştür.

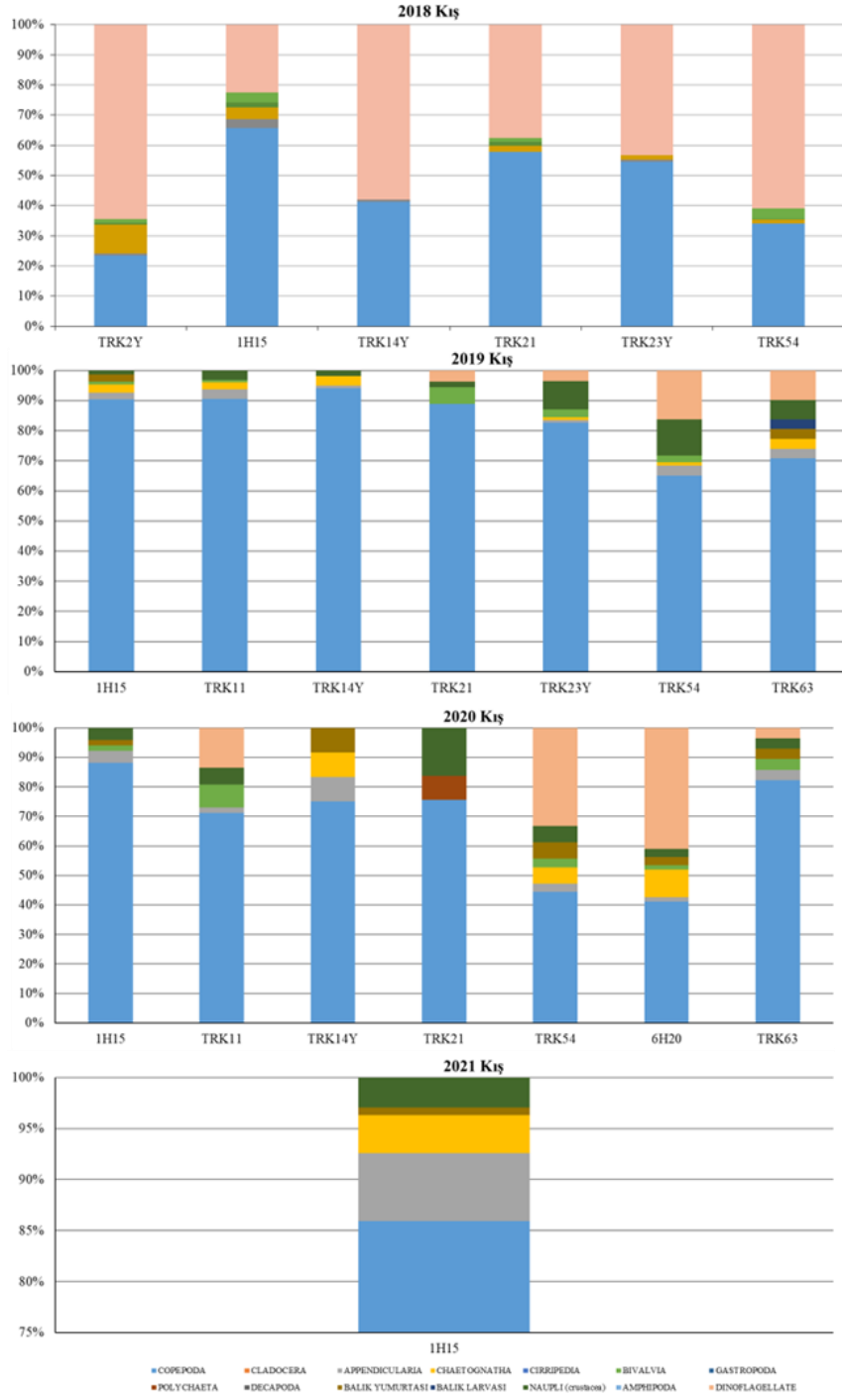


Şekil 3.47. Üst tabakada yaz mevsiminde zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı

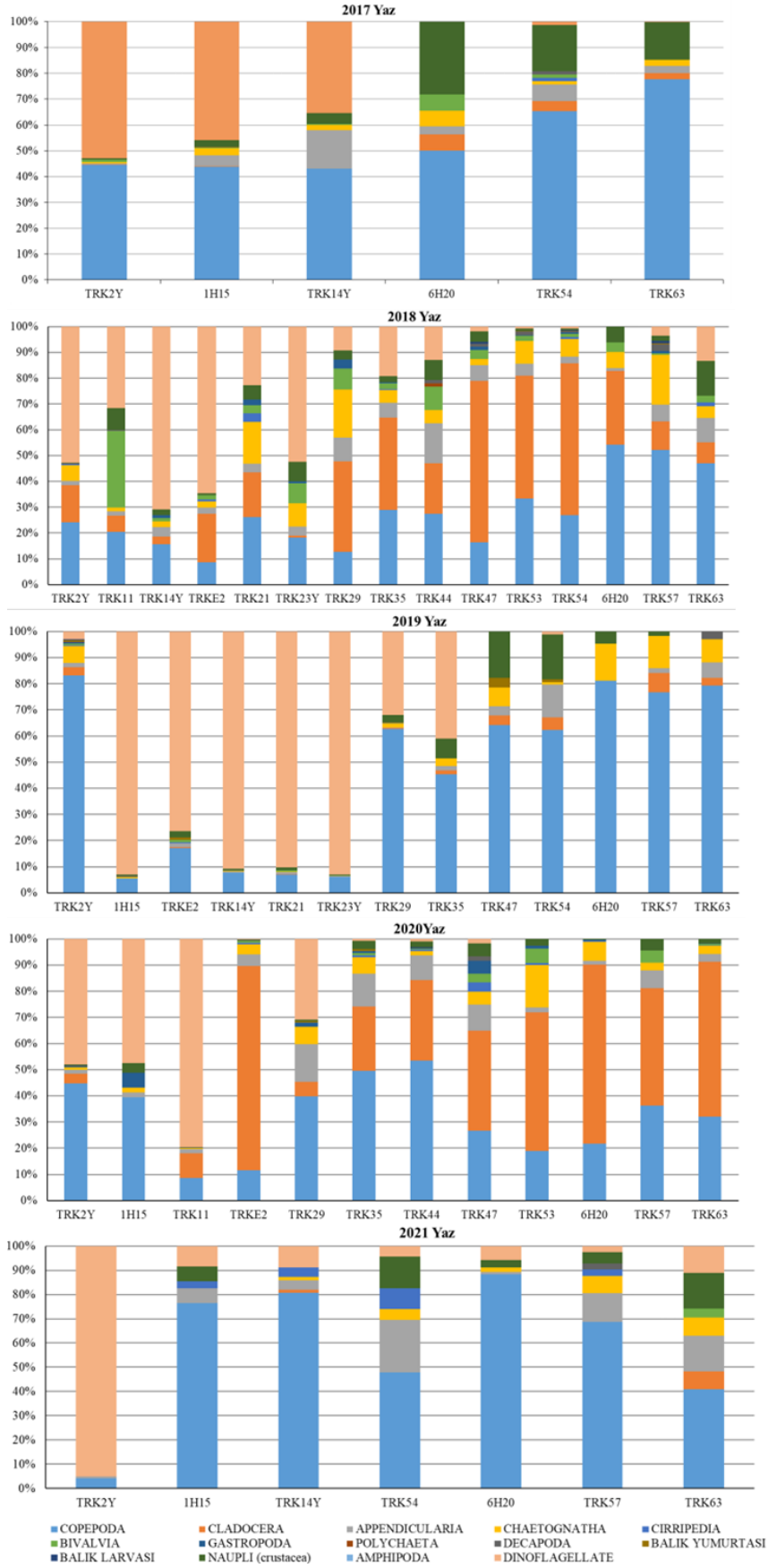
Alt tabakada kış döneminde 2019, 2020 ve 2021 yıllarında tüm istasyonlarda copepoda grubunun oransal olarak baskın olduğu görülmüştür. 2018 yılında ise İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü (TRK2Y), Zonguldak Kontrol (TRK14Y) ve Trabzon Kontrol (TRK54) istasyonlarında *Noctiluca scintillans* türü baskın olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.48).

Yaz döneminde ise 2017 yılında tüm istasyonlarda copepoda grubunun baskın olduğu belirlenmiştir. 2018 yılındaki örneklerde İnebolu Kontrol istasyonu (TRK23Y) ve batı kısmında kalan istasyonlarda *Noctiluca scintillans* türü baskın iken, (TRK29) ve (TRK54) istasyonları arasındaki bölgede cladocera grubunun baskın olduğu görülmüştür. Diğer istasyonlarda ise copepoda grubu baskın oranda bulunmuştur. 2019 yılında ise EK-Boğaz Çıkışı kanal-1. Hat (1H15) ve Samsun Kontrol (TK35) istasyonları

arasındaki bölgede *Noctiluca scintillans* türünün yüksek katkısı tespit edilmiştir. İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü istasyonu (TRK2Y) ve Giresun Kontrol istasyonu (TRK47) dâhil Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki istasyonlarda copepod grubunun baskın olduğu saptanmıştır (Şekil 3.49). 2020 yılında İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü (TRK2Y), EK-Boğaz Çıkışı kanal-1. Hat (1H15) ve Sakarya Nehri Kontrol (TRK11) istasyonlarında *N. scintillans* baskın iken, Sinop 1 Kontrol (TRK29), Samsun Kontrol (TRK35) ve Ordu Kontrol (TRK44) istasyonlarında Copepoda grubu (*Acartia* türleri) baskındır. Aynı dönemde diğer istasyonlarda ise Cladocera grubunun baskın olduğu tespit edilmiştir. 2021 yılında ise İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü (TRK2Y) istasyonunda *N. scintillans* türü, örnekleme yapılan diğer istasyonlarda ise Copepoda grubunun baskın olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.49).



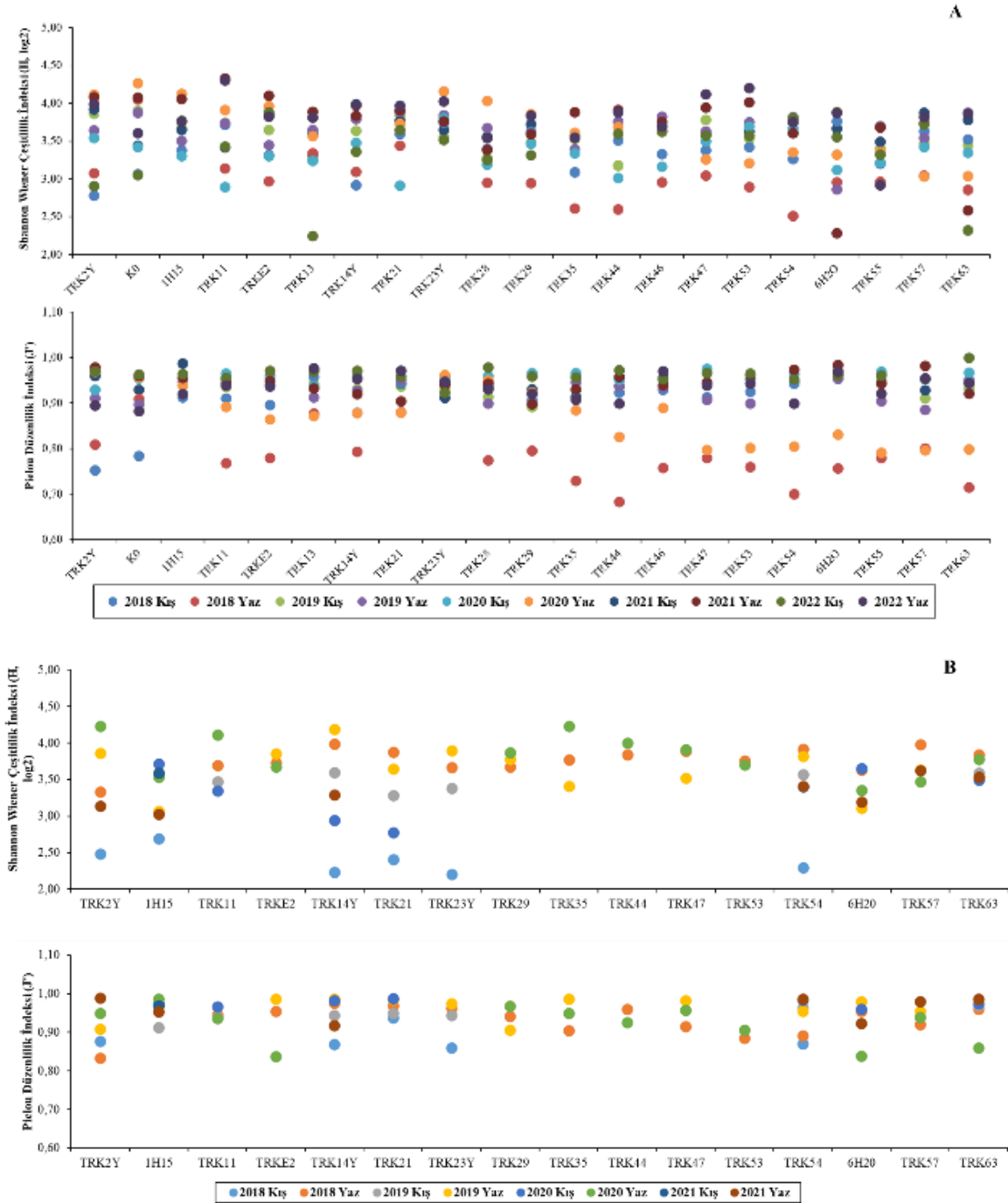
Şekil 3.48. Alt tabakada kış mevsiminde zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı



Şekil 3.49. Alt tabakada yaz mevsiminde zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı

Türlerin baskınlığını gösteren Pielou Düzenlilik indisi ( $J'$ ) 0 ile 1 arasında limitlidir ve ortamdaki türlerin baskınlığını gösterir. Pielou Düzenlilik İndeksinin üst tabakada değişimi 0,68 ile 1 arasındadır. En düşük değerler ise toplam zooplankton bolluğunun en yüksek olduğu 2018 yaz örnekleme döneminde tespit edilmiştir. Üst tabakada Shannon-Weiner Çeşitlilik indisi ( $H$ ,  $\log_2$ ) değerlerinin 2,25 ile 4,33 arasında

değiştiği saptanmıştır. Bu indis değeri 2018 yaz döneminde doğudaki istasyonlarda yüksek bolluk değerlerine sahip Cladocera *Penilia avirostris*, Copepoda grubundan *Centropages ponticus* türlerinin etkisi ile daha düşüktür. Bunun yanı sıra Shannon çeşitlilik indisinin yüksek değerlerine Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki istasyonlarda rastlanmıştır (Şekil 3.50).



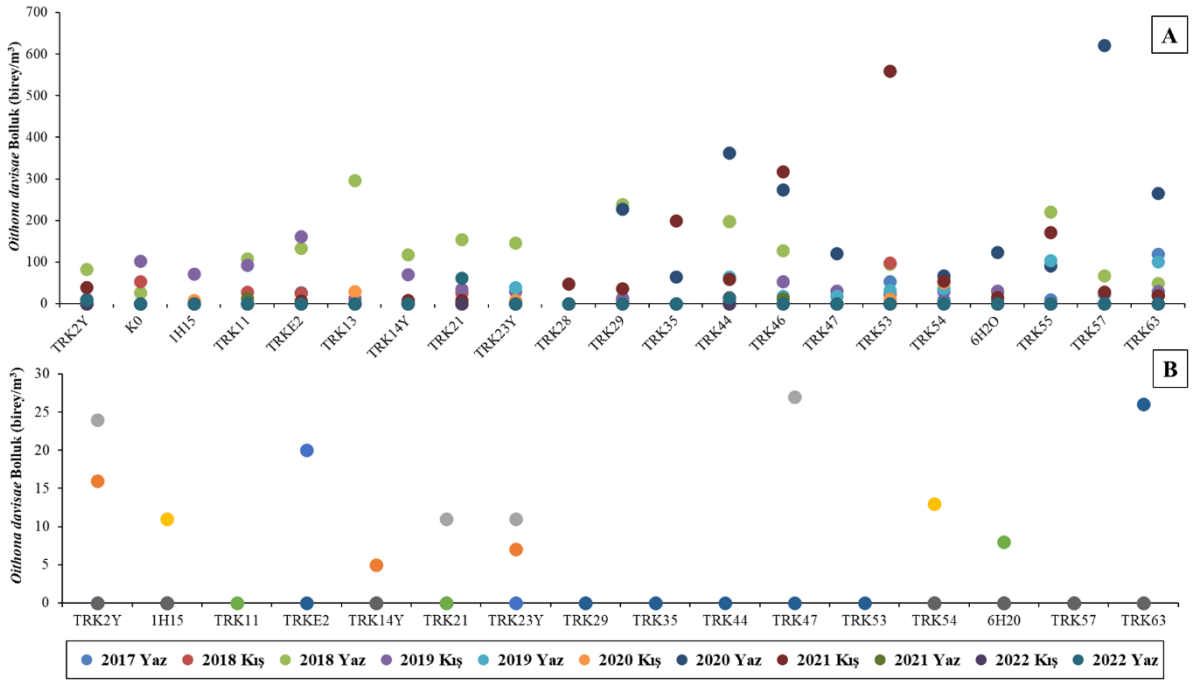
Şekil 3.50. Komünite indekslerinin örnekleme istasyonlarında yıllar içindeki değişimi (A: Üst Tabaka, B: Alt Tabaka)

Karadeniz'deki ekolojik koşulların zaman ile değişimi (iklimsel değişiklikler, yüzey suyu sıcaklığının artışı vd.) bazı kopepod türlerinin (*Paracartia latisetosa*, *Acartia margalef*, *Oithona nana* vs.) ekosistemde artık görülmemesine, gemi balast suları ile ekosisteme giren bazı yeni türlerin ise (*Oithona davisae* vd.) sistemde yoğun olarak görülmesine neden olmuştur. Giriş yapan işgalci türler yok olan türlerin yerini alarak ve boş kalan ekolojik nişleri doldurarak yüksek bolluk değerlerine ulaşmıştır (Gubanova vd., 2014). Bu çalışma kapsamında yapılan örneklemelelerde yabancı tür olarak *Oithona davisae* türü tespit edilmiştir. *O. davisae*'nin üst tabakada en yüksek bolluk değerleri 2020 yılı yaz örneklemeğinde Rize Kontrol (TRK57, 621 birey/m<sup>3</sup>) istasyonunda saptanmıştır. Bu tür 2018 yaz örneklemeğinde copepoda grubuna en fazla katkıyı yapan tür olmuştur (Şekil 3.51). Alt tabakada ise en yüksek bolluk değeri İnebolu Kontrol (TRK23Y, 161 birey/m<sup>3</sup>) istasyonunda 2019 kış örnekleme döneminde tespit edilmiştir.

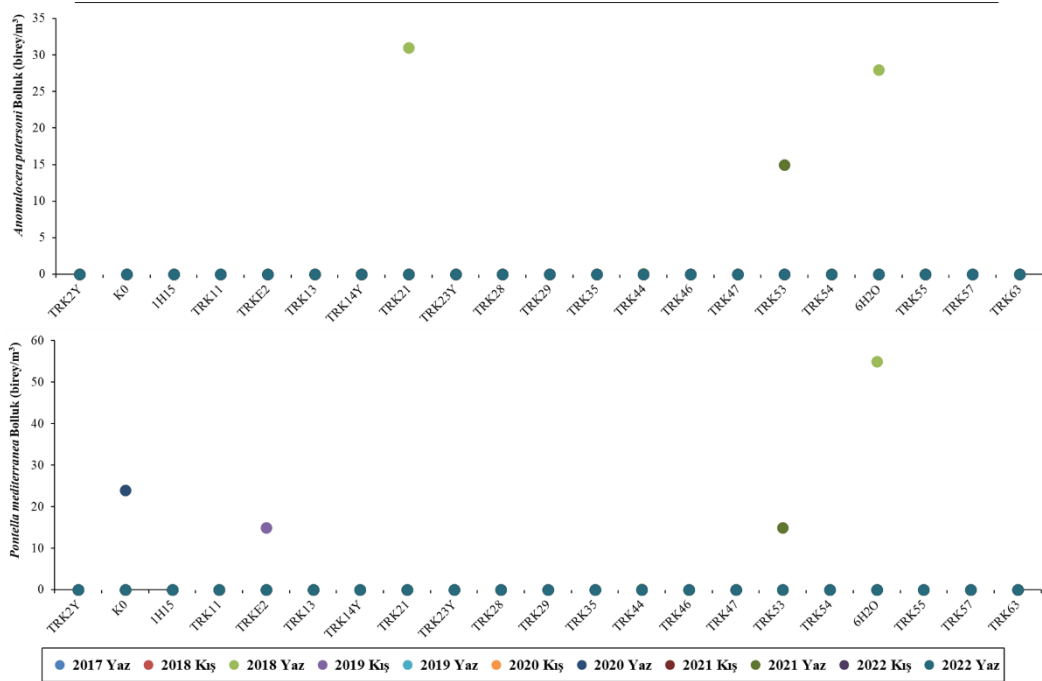
Diğer taraftan Karadeniz IUCN Red Book'ta yer alan nesli tükenmekte olan copepoda grubu üyelerinden *Anomalocera pattersoni* türü 2018 ve 2021 yaz örnekleme dönemlerinde tespit edilmiştir. *Pontella mediterranea* türü ise 2018 yaz, 2019 kış, 2020 ve 2021 yaz örnekleme dönemlerinde zooplankton örneklerinde tespit edilmiştir. 2018 yaz örneklemeğinde *Anomalocera pattersoni* türü Bartın Kontrol (TRK 21), Arsin 20 mil (6.hat) (6H20) ve Trabzon Kontrol (TRK53) istasyonlarında sırasıyla 31-28-15 birey/m<sup>3</sup> olarak saptanmıştır. *Pontella mediterranea* ise 2018 yaz döneminde Arsin 20 mil (6.hat) istasyonunda (6H20) 55 birey/m<sup>3</sup>, 2019 kış örneklemeğinde Karadeniz Ereğlisi istasyonunda (TRKE2, 15 birey/m<sup>3</sup>) tespit edilmiştir. *P. mediterranea* 2020 yılında Boğaz Çıkışı-1.Hat (K0, 24 birey/m<sup>3</sup>) istasyonunda, 2021 yılında ise Trabzon Kontrol (TRK53, 15 birey/m<sup>3</sup>) istasyonunda yaz örnekleme döneminde gözlenmiştir (Şekil 3.52, Tablo 3.12).

**Tablo 3.12.** Karadeniz Red-Book 'ta yer alan zooplankton türleri

Tür Adı	Örnekleme dönemi	İstasyon
<i>Anomalocera patersoni</i>	2018 Yaz	Bartın Kontrol (TRK21), Arsin 20 mil (6.hat) (6H20)
	2021 Yaz	Trabzon Kontrol (TRK53)
<i>Pontella mediterranea</i>	2018 Yaz	Arsin 20 mil (6.hat) (6H20)
	2019 Kış	Karadeniz Ereğlisi (TRKE2)
	2020 Yaz	Boğaz Çıkışı-1.Hat (K0)
	2021 Yaz	Trabzon Kontrol (TRK53)
<i>Oncea sp.</i>	2018 Yaz	İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü (TRK2Y)
	2019 Kış	Boğaz Çıkışı-1.Hat (K0)



Şekil 3.51. İstilacı *Oithona davisae* türünün bolluk dağılımı (A: Üst Tabaka, B: Alt Tabaka)



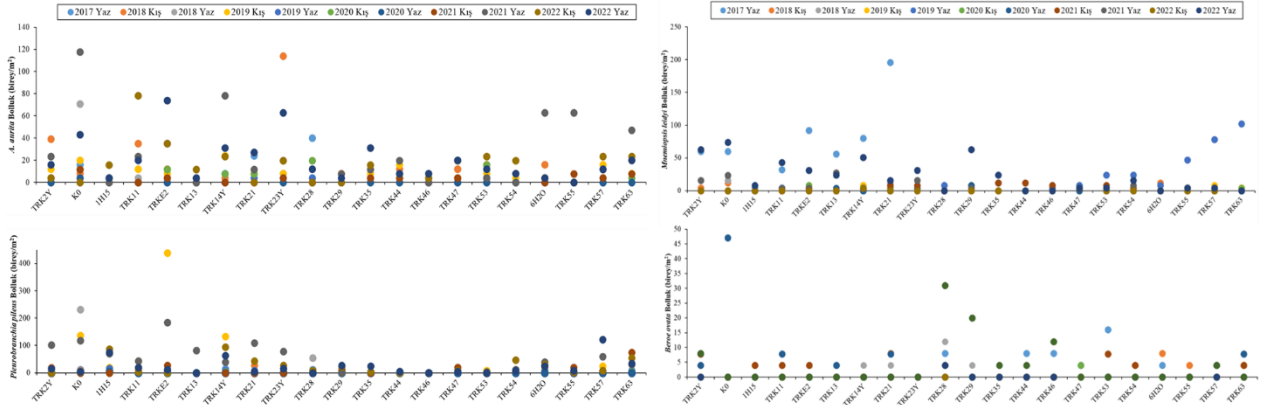
Şekil 3.52. Karadeniz IUCN Red-Book'ta bulunan copepod türlerinin üst tabakadaki bolluk dağılımı

Kuzey Amerika'nın doğu sahili kaynaklı istilacı taraklı medüz türü *Mnemiopsis leidy*'nin Karadeniz ekosistemine girişi, bugüne kadar bilinen en yıkım yaratan istilalardan biri olarak kabul edilir. 1982 yılında ilk olarak Karadeniz ekosisteminde görülen *M. leidy*, 1988 yılı itibari ile tüm ekosisteme yayılım göstermiştir (Vinogradov vd. 1989). Yaklaşık olarak on

yıl sonra (1987 yaz döneminde), *M. leidy* ile beslenen bir başka taraklı medüz türü *Beroe ovata* balast suları ile Karadeniz'e giriş yapmıştır. Her iki türün yıl içerisindeki dinamiklerinin sıcaklık ve besin kontrolünde (*M. leidy* için zooplankton ve *B. ovata* için *M. leidy*) olduğu literatürde vurgulanmaktadır (Shiganova vd. 2018). Karadeniz'de erişkin *M. leidy* ve *B.*

*ovata*'nın bolluğunun son dönemlerde büyük bir azalma ile yıldan yıla değişim içinde olduğu bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında *M. leidy*'nin en yüksek bolluk değerleri 2017 yaz örneklemeğinde Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki istasyonlarda tespit edilmiştir (Şekil 3.53). *B. ovata* türünün en yüksek bolluğu ise 2020 yaz örnekleme döneminde Boğaz Çıkışı-1.Hat (K0, 47 birey/m<sup>2</sup>) istasyonunda saptanmıştır. Son yıllarda her iki türün bolluğu azalmış ve 2015 ve 2016 yıllarında, *M. leidy*'nin bolluğu 3,4 birey/m<sup>3</sup>'ten 1.56 birey/m<sup>3</sup>'e düşmüştür. *B. ovata*'nın bolluğu ise 1,4 - 1,8 birey/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir (Shiganova vd. 2018). Predatör *B. ovata*, *M. leidy* popülasyonunun başlangıcından

itibaren geliştiği için, *M. leidy* üreme oranının düşmesinden dolayı yüksek bolluğa ulaşamamıştır. *M. leidy* bolluğunun azalmasında etkili olan bir diğer faktörün, 2012 yılından bu yana temmuz-ağustos aylarında 27 °C'nin üzerindeki deniz suyu sıcaklık artışı olduğu düşünülmektedir. *M. leidy*'nin sıcaklığın 27 °C'den yüksek olduğu dönemlerde üremeyi durdurduğu araştırmalarda belirtilmektedir (Shiganova vd. 2018). Denizanası *A. aurita* ve *Pleurobranchia pileus* türleri de Karadeniz ekosisteminde yapılan örneklemelemlerde tespit edilmiş olup, bolluk değerlerinin olumsuz etki yaratacak yüksek seviyelere ulaşmadığı görülmüştür.



Şekil 3.53. Denizanası ve Taraklı Medüz Türlerinin Bolluğunun örnekleme istasyonlarında yıllar göre değişimi

Tüm bu bilgiler ışığında zooplankton gruplarına ait verilerin Karadeniz kıyısındaki ekosistemdeki tüm grupları temsil ettiği görülmüştür. Üst tabakada, Dinoflagellate *Noctiluca scintillans* türü hariç, copepoda grubu 2017, 2018 ve 2020 yaz dönemleri dışında tüm örnekleme dönemlerinde zooplanktona en yüksek katkıyı yapan grup olmuştur. 2017, 2018 ve 2020 yaz dönemlerinde ise üst tabaka istasyonlarında cladocera grubunun çok yüksek bolluk değerleri tespit edilmiştir ve toplam bolluğa en yüksek katkıyı bu grup yapmıştır. Ayrıca bu dönemlerde cladocera grubunda *Penilia avirostris* türü baskın olarak bulunmuştur. 2019 yaz döneminde ise cladocera grubunda Samsun Kontrol istasyonunun (TRK35) doğusunda *Penilia avirostris*,

batısında kalan istasyonlarda *Pseudoevadne tergestina* türü baskın olarak saptanmıştır. Alt tabakada, *N. scintillans* türü hariç, kış ve yaz örnekleme dönemlerinde copepoda grubunun baskın olduğu görülmüştür. Tüm bu sonuçlara ek olarak, örnekleme dönemlerine çok daha dinamik mevsimler olan İlkbahar ve Sonbahar mevsimlerinin de eklenmesi önem arz etmektedir. Özellikle sıcaklık değişimlerinin daha fazla olduğu ve birçok organizmanın üreme dönemlerinin yoğun olduğu daha aktif bu mevsimlerin örnekleme takvimine dahil edilmesi elde edilecek sonuçların daha etkili yorumlanmasına olanak sağlayacağı açıktır.

### 3.4 Deniz Tabanı Habitataları

Bu izleme bileşeninde makro flora, deniz çayırları, makrozoobentos ve demersal balık türleri dikkate alınan canlı grupları olup, deniz tabanının fiziksel ve kimyasal yapısı ile biyotik ve abiyotik habitatlar

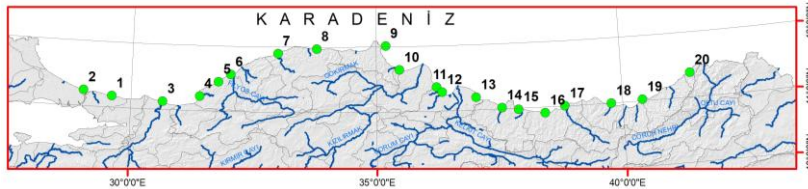
incelenmekte ve izlenmektedir. DSÇD T1, T6 ile direkt, T2, T3 ve T4 ile de dolaylı olarak ilişkilidir.

#### 3.4.1 Makro Flora

Üçüncü üç yıllık DEN-İZ (2020-2022) izleme çalışmalarında Karadeniz kıyılarında makro flora değerlendirmesi kıyısız bölgede yaz dönemlerinde (2021) toplam 19 alanda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.54, EK3). Yıllar arasında farklı sayıda istasyonda ölçüm ve gözlem yapılmıştır (Tablo 3.14).

Makroflora tür çeşitliliği yıllara göre değerlendirildiğinde; 2014 yılında 96 takson, 2015 yılında 99 takson, 2016 yılında 101 takson, 2017 yılında 105 takson, 2018 yılında 98 takson, 2019 yılında 101 takson ve 2021 yılında 105 takson tespit edilmiştir. Bunların farklı sınıf/filum ve yıllara göre değişimleri

Tablo 3.13’de verilmiştir. Ekolojik Değerlendirme İndeksi (EEI) ile yapılan değerlendirme için makrofitler öncelikle ESG I (hassas türler) ve ESG II (fırsatçı türler) olmak üzere Ekolojik Durum Gruplarına ayrılmış ve oluşturdukları % örtü değerleriyle (Orfanidis *vd.*, 2011) EEI-c değeri bulunmuştur. Çalışma istasyonlarının 2021 yılındaki ESG I ve ESG II takson sayısı dağılımları Şekil 3.55’de sunulmuştur. Sonrasında da SÇD’ye yönelik Ekolojik Kalite Oranı  $EEI_{EQR}$  bulunmuş ve Ekolojik Durum Sınıfları (EDS) tespit edilmiştir (Tablo 3.14).



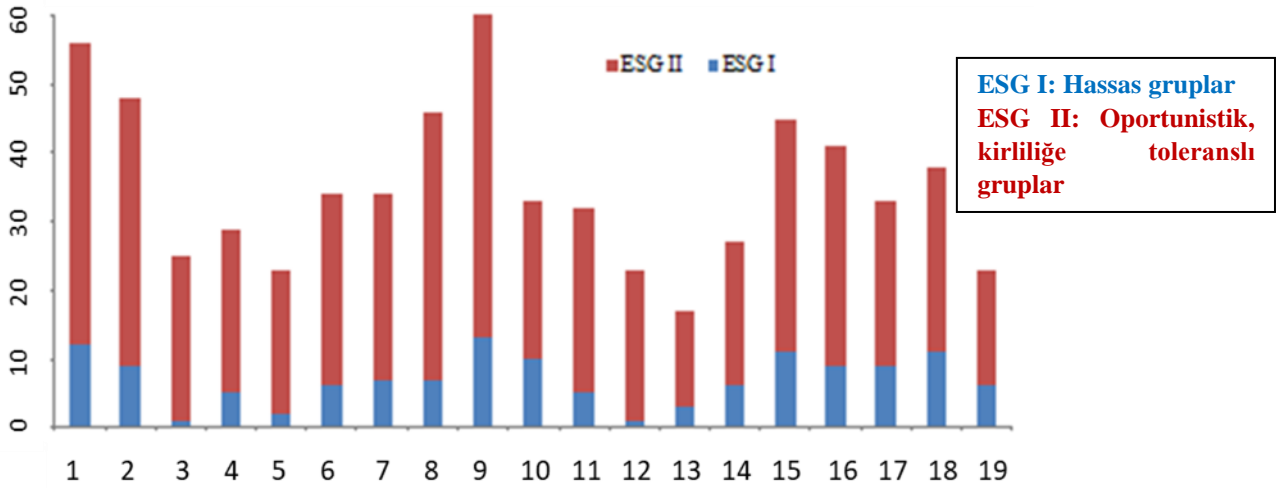
Şekil 3.54. Karadeniz makroflora istasyonları

(1:Şile, 2:Kilyos, 3:Sakarya N., 4:Ereğli, 5:Zonguldak, 6:Filyos, 7:Cide, 8:İnebolu, 9:Sinop, 10:Yakakent, 11:Ondokuz Mayıs, 12: Samsun, 13:Yeşilırmak, 14:Fatsa, 15: Ordu, 16:Giresun, 17:Tirebolu, 18: Trabzon 19: Rize, 20: Hopa)

İstasyonlarda Ekolojik Değerlendirme İndeksi - (EEI) ile ortamın ekolojik durumunun belirlenebilmesi için 0-3 m derinlik aralığından doğrudan elle ya da maskeşnorkel ile serbest dalış yapılarak 20x20 cm’lik kuadrat ile 3 tekrarlı makroflora örneklemeleri yapılmış, tür dağılımları ve % örtü durumu saptanmıştır. Gerekli durumlarda kıyıda açığa doğru (20-30 m) habitatlar gözlemlenmiş ve yayılımları raporlanmıştır.

Tablo 3.13. 2014-2022 izleme döneminde saptanan makro flora takson sayıları

Sınıf/Filum	Karadeniz						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021
Phaeophyceae	19	19	18	19	19	19	20
Rhodophyta	49	50	52	55	48	52	55
Chlorophyta	26	27	27	27	27	27	26
Spermatophyta	2	3	4	4	3	3	4
Toplam Takson Sayısı	96	99	101	105	97	101	105



**Şekil 3.55.** Karadeniz istasyonlarının 2021 yılı ESG I ve ESG II gruplarının takson sayıları (1:Şile, 2:Kilyos, 3:Sakarya N., 4:Ereğli, 5:Zonguldak, 6:Filyos, 7:Cide, 8:İnebolu, 9:Sinop, 10:Yakakent, 11:Ondokuz Mayıs, 12: Samsun, 13:Yeşilırmak, 14:Fatsa, 15: Ordu, 16:Giresun, 17:Tirebolu, 18: Rize, 19: Hopa)

**Tablo 3.14.** 2014-2022 izleme döneminde makro flora çalışma istasyonlarının “Ekolojik kalite İndeksi: EEI” ile yapılan kalite sınıflandırması (K:Kötü, Z:Zayıf, O:Orta, İ:İyi, Çİ:Çok İyi)

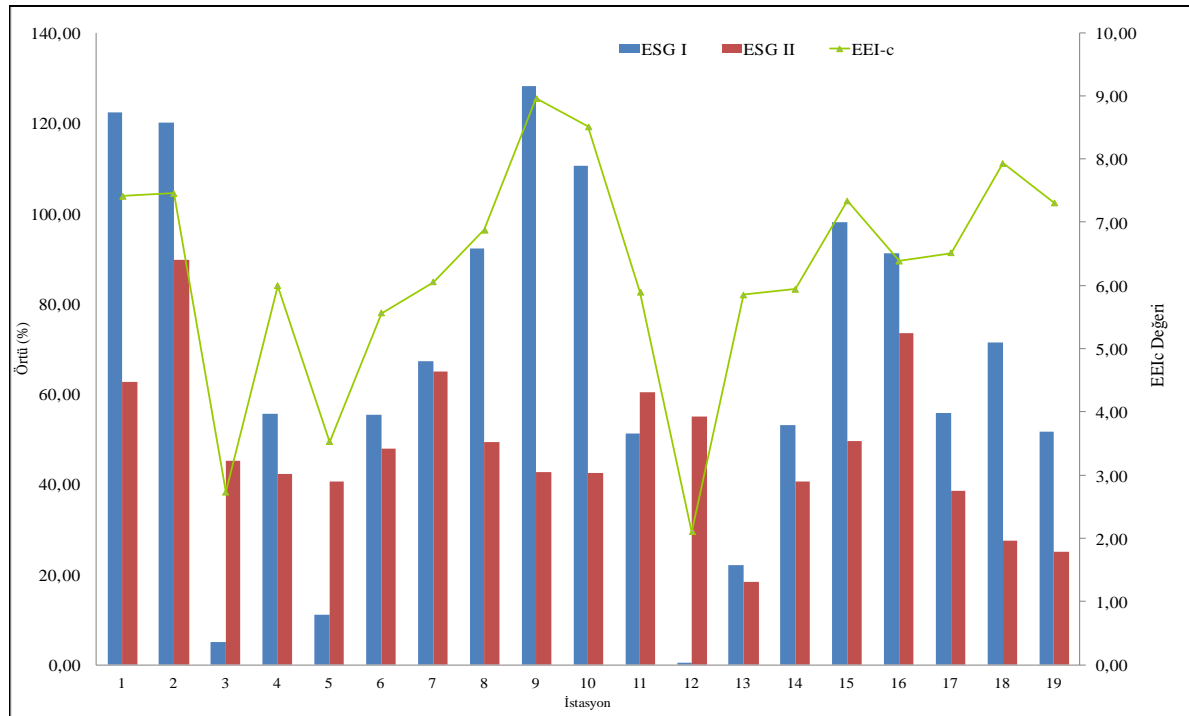
İstasyonlar	2014 EEI		2015 EEI		2016 EEI		2017 EEI		2018 EEI		2019 EEI		2021 EEI	
	EEI <sub>EQR</sub>	EDS	EEI <sub>EQR</sub>	EDS	EEI <sub>EQR</sub>	EDS	EEI <sub>EQR</sub>	EDS	EEI <sub>EQR</sub>	EDS	EEI <sub>EQR</sub>	EDS	EEI <sub>EQR</sub>	EDS
Şile	0,52	İ	0,76	Çİ	0,84	Çİ	0,8	Çİ	0,78	Çİ	0,71	İ	0,68	İ
Kilyos	te	te	0,56	İ	0,62	İ	0,68	İ	0,72	İ	0,69	İ	0,56	İ
Sakarya Nehri	0,03	K	0,02	K	0	K	0	K	te	te	0,06	Z	0,1	Z
Krd.Ereğli	te	te	te	te	te	te	te	te	0,39	O	0,53	İ	0,5	İ
Zonguldak	0,1	Z	0,14	Z	0,17	Z	0,11	Z	te	te	0,13	Z	0,21	Z
Filyos	te	te	0,22	Z	0,24	Z	0,31	Z	0,35	O	0,36	O	0,48	İ
Cide	0,47	O	0,59	İ	0,62	İ	0,55	İ	0,58	İ	0,52	İ	0,54	İ
İnebolu	0,69	İ	0,72	İ	0,8	Çİ	0,75	Çİ	0,76	Çİ	0,68	İ	0,61	İ
Sinop	0,78	Çİ	0,86	Çİ	0,98	Çİ	0,94	Çİ	0,95	Çİ	0,89	Çİ	0,87	Çİ
Yakakent	te	te	0,77	Çİ	0,86	Çİ	0,8	Çİ	0,84	Çİ	0,74	İ	0,81	Çİ
Kurupelit	te	te	te	te	te	te	te	te	0,61	İ	0,54	İ	0,49	İ
Samsun	0,06	Z	0,05	Z	0	K	0	K	0	K	0	K	0,03	K
Yeşilırmak	0	K	0,32	O	0,35	O	0,53	İ	0,39	O	0,42	O	0,48	İ
Fatsa	te	te	0,06	Z	0,02	K	0,17	Z	0,55	İ	0,54	İ	0,49	İ
Ordu	0,12	Z	te	te	te	te	te	te	0,7	İ	0,62	İ	0,66	İ
Giresun	0,36	O	0,52	İ	0,59	İ	0,63	İ	0,65	İ	0,66	İ	0,55	İ
Tirebolu	te	te	0,6	İ	0,65	İ	0,6	İ	0,55	İ	0,62	İ	0,58	İ
Trabzon	0,22	Z	0,21	Z	0,2	Z	0,24	Z	te	te	te	te	te	te
Rize	0,52	İ	0,66	İ	0,74	İ	0,77	Çİ	0,81	Çİ	0,76	Çİ	0,74	İ
Hopa	0,18	Z	0,31	O	0,43	O	0,36	O	0,51	İ	0,55	İ	0,66	İ

te: test edilmedi

2014-2019 yılları arasında makrofloraya (makroalg ve angiosperm) ait izleme çalışmasında Karadeniz kıyılarında 20 istasyonda EEI-c ile yapılan genel değerlendirme sonucunda Sinop ve Yakakent “çok iyi”, Şile, Kilyos, Cide, İnebolu, Kurupelit, Giresun, Tirebolu ve Rize “iyi”, Filyos, Yeşilirmak, Fatsa, Ordu, Krd. Ereğli ve Hopa “orta”, Zonguldak ve Trabzon “zayıf”, Sakarya Nehri ve Samsun ise “kötü” bir ekolojik durum sınıfında (EDS) oldukları belirlenmiştir. Ordu ve Krd. Ereğli sahip oldukları ESG I türlerin % örtü yıllara göre değiştiğinden ekolojik durum sınıfları da orta/iyi olarak değişebilmektedir.

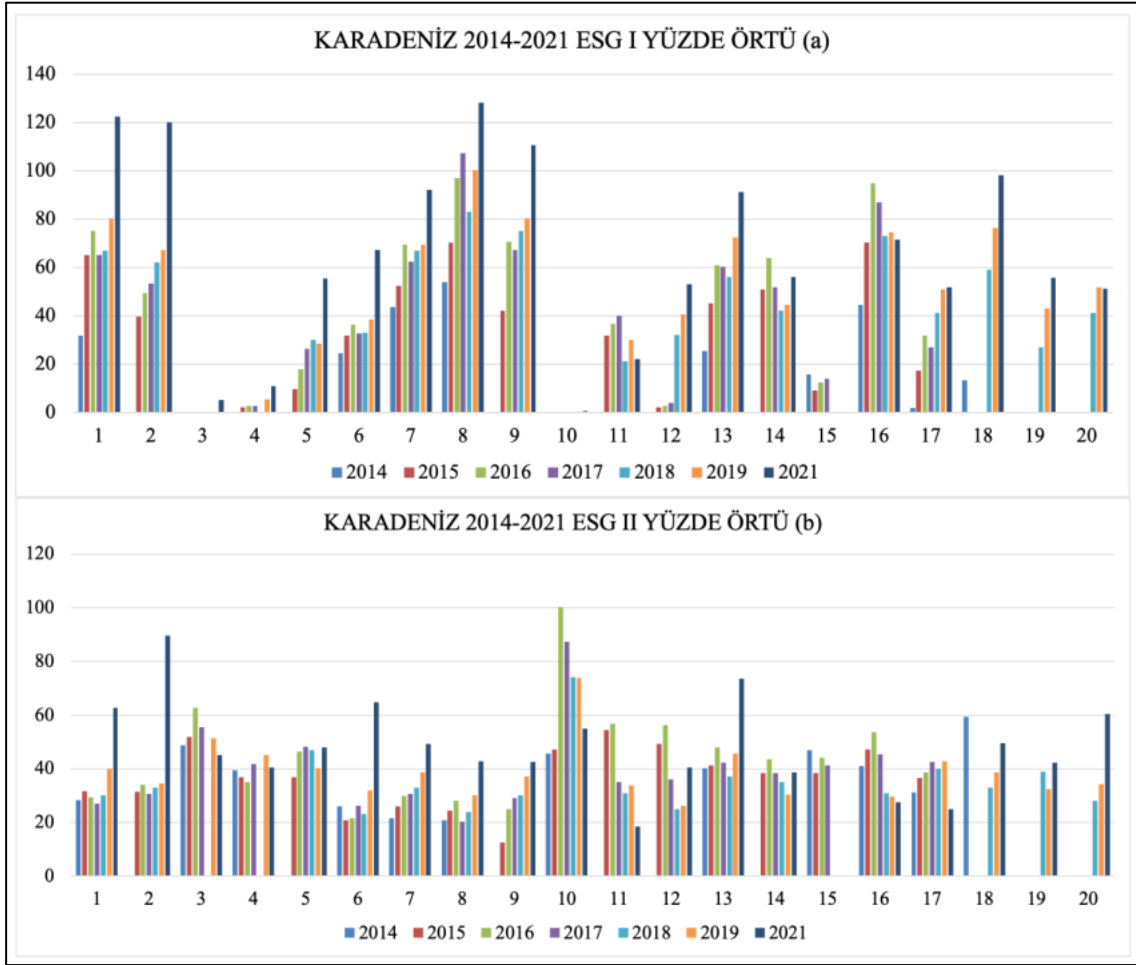
2021 yılında, ESG I örtü yüzdesi (Orfanidis vd., 2011; DİSSP, 2017) daha önceki yıllarda olduğu gibi en fazla Sinop, Şile ve Kilyos istasyonlarında (>% 100) belirlenmiştir (Şekil 3.56, Şekil 3.57). Ekolojik Değerlendirme İndeksi (EEI) ile yapılan değerlendirme sonucunda istasyonlardan 2 tanesi “çok iyi” (Sinop-

KDMA09, Yakakent-KDMA10), 14 tanesi “iyi” (Şile-KDMA01, Kilyos-KDMA02, Ereğli-KDMA04, Filyos-KDMA06, Cide-KDMA07, İnebolu-KDMA08, Ondokuz Mayıs-KDMA11, Terme-KDMA13, Fatsa-KDMA14, Ordu-KDMA15, Giresun-KDMA16, Tirebolu-KDMA17, Rize-KDMA19, Hopa-KDMA20), 2 tanesi “zayıf” (Sakarya Nehri-KDMA03, Zonguldak-KDMA05) ve bir tanesinin “kötü” (Samsun-KDMA12) bir ekolojik durum sınıfında (EDS) oldukları belirlenmiştir. Kötü, zayıf ve orta ekolojik durum sınıfında olan bölgelerin Yönetim Hedefi “RESTORASYON” olup iyi ve çok iyi ekolojik durum sınıfında olan bölgelerin ise “SÜRDÜRÜLEBİLİR” olmalıdır. Daha önce de belirtildiği gibi Karadeniz kıyılarında hassas türler olan *Cystoseira* s.l., denizel çiçekli bitkiler (angiosperm) (özellikle *Zostera* spp.) ve kalkerli kırmızı alglerin varlığının takibine devam edilmesi ve gerektiğinde korunması oldukça önemlidir.



**Şekil 3.56.** 2021 yılı Karadeniz istasyonlarının ESG I ve ESG II türlerinin ortalama örtü değerleri (% olarak) ile EEI-c değerleri

(1:Şile, 2:Kilyos, 3:Sakarya N., 4:Ereğli, 5:Zonguldak, 6:Filyos, 7:Cide, 8:İnebolu, 9:Sinop, 10:Yakakent, 11:Kurupelit, 12: Samsun, 13:Yeşilirmak, 14:Fatsa, 15: Ordu, 16:Giresun, 17:Tirebolu, 18: Rize, 19: Hopa)



**Şekil 3.57.** Karadeniz makro flora istasyonları 2014-2021 ESG I ve ESG II değişimleri

(1:Şile; 2:Kilyos; 3:Sakarya Nehri; 4:Zonguldak; 5:Filyos; 6:Cide; 7:İnebolu; 8:Sinop; 9:Yakakent; 10:Samsun; 11:Yeşilirmak; 12:Fatsa; 13:Giresun; 14:Tirebolu; 15:Trabzon; 16:Rize; 17:Hopa; 18:Ordu; 19:Krd.Ereğli; 20:Kurupelit)

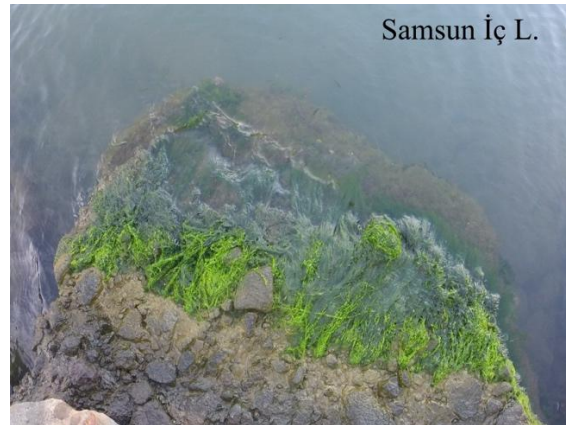
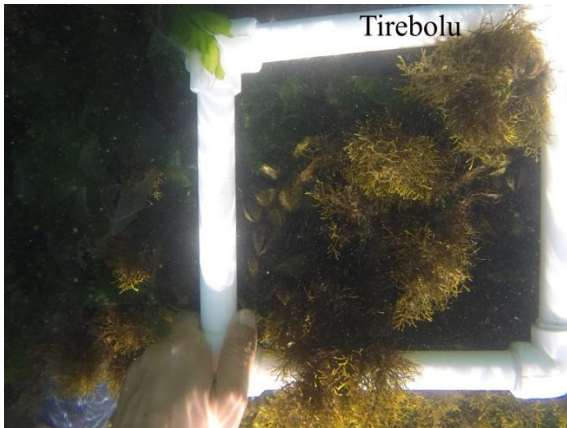
### Karadeniz makroflorasının egzotik türler, koruma altındaki türler ve tehdit oluşturan türler açısından değerlendirilmesi

Çınar ve ark. (2021) tarafından Karadeniz kıyılarında 10 yabancı tür rapor edilmiştir: kırmızı algler *Asparagopsis armata*, *Ganonema farisonum*, *Colaonema codicola*, *Polysiphonia paniculata*, *Vertebrata fucoides*, kahverengi algler *Halothrix lumbricalis*, *Pylaiella littoralis*, *Punctaria tenuissima*, *Cutleria multifida*, yeşil alg *Codium fragile* subsp. *fragile*. İzleme çalışmalarında Karadeniz kıyılarında bu egzotik türlere rastlanılmamıştır.

2021 yılı izleme çalışmasında Karadeniz kıyılarında koruma altında ve korunması gerekli olan türler özellikle hassas ve iyi ortam göstergesi olan kahverengi alg *Gongolaria barbata*, *Ericaria bosporica* ile denizel çiçekli bitkilerden *Ruppia maritima* ve *Zostera* (*Z. marina* ve *Z. noltii*) türleridir. *Gongolaria barbata*, *Ericaria bosporica* türleri genelde İYİ ve ÇOK İYİ ekolojik durum sınıfında olan istasyonlarda (Şile, Kilyos, Ereğli, Filyos, Cide, İnebolu, Sinop, Yakakent, Ordu, Giresun, Rize gibi) tespit edilmiştir. Denizel çiçekli bitkilerden *Ruppia maritima* Karadeniz’de iki istasyonda bulunmuştur: Cide ve Sinop. *Zostera* türleri gerek literatür taraması (Taşkın ve ark., 2008) gerekse saha

çalışması sırasında özellikle Sinop başta olmak üzere Cide, Kurupelit, Ordu, Trabzon’da gözlenmiştir. Sinop istasyonunda denizel çiçekli bitkisi *Zostera* türleri 0-1 m arası derinlikte bol olarak tespit edilmiş olup *Zostera marina* Sinop kıyılarında 9-10 m derinliğe kadar inmektedir. Bu örnekleme döneminde Cide ve Kurupelit istasyonlarında *Zostera* bol olarak limanın korunaklı alanlarında gözlenmiştir.

Karasal baskının en fazla hissedildiği Sakarya Nehri, Zonguldak, Samsun, Filyos, Terme, Fatsa, Trabzon gibi istasyonlarda özellikle ESG II grubu üyelerinden yeşil alglerden (Chlorophyta) *Ulva* ve *Cladophora* türleri, ipliksi kırmızı algler (Ceramiales ordosu üyeleri gibi) ile mediolittoral zondaki taşlar üzerinde tabakalaşma gösteren mavi yeşil alglerin (Cyanophyceae) baskısı bulunmaktadır. Toleranslı ve fırsatçı ESG II grubunun üyeleri Karadeniz kıyılarının genelinde bol olarak bulunmakta hatta İYİ/ÇOK İYİ ekolojik durum sınıfında olan istasyonlarda (Kilyos, Şile gibi) bile bu türlerin çeşitliliği ve % örtü değerleri bazen yüksek olarak tespit edilmiştir.



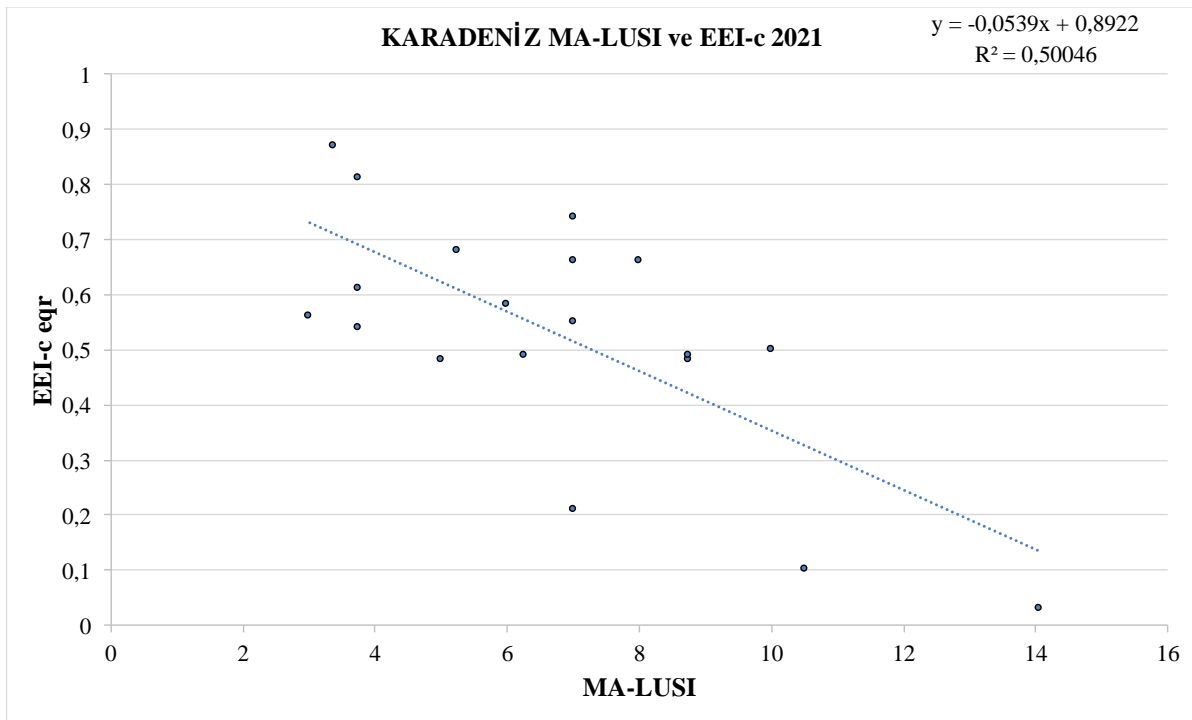
**Şekil 3.58.** Hassas kahverengi alg *Cystoseira barbata* (Kilyos)

**Şekil 3.59.** Fırsatçı yeşil alg *Ulva* sp. (Samsun)

## MA-LUSI Değerlendirmesi

MA-LUSI Değerlendirmesi, LUSI indeksi gibi sadece baskıyı değil, makroalg komüniteleri üzerine etkili marikültür, kanalizasyon deşarjı, liman ya da düzensiz tatlısu girişleri gibi diğer bazı baskıları da içermekte olup özellikle sığ sulardaki makroalg komüniteleri için kullanılabilir (Flo vd., 2011, 2019; MEDGIG, 2013). MA-LUSI indeksi marikültür, sedimandan besin maddesi girişi, şehirleşme, ticaret ve endüstri, tarım, düzensiz tatlısu girişi, liman, geçmiş trofik

durum gibi baskı-etkileri içermekte olup her kategorinin bir puantajı vardır ve buradan hesaplama gerçekleştirilmektedir. 2021 yılında her bir örnekleme istasyonunun MA-LUSI değeri hesaplanmış olup elde edilen değerler etki indeksi (EEI-c) ile ilişkisi test edilmiştir. 2021 yılında baskı indeksi (MA-LUSI) ve etki indeksi (EEI-c) arasındaki ilişki diğer dönemlerdeki gibi negatif linear ( $R^2:0,50$ ) olarak bulunmuştur (Şekil 3.60).



Şekil 3.60. Karadeniz istasyonlarının 2021 yılı MA-LUSI ve EEI-c değerlerinin ilişkisi

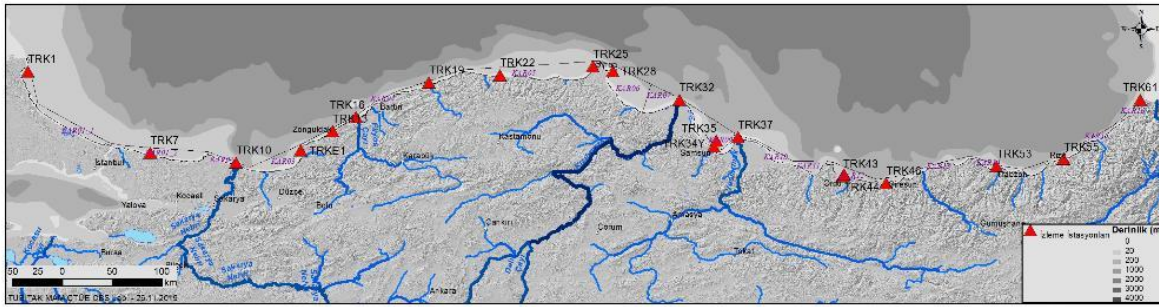
### 3.4.2 Makrozoobentos

#### 3.4.2.1 Yumuşak Substratum

Karadeniz’de 2014-2021 yıllarının yaz aylarında 16-20 istasyonda, 7–72 m derinlik aralığında, 3 replikatlı yumuşak substrat bentik örnekler standart bir Van Veen Grab ile alınmıştır (Şekil 3.61, Tablo 3.15). Örnekler 0,5 mm göz açıklığına sahip elekten geçirilmiş ve elek üzerinde kalan materyal kavanozlara konularak %4’lük formaldehit ile fikse edilmiştir. Elde edilen bireylerin

uzman araştırmacılar tarafından tayinleri yapılmış ve %70’lik alkolde saklanmıştır.

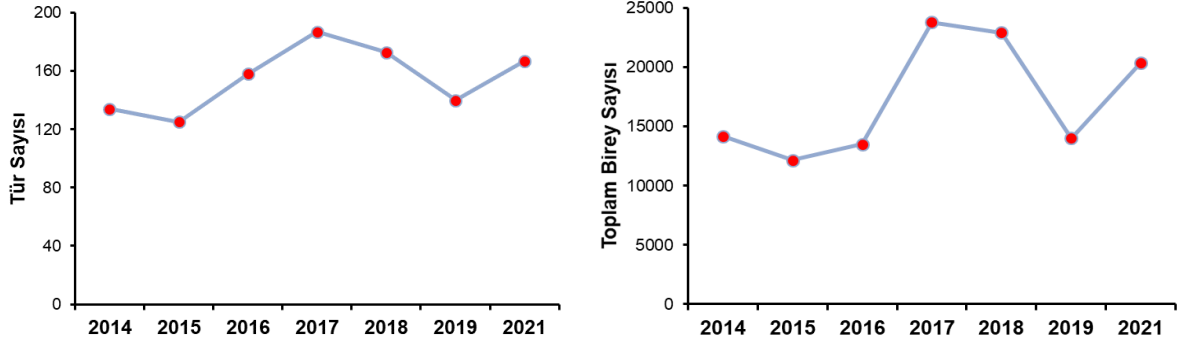
Karadeniz’de örnekleme dönemlerinde belirlenen toplam makrozoobentik tür sayısı 125 (2015 yılı) ile 187 (2017 yılı) arasında, toplam birey sayısı ise 12146 (2015 yılı) ile 23802 (2017 yılı) arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.62).



Şekil 3.61. Karadeniz’de 2021 yılında makrozoobentik örnekleme yapıldığı istasyonlar

Tablo 3.15. Karadeniz makrozoobentos istasyonlarının ve habitat yapıları

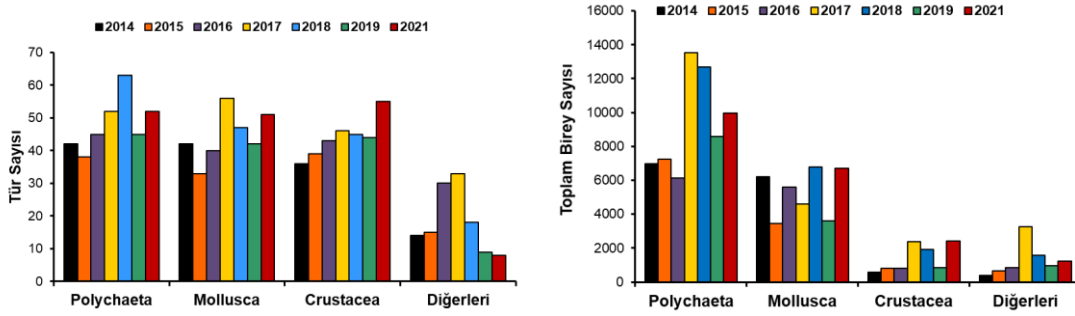
Sıra No	İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Örnekleme Tarihi	Derinlik (m)	Habitat yapısı
1	TRK 1	İğneada ve Tuna Suyu Kontrol	13.07.2021	20 m	Kavkılı kum
2	TRK 7	Şile Kontrol	12.07.2021	23 m	Çamur
3	TRK 10	Sakarya Nehri Kontrol	11.07.2021	20 m	Çamur
4	TRK E1	Karadeniz Ereğlisi	11.07.2021	13 m	Kavkılı ince kum
5	TRK 13	Zonguldak Kontrol	10.07.2021	20 m	Detritikli siyah kumlu çamur
6	TRK 16	Bartın Kontrol	10.07.2021	20 m	Fitodetritus
7	TRK 19	Cide Kontrol 1	09.07.2021	41 m	Kavkılı çamur
8	TRK 22	İnebolu Kontrol	08.07.2021	22 m	Kavkılı detritikli çamur
9	TRK 25	Sinop 2 Kontrol	07.07.2021	20 m	Çamur
10	TRK 28	Sinop 1 Kontrol	07.07.2021	21 m	Kavkılı kaba kum
11	TRK 32	Kızılırmak Kontrol	06.07.2021	86 m	Çamur
12	TRK 34Y	Samsun Kontrol	04.07.2021	21 m	Fitodetrituslu çamur
13	TRK 35	Samsun Kontrol	03.07.2021	50 m	Kavkı
14	TRK 37	Yeşilirmak Kontrol	03.07.2021	10 m	Çamur
15	TRK 43	Ordu Kontrol	02.07.2021	11 m	Kavkılı kum
16	TRK 44	Ordu Kontrol	02.07.2021	51 m	Fitodetrituslu balçık
17	TRK 46	Giresun Kontrol	02.07.2021	25 m	Çamur
18	TRK 53	Trabzon Kontrol	30.06.2021	2 m	Detritikli çamur
19	TRK 55	Rize Kontrol	29.06.2021	28 m	Kavkılı çamur
20	TRK 61	Hopa Kontrol	28.06.2021	71 m	Çamur



Şekil 3.62. Karadeniz 'de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen makrozoobentik tür ve birey sayısı

Araştırma bölgesinde son 8 yılda tespit edilen tür ve birey sayılarının büyük bir kısmı (>%50-60; 2019 yılında toplam bireyin %61'i) Polychaeta grubuna dahildir (Şekil 3.63). Bu grubu Mollusca ve

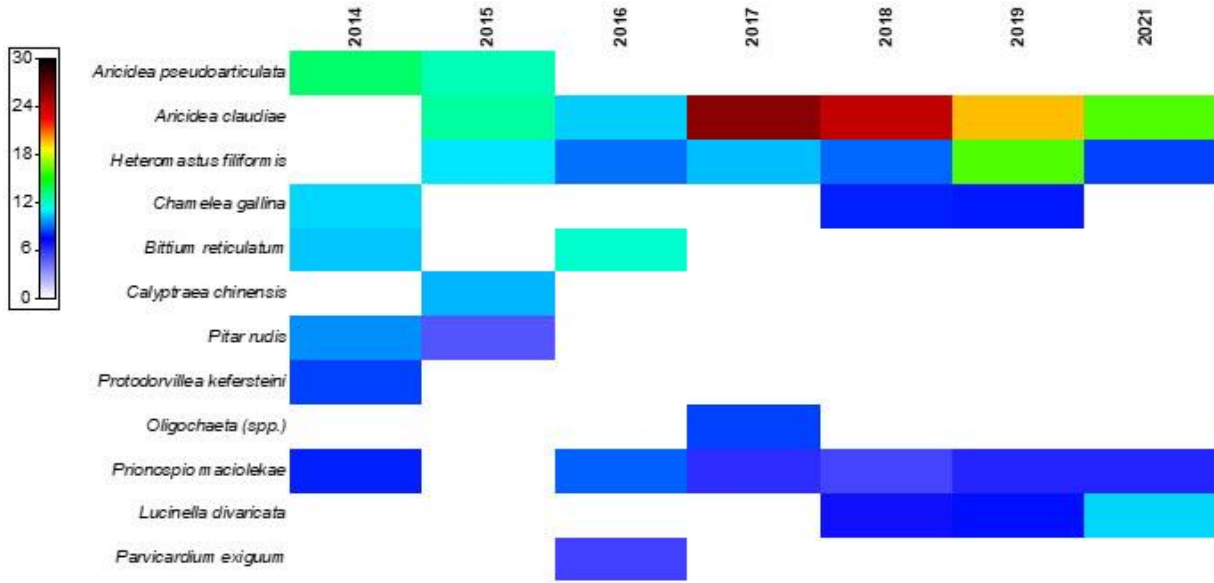
Crustacea takip etmektedir. Tür sayısı bakımından da Polychaeta grubu bölgede en fazla türle (2018 yılında 63 tür) temsil edilir.



Şekil 3.63. Karadeniz'de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen makrozoobentik tür ve birey sayısının taksonomik gruplara dağılımı

2014-2021 yılları arasında Karadeniz'deki istasyonlarda en baskın türler Şekil 3.64'de verilmiştir. Yıllara bağlı olarak bölgede tespit edilen en baskın türlerde farklılık mevcuttur. 2014 yılında en baskın tür *Aricidea pseudoarticulata* (%13,4) olurken

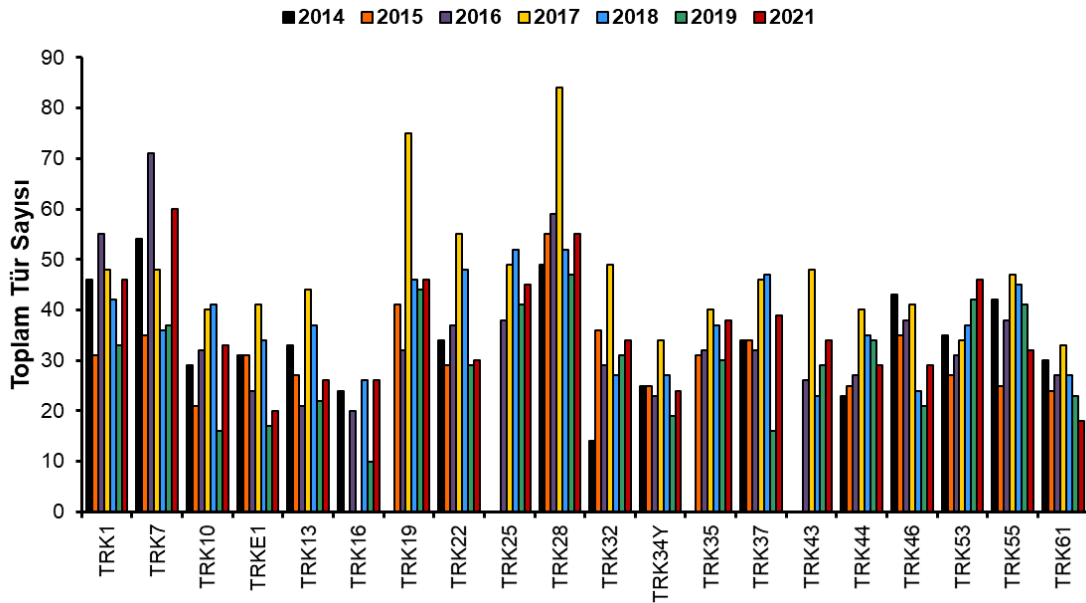
diğer yıllarda *Aricidea claudiae* olmuş ve bölgedeki baskınlık oranı %10,4-25,8 arasında değişmiştir. Bölgedeki diğer baskın tür olan *Heteromastus filiformis*'in baskınlık oranı ise %9 ile %16 arasında değişmektedir.



Şekil 3.64. Karadeniz’de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen en baskın türler ve baskınlık değerleri (%)

Karadeniz’de örneklenen istasyonlarda 2014-2021 yıllarında en az tür sayısı Bartın’da bulunan TRK16 nolu istasyonda (tür sayısı değişimi: 10-24 tür), en fazla tür sayısı ise Sinop’taki TRK28 (49-71 tür), Şile’deki TRK7 (37-71 tür) ve Cide’deki

TRK19 (32-72 tür) nolu istasyonlarda tespit edilmiştir (Şekil 3.65). Genel olarak incelendiğinde Batı Karadeniz istasyonlarının Doğu Karadeniz istasyonlarına oranla daha fazla türle temsil edildiği görülmektedir.

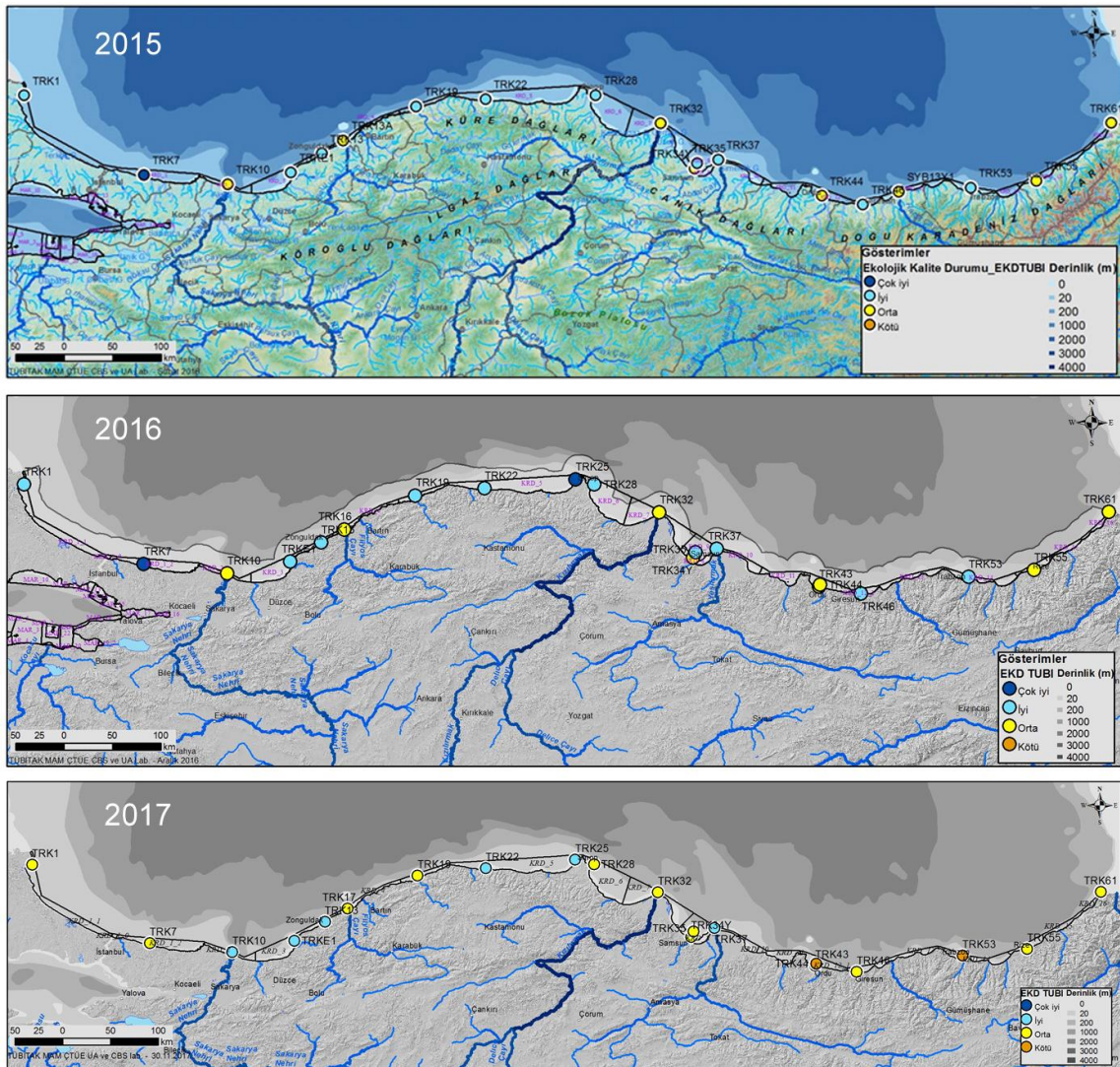


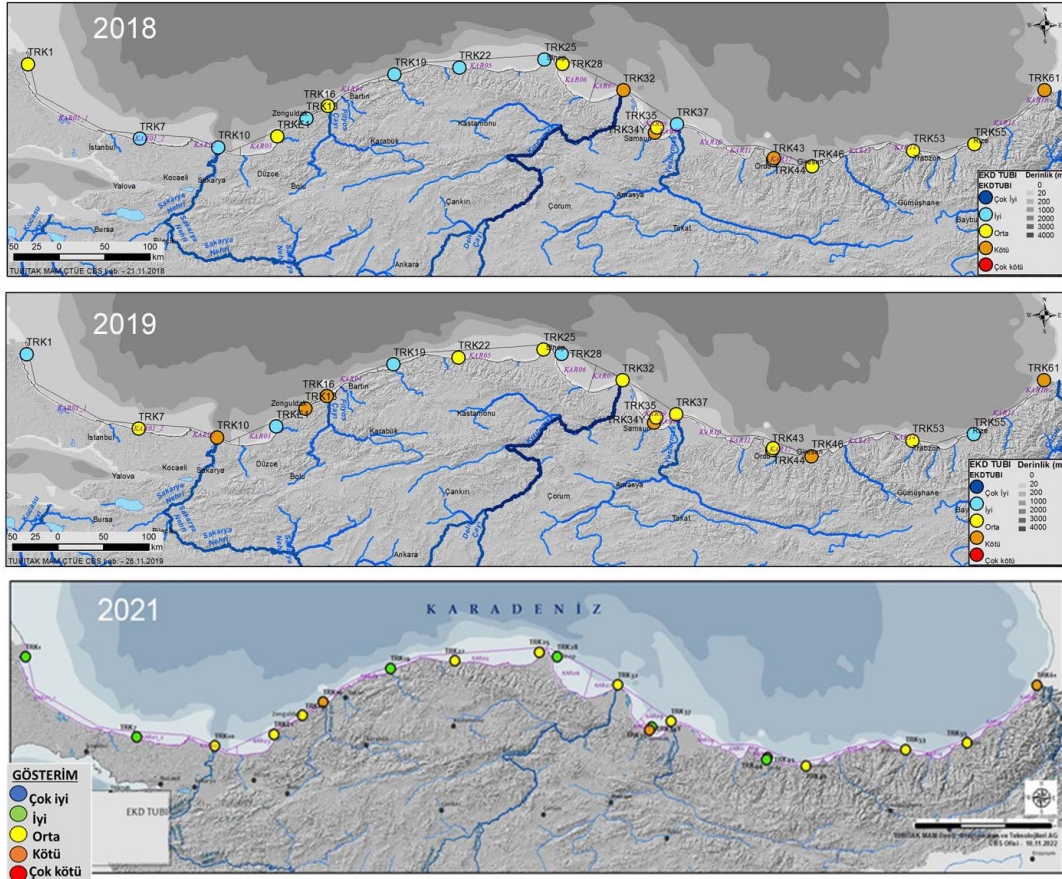
Şekil 3.65. Karadeniz’de 2014-2021 yıllarında istasyonlara tespit edilen toplam tür sayıları

### Ekolojik kalite durumu (TUBİ ile değerlendirme)

TUBİ indeks (Çınar ve ark., 2015) değerleri 2015 yılından itibaren hesaplanmaya başlanmış olup 2015 yılında 1 çok iyi, 10 iyi, 8 orta; 2016 yılında 2 istasyon çok iyi, 10 istasyon iyi, 8 istasyon orta; 2017 yılında 7 istasyon iyi, 11 istasyon orta, 2 istasyon kötü; 2018 yılında ise 8 istasyon iyi, 8 istasyon orta, 4 istasyon kötü; 2019 yılında 5 istasyon iyi, 9 istasyon orta ve 6 istasyon kötü (TRK10 Sakarya, TRK13 Zonguldak, TRK16 Bartın, TRK34Y Samsun, TRK46

Giresun, TRK61 Hopa) ekolojik kaliteye sahip olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3.66). 2021 yılında kötü ekolojik durumun tespit edildiği istasyonlar TRK16 Bartın, TRK34Y Samsun, TRK61 Hopa istasyonları olurken, 6 istasyonun ekolojik kalite durumu iyi olarak belirlenmiştir (Şekil 3.66).



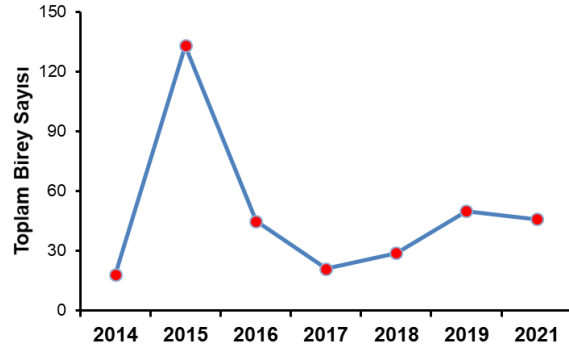
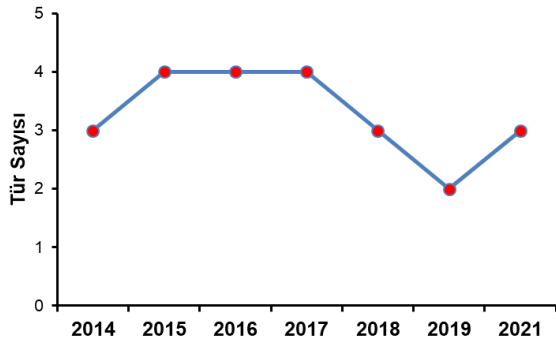


Şekil 3.66. TUBİ değerlerinde göre Karadeniz istasyonlarının yıllara bağlı ekolojik kalite durumları

### Yabancı türler

Karadeniz’de 2014-2021 yıllarında örneklenen istasyonlarda tespit edilen yabancı tür sayısı 2 (2019 yılı) ile 4 (2015-2016 yılı) arasında; yabancı türlere ait birey sayısı ise 20 (2017 yılı) ile 133 (2015)

arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.67). En yüksek birey sayısı (107 birey) 2015 yılında saptanmış olup *Amphibalanus improvisus* bireyleridir.



Şekil 3.67. Karadeniz’de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen yabancı türlere ait tür ve birey sayısı

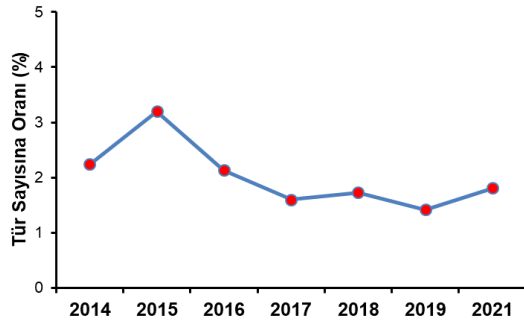
Karadeniz’de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen yabancı türler ve toplam birey sayıları Tablo 3.16’da sunulmuştur. Toplam bentik komünite içerisinde yabancı türlerin birey sayısı oldukça düşük olup örnekleme

yapılan yıllarda hiçbir istasyonda baskın değildir.

**Tablo 3.16.** Karadeniz’de 2014-2021 yılları arasında tespit edilen yabancı türler ve toplam birey sayıları

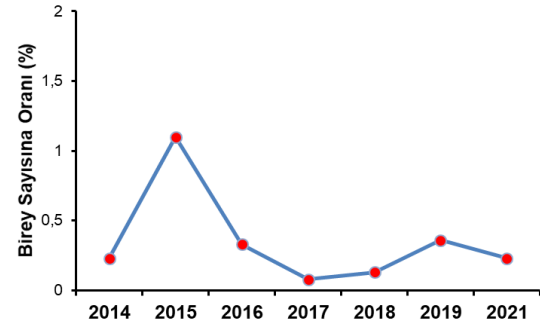
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021
<b>POLYCHAETA</b>							
<i>Polydora cornuta</i>		11	24	5	5		2
<b>CRUSTACEA</b>							
<i>Amphibalanus improvisus</i>	10	107	9				
<b>MOLLUSCA</b>							
<i>Anadara kagoshimensis</i>	18	6	6	10	21	49	43
<i>Rapana venosa</i>	3	9	6	5	3	1	1

Karadeniz’deki yabancı türlerin (tür ve birey sayısının) son 8 yıllık değerlendirmede bentik komünitelerdeki durumları Şekil 3.68’de gösterilmiştir. Bölgedeki istasyonlarda 2014-2021 yıllarında yabancı tür sayısı toplam tür sayısının yaklaşık %1,4-3,2’sini oluşturur. Yıllar arasında yabancı tür sayısı bakımından önemli bir farklılık yoktur. Yabancı türlere ait birey sayısının toplam komünitenin birey sayısına oranı %0,08-



%1,1 arasında değişmektedir. Bu oran oldukça zayıftır.

ALEX indeksi 2017-2021 yılları arasında Karadeniz istasyonlarında hesaplanmış olup tüm istasyonlar yabancı türlerin etkisi bakımından çok iyi kalitededir. İndeks değerleri 0-0,06 arasında değişmektedir. Karadeniz genelinde yabancı türlerin bentik komüniteler üzerine etkileri oldukça zayıftır.



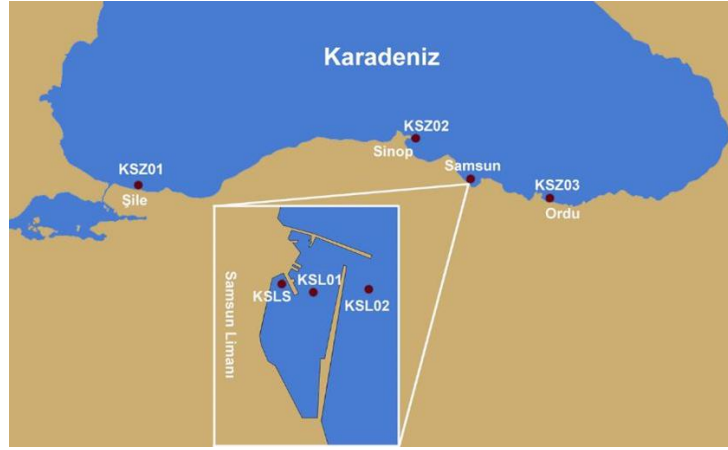
**Şekil 3.68.** Karadeniz’de yıllara bağlı olarak yabancı tür ve birey sayısının toplam tür ve birey sayısına oranları

### 3.4.2.2 Sert Substratum

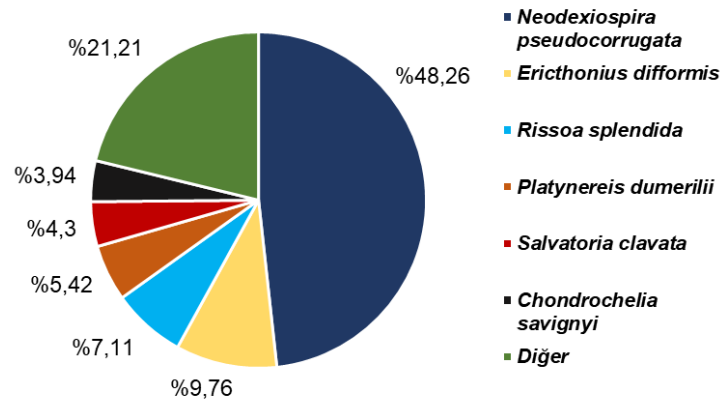
Bu habitat tipi Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında ilk kez 2021 yılındaki izleme çalışmalarına dahil edilmiştir. Bu amaçla Karadeniz kıyılarında seçilen 3 sert substratum istasyonunun (Şile, Sinop, Ordu) kayalık üst infralittoral zonundaki alg fasiyesleri 20x20 cm bir kare yardımıyla 2021 yaz mevsiminde (Temmuz) örneklenmiştir (Şekil 3.59). 2021 yılında Karadeniz kıyılarımızda yer alan KSZ01, KSZ02 ve KSZ03 nolu istasyonlardaki *Cystoseira* sp. türü kahverengi algin fasies oluşturduğu sert substratumdan toplanan bentik materyalin incelenmesi sonucunda 9 taksonomik gruba (Cnidaria, Platyhelminthes, Nemertea, Polychaeta, Crustacea, Arachnida, Pycnogonida,

Mollusca ve Echinodermata) ait 76 tür ve bu türlere ait toplam 16199 birey tespit edilmiştir. Gruplar arasında Crustacea tür sayısı (toplam tür sayısının %50’si), Polychaeta ise birey sayısı (%62) bakımından en baskın gruplardır.

Araştırma bölgesinde tespit edilen türlerden tüplü poliket *Neodexiospira pseudocorrugata* 7813 bireyle (%48,26) en dominant tür olarak saptanmıştır. *Neodexiospira pseudocorrugata*’yı sırasıyla, *Ericthonius difformis* (%9,76), *Rissoa splendida* (%7,11), *Platynereis dumerillii* (%5,42), *Salvatoria clavata* (%4,3) ve *Chondrochelia savignyi* (%3,94) takip etmektedir (Şekil 3.70).



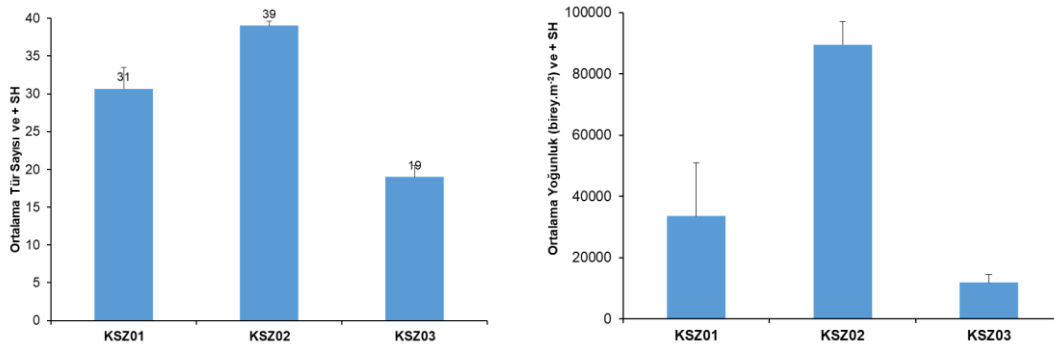
Şekil 3.69. Karadeniz'deki sert substratum ve Samsun Limanı istasyonları



Şekil 3.70. Karadeniz sert substratum istasyonlarındaki baskın türler

İstasyonlardaki makrozoobentik türlere ait en yüksek tür sayısı (39 tür) ve ortalama yoğunluk (89541,7 birey.m<sup>-2</sup>) (KSZ02), en

düşük tür sayısı (19 tür) ve ortalama yoğunluk ise (11900 birey.m<sup>-2</sup>) (KSZ03) olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.71).

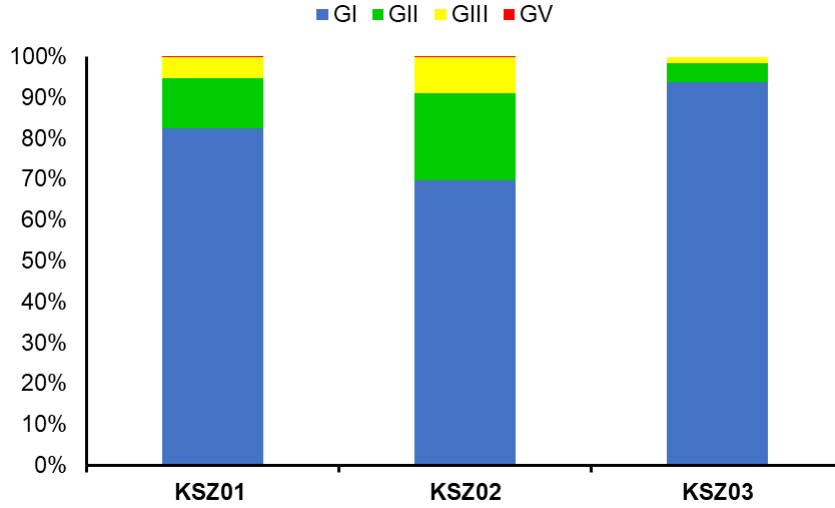


Şekil 3.71 Karadeniz sert substratum istasyonlardaki ortalama tür ve birey sayıları ile + Standart Hatası (SH)

### Ekolojik kalite durumu (TUBI ile değerlendirme)

Bölgede tespit edilen toplam 76 makrozoobentik omurgasız türünden 48 tür ekolojik gruplardan GI (duyarlı tür), 18 tür GII (duyarsız tür), 10 tür GIII (toleranslı tür), 1 tür ise GV (birinci sınıf fırsatçı tür) grubunda yer almaktadır. İstasyonlarda en yüksek ortalama GI oranı (>%94), KSZ03 nolu istasyonda saptanmıştır (Şekil 66). GII

oranı %4 ile %22 arasında değişirken; toleranslı türlerin yer aldığı GIII ise %1-%9 arasında değer almıştır. Birinci sınıf fırsatçıların bulunduğu GV ekolojik grubunun oranı ise KSZ01 ve KSZ02 nolu istasyonlarda %0,005 gibi çok küçük bir oran olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.72).



Şekil 3.72. Karadeniz sert substratum istasyonlarında ekolojik grupların ortalama yüzdeleri

Araştırma bölgesinden toplanan bentik örneklerde TUBI değerleri 3,55 (KSZ02) ile 4,23 (KSZ03) arasında değişmekte olup en yüksek ortalama TUBI değeri (3,94) KSZ03

nolu istasyonda, en düşük TUBI değeri (3,66) ise KSZ02 nolu istasyonda saptanmıştır (Şekil 3.73).

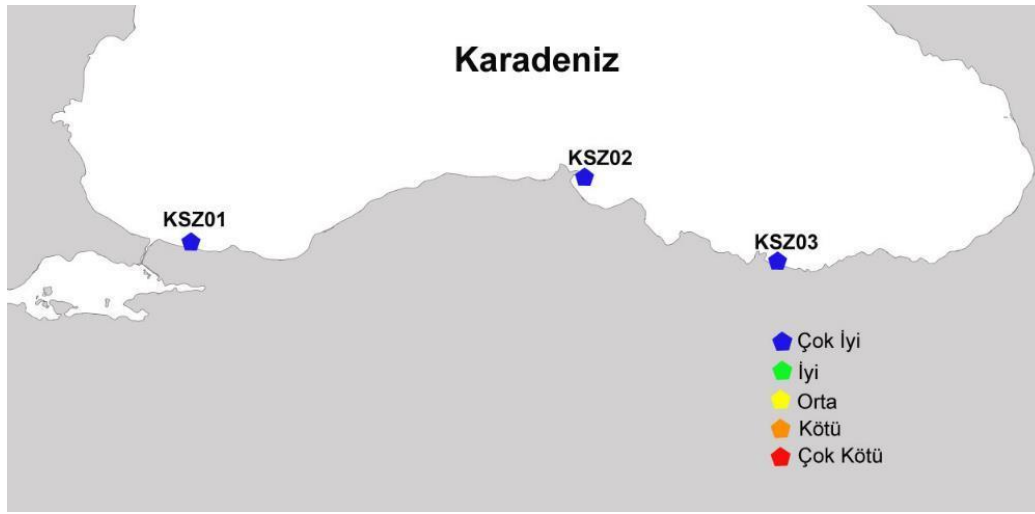


Şekil 3.73. Ortalama TUBI değerlerine göre Karadeniz sert substratum istasyonlarının ekolojik kalite durumları

### Yabancı türler

Karadeniz'deki sert substratlı istasyonlardan toplanan örneklerde 4 yabancı tür ve bunlara ait 29 birey saptanmıştır. *Streblospio gynobranchiata* (%83) en baskın türdür. Crustacea subfilumunda yer alan Cirripedia'dan *Amphibalanus improvisus*'a ait 5 birey KSZ03 nolu istasyonda, Mollusca'dan *Rapana venosa*'ya ait 1 birey KSZ02 nolu istasyonunda tespit edilmiştir.

Araştırma bölgesinde yabancı türler toplam tür sayısının %2,6'sını, toplam birey sayısının ise yaklaşık %0,04'ünü oluşturmaktadır. İstasyonlarda toplanan örneklerin ortalama ALEX değeri ise 0 ile 0,02 (KSZ03) arasında değişim gösterir. Bu sonuca göre yabancı tür bakımından tüm araştırma istasyonlarının ekolojik kalite durumu çok iyi seviyededir (Şekil 3.74).



Şekil 3.74. Ortalama ALEX değerlerine göre Karadeniz sert substrat istasyonlarının ekolojik kalite durumları

### 3.4.3 Samsun Limanı Yabancı/Yayımcı Tür Çalışması

DEN-İZ Programı kapsamında 2021 Yılı Temmuz ayında Karadeniz'de uluslararası faaliyet gösteren Samsun Limanı'nda

yabancı tür tespit çalışması gerçekleştirilmiştir.

#### 3.4.3.1 Limanlarda Makrozoobentos Çalışması

Samsun Limanı'ndan liman içi ve dışından olmak üzere yumuşak substratına sahip 2 istasyondan toplanan materyalin değerlendirilmesi sonucunda 6 taksonomik gruba (Nemertea, Oligochaeta, Polychaeta, Crustacea, Mollusca ve Phoronida) ait 34 tür ve bu türlere ait toplam 1179 birey saptanmıştır.

Yumuşak substratında tespit edilen türlerden *Heteromastus filiformis* (%33,4) en baskın türdür. Bu türü sırasıyla, *Aricidea (Strelzovia) claudiae* (%19,5), Oligochaeta (spp.) (%16,6), *Nephtys sinopensis* (%5,3) ve *Sigambra tentaculata* (%4,7) izlemiştir.

Samsun Limanı'ndan rastgele alınan sert substrat örneklerinin incelenmesi sonucunda ise 6 taksonomik gruba (Cnidaria, Nemertea, Polychaeta, Crustacea, Mollusca ve Tunicata) ait 23 tür tespit edilmiştir. Toplanan örnekler rastgele olarak kalitatif alındığı için birey sayıları değerlendirmeye alınmamıştır. Saptanan türlerden yabancı tür olarak 3 gruba ait 4 tür (*Hydroides dianthus*, *Polydora cornuta*, *Amphibalanus improvisus* and *Rapana venosa*) tespit edilmiştir.

### Ekolojik kalite durumu (TUBI ile değerlendirme)

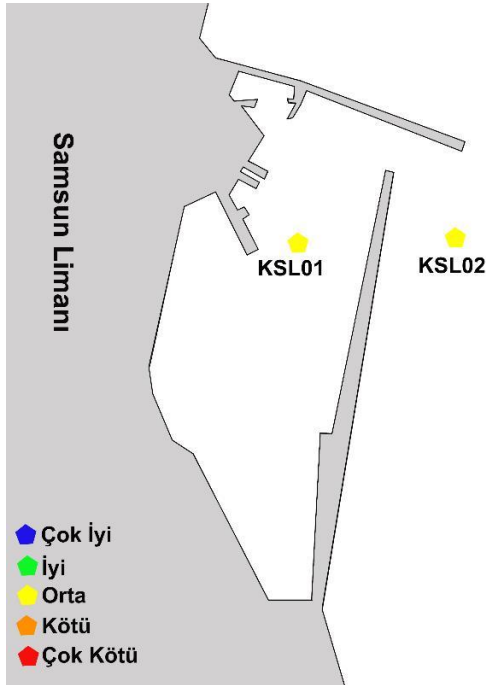
Yumuşak substrat istasyonlarında baskın ekolojik grup GIII (toleranslı türler) olup, liman içinde yer alan KSL01 ve KSL02 nolu istasyonlarda birey sayısının ortalama

%53'ünü kapsamaktadır. Ortalama TUBI değerlerine göre istasyonların ekolojik kalite durumları orta seviyededir (Şekil 3.75).

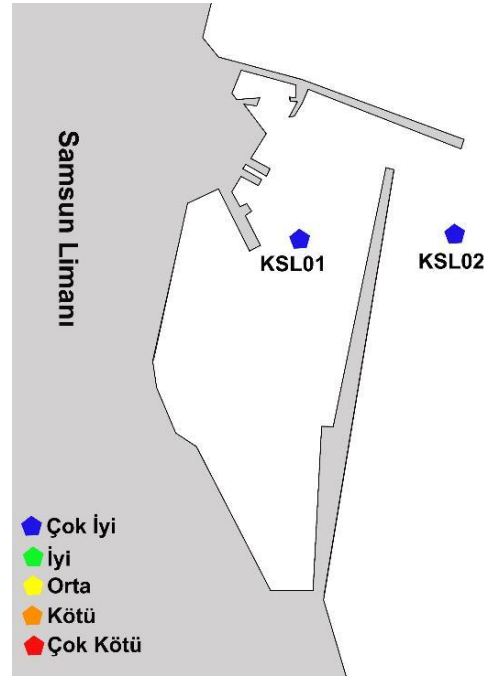
### **Yabancı türler**

Samsun Limanı'ndaki yumuşak substratlı istasyonlarda yapılan incelemede Polychaeta ve Mollusca gruplarına ait toplam 4 yabancı tür ve bu türlere ait toplam 29 birey tespit edilmiştir. Bölgede dağılım gösteren yabancı türlerden en baskını *Streblospio gynobranchiata* (%83) olup, bu türü *Polydora cornuta*

(%17) izlemektedir. Araştırma bölgesinde yabancı türler toplam tür sayısının %11,7'sini, toplam birey sayısının ise yaklaşık %2,5'ini oluşturmaktadır. ALEX indeks sonuçlarına göre yabancı türlerin bentik komünitelere etkileri bakımından araştırma istasyonlarının ekolojik kalite durumu çok iyi seviyededir (Şekil 3.76).



**Şekil 3.75.** Ortalama TUBI değerlerine göre Samsun Limanı yumuşak substrat istasyonlarının ekolojik kalite durumları



**Şekil 3.76.** Ortalama ALEX değerlerine göre Samsun Limanı yumuşak substrat istasyonlarının ekolojik kalite durumları

### 3.4.3.2 Limanlarda Yabancı ve Yayılımcı Makroflora İzleme Çalışması

DEN-İZ Programı kapsamında Türkiye kıyılarından 46 denizel makroalg (21 kırmızı alg, 15 kahverengi alg ve 10 yeşil alg) ve bir angiosperm olmak üzere toplam 47 yabancı takson belirlenmiştir. Karadeniz’de 2021 yılı Temmuz ayında Samsun Limanı’ndan rastgele örnekleme ile yabancı makroflora tür belirlemesi

yapılmıştır. Limanın iç ve dış bölümünden olmak üzere iki noktadan (KSL01 ve KSL02) örnekler toplanmıştır. KSL01 - Samsun Liman İçi (Samsun, Karadeniz) istasyonunda kırmızı alg *Colaconema codicola* yabancı bir tür olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.77).

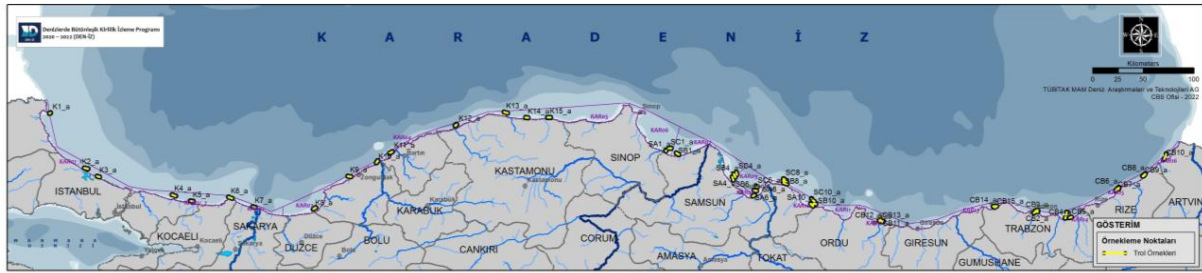


Şekil 3.77. KSL01 noktası, *Colaconema codicola*

### 3.4.4 Deniz Tabanı Trol Çalışması

Karadeniz’de balık ve omurgasız biyoçeşitliliğin belirlenmesi amacıyla 2021 sonbahar döneminde yapılan bu çalışmada kıyı boyunca toplam 50 (Doğu:30 istasyon, Batı:20 istasyon) dip trolü çekimi yapılmıştır (Şekil 3.78, EK2). Trol çekim sahalarının bilgileri Ek-2’de yer almaktadır. Çekimler sonucunda (Şekil 3.79), iki taksonomik gruba ait 44 balık türü ve beş taksonomik gruba ait 29 omurgasız türü

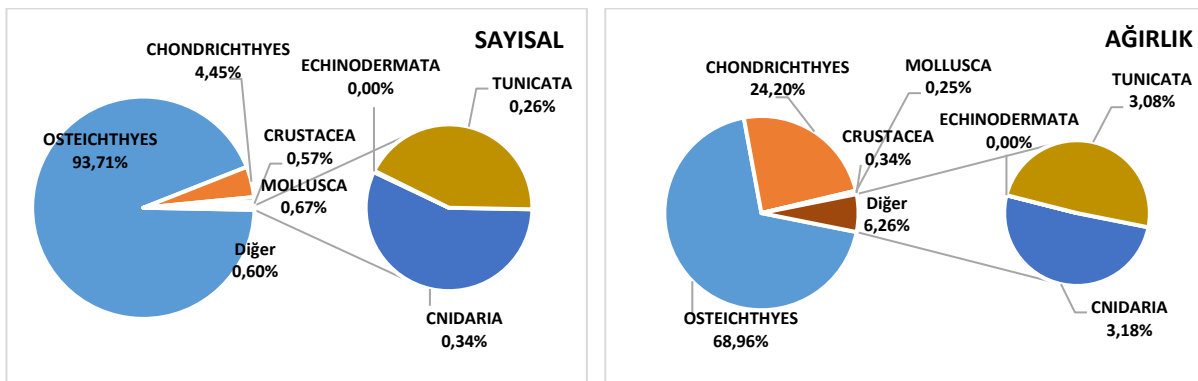
elde edilmiştir. Genel olarak bu taksonomik gruplar içerdikleri tür sayılarına göre sırasıyla; kemikli balıklar (osteichthyes) 41 tür, kıkırdaklı balıklar (chondrichthyes) 3 tür, kabuklular (crustacea) 11 tür, yumuşakçalar (mollusca) 12 tür, derisi dikenliler (echinodermata) 2 tür, tunicata 1 tür ve knidli/haşlamlılar (cnidaria) 3 tür şeklindedir.



Şekil 3.78. Karadeniz dip trol ile deniz tabanı biyoçeşitliliği ve katı atıkları çalışma istasyonları

Örnekleme sonuçlarında elde edilen türler grup bazında incelendiğinde, sayısal olarak en baskın grubun % 93,71 ile osteichthyes olduğu ve bunu %4,45 ile chondrichthyes, %0,67 ile mollusca, %0,57 ile crustacea, %0,34 ile cnidaria, %0,26 ile tunicata ve %0,0001 ile echinodermata gruplarının takip ettiği görülmektedir. Ağırlıksal

dağılımda ise; %68,96 ile osteichthyes devamında bunu %24,20 ile chondrichthyes, %3,18 ile cnidaria, %3,08 tunicata, %0,34 crustacea, %0,25 ile mollusca ve %0,0008 ile echinodermata grubunun izlediği görülmektedir (Şekil 3.79).



Şekil 3.79. Av kompozisyonunda yer alan taksonomik grupların sayısal ve ağırlıksal dağılımı

Araştırma süresince elde edilen türlerin görünme sıklığını incelediğimizde; 10 tür devamlı, 17 tür yaygın ve 46 tür seyrek olarak görülmektedir. Kemikli balıklar içinde görünme sıklığı en fazla olan türler *Gobius niger* (% 86), *Merlangius*

*merlangus* (% 74) ve *Mullus barbatus* (% 74)’dur (Şekil 3.80).

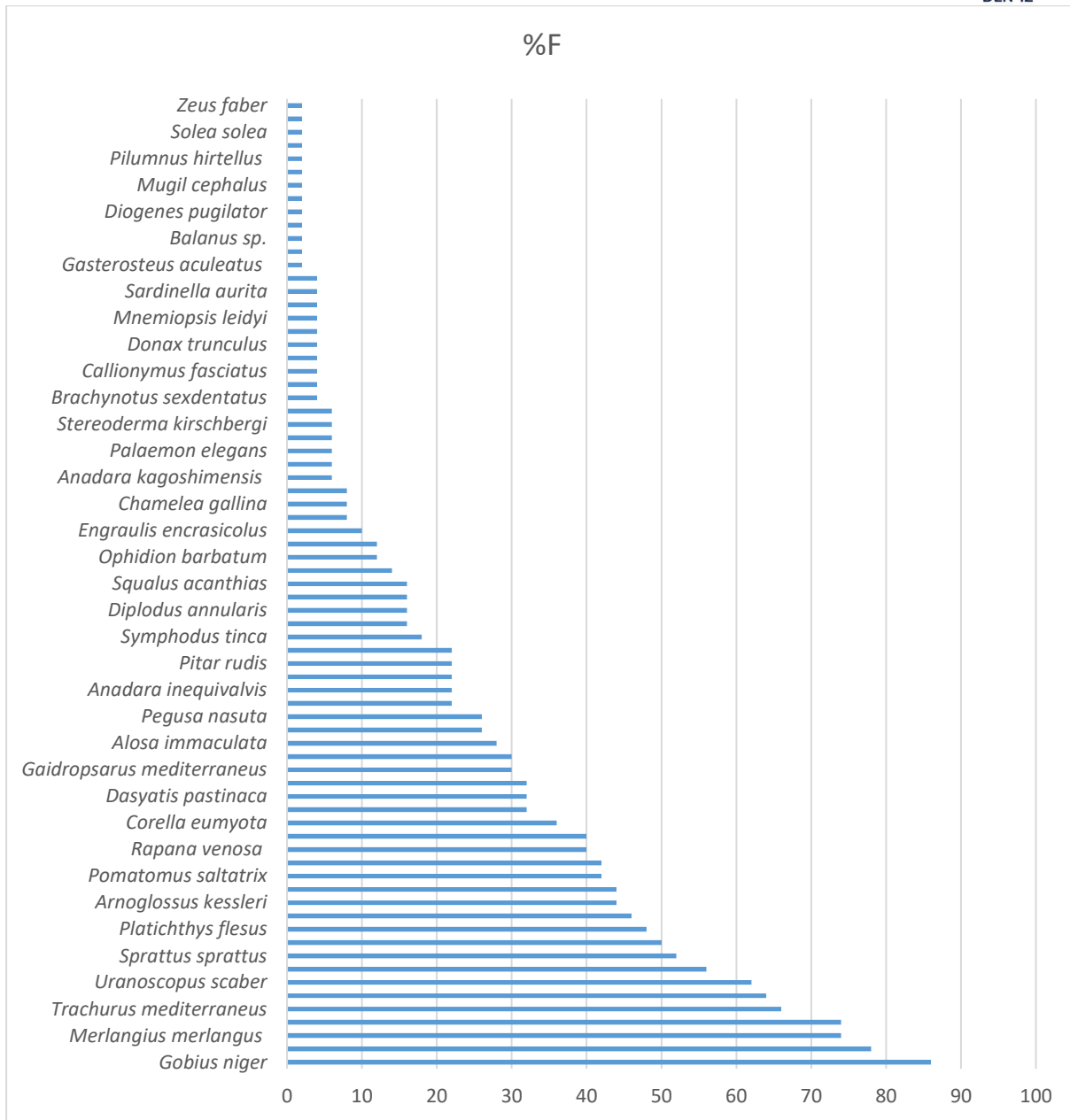
Kıkırdaklı balıklar içinde görünme sıklığı en fazla olan türler *Raja clavata* (% 78) ve *Dasyatis pastinaca* (% 32) olduğu tespit

edilmiştir. Omurgasız türler içinde ise, görünme sıklığı en fazla olan tür *Liocarcinus depurator* (% 56)'dur (Şekil 3.80).

2019 Batı Karadeniz istasyonlarında kemikli balıklar içinde görünme sıklığı en fazla olan türler *Uranoscopus scaber* (%85,71), *Mullus barbatus barbatus* (% 71,43), *Gobius niger* (% 71,43), *Merlangius merlangus* (% 64,29), *Scophthalmus maximus* (% 64,29) ve *Trachinus draco* (% 64,29)'dur. Kıkırdaklı balıklar içinde görünme sıklığı en fazla olan tür *Raja clavata* (% 35,71) olduğu tespit edilmiştir. omurgasız türler içinde ise, görünme sıklığı (% F) en fazla olan tür *Liocarcinus depurator* (% 92,86)'dur (Şekil 3.80). Dip trol ağlarında cnidaria grubunda yer alan *Aurelia aurita*'nın görünme sıklığı %78,57 ve *Rhizostoma pulmo*'nın %35,71'dir. 2019 Doğu Karadeniz (Sinop-Hopa) istasyonlarında görünme sıklılığı %70-93 olan *Gobius niger*, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus* *Raja clavata*, *Neogobius*

*melanostomus* “Devamlı türlerin ilk beşi”, *Dasyatis pastinaca*, *Spicara smaris*, *Sprattus sprattus*, *Trachinus draco*, *Platichthys flesus* “Yaygın türlerin ilk beşi” *Arnoglossus kessleri*, *Arnoglossus kessleri*, *Squalus acanthias*, *Pomatomus saltatrix*, *Syngnathus sp.* “Seyrek türlerin ilk beşi” olarak bulunmuştur.

2021 yılında tüm Karadeniz için *Gobius niger* (%86), *Raja clavata* (%78), *Merlangius merlangus* (%74), *Mullus barbatus* (%74), *Trachurus mediterraneus*(%66), “Devamlı türlerden ilk beşi”, *Platichthys flesus* (%48), *Mytilus galloprovincialis* (%46), *Arnoglossus kessleri* (%44), *Scorpaena porcus* (%44), *Pomatomus saltatrix* (%42), “Yaygın türlerden ilk beşi”, *Acanthocardia deshayesii*, *Anadara inequalvis*, *Crangon crangon*, *Pitar rudis*, *Rhizostoma pulmo* “Seyrek görülen türlerin ilk beşini” kapsamaktadır.



**Şekil 3.80.** Av kompozisyonunda yer alan türlerin görünme sıklığı

Karadeniz araştırma istasyonlarında, 2016, 2019 ve 2021 yıllarına ait demersal balık biyokütle ve bolluk değerleri karşılaştırıldığında; 2016 yılında bolluk değerleri Batı Karadeniz’de 2289 ile 1033779 adet/km<sup>2</sup> ve biyokütle değerleri 251,84 ile 6011,32 kg/km<sup>2</sup> arasında değişmiştir. Bolluk değerleri bakımından 2019 yılında Karadeniz kıyı istasyonları değerleri 2501 ile 2463851 adet/km<sup>2</sup> ve biyokütle değerleri 105,96 ile 23829,96 kg/km<sup>2</sup> arasında, 2021 yılında bolluk

değerleri ise 22966 ile 832464 adet/km<sup>2</sup> ve biyokütle değerleri 318,33 ile 14426,7 kg/km<sup>2</sup> arasında değişmiştir. 2016, 2019, 2021 yıllarındaki demersal balıkların birim alanda biyokütle miktarı en yüksek değer 2021 yılında Melet/Ordu’daki CB12 istasyonunda (14426,70 kg/km<sup>2</sup>) bulunmuş *Trachurus mediterraneus* ve *Mullus barbatus* istasyondaki toplam biyokütleye yüksek katkısı olan türlerdir. Bolluk değeri olarak da 2019’da CB7 istasyonunda 2463851 adet/km<sup>2</sup> bulunmuştur. CB7

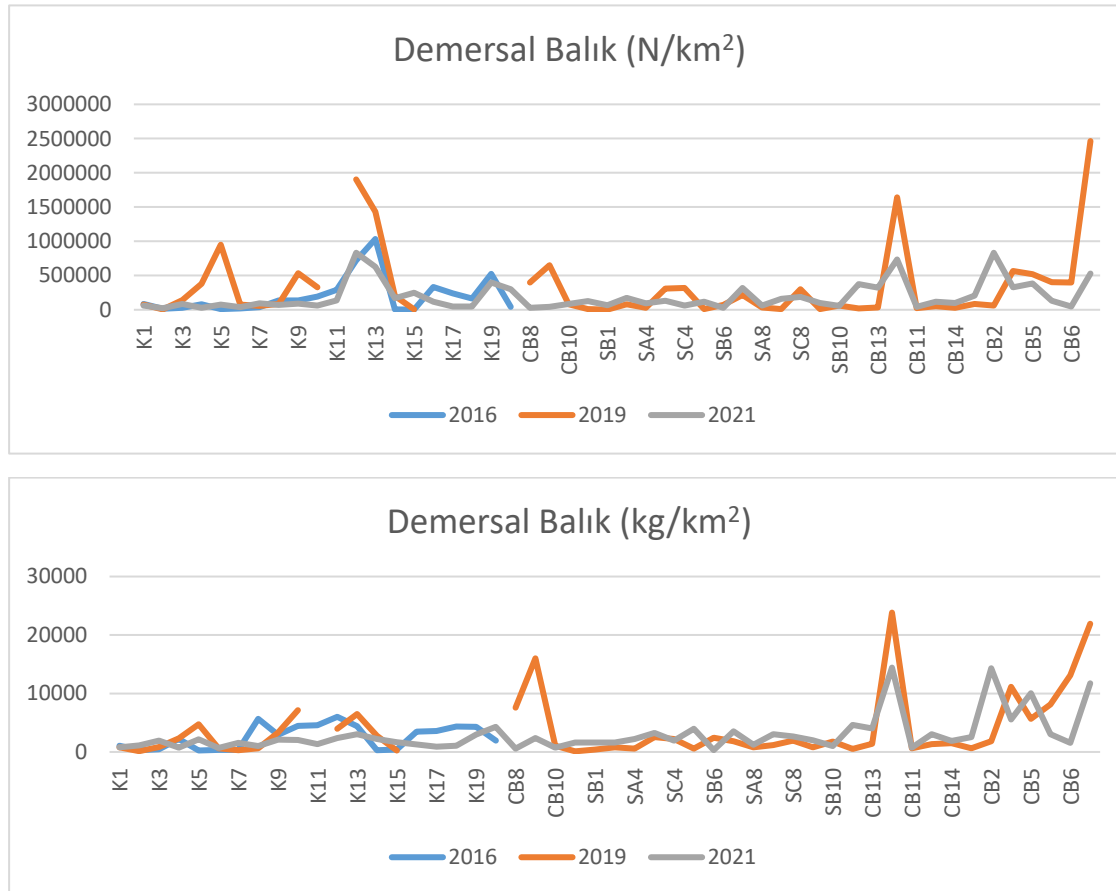
istasyonuna bolluk değeri bakımından en yüksek katkıyı *Mullus barbatus* sağlamıştır (Şekil 3.81, Şekil 3.82, Şekil 3.83). Trol avcılığında hedeflenen türler demersal balıklar ve bentik türler olmasına rağmen, pelajik balıkların da (istavrit, çaça, lüfer) ağa girdikleri gözlenmektedir. 2021 yılında sıklık değeri olarak istavrit %66 çaça %52 oranında bulunmuştur.

Doğu Karadeniz istasyonlarında (Sinop – Hopa) 2019-2021 çalışmasında birim alanda yüksek verimlilik gösteren başlıca balık türleri ve omurgasız türleri benzerlik göstermiştir. Her iki yılda da yoğun olarak görülen türler; *M. Barbatus*, *M. merlangus*, *T. mediterraneus*, *R. clavata*, *D. pastinaca*, *M. galloprovincialis*, *R. venosa*, *A. inaequalis* ve *L. navigator*'dür.

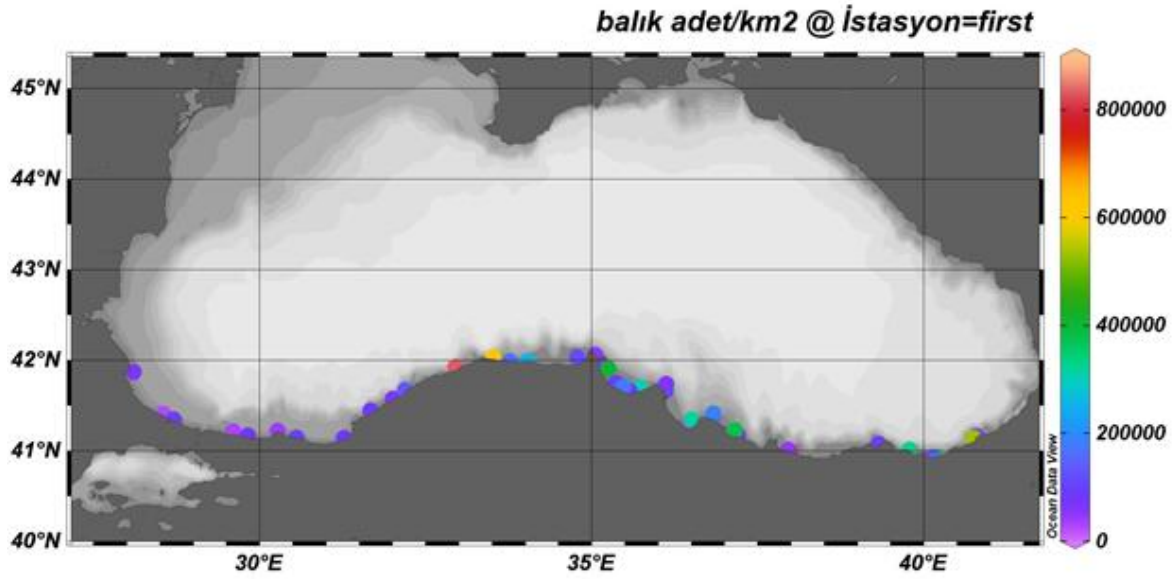
Batı Karadeniz istasyonlarının önceki çalışma yıllarıyla karşılaştırıldığında köpek balıklarından *Dasyatis pastinaca* türünün biyokütle ve bolluk değerlerinde azalma

görülmesine rağmen, *Raja clavata* değerlerinde bir yükselme dikkati çekmektedir. Demersal balık türlerine baktığımızda yedi türde azalma (*G.niger*, *M. merlangus*, *M. barbatus*, *P. nasuta*, *P. flesus*, *S. maximus*, *S. porcus*), üç türde artış (*C. lucerna*, *N. melanostomus*, *S. smaris*) ve bir türde değişimin olmadığı (*M. batrachocephalus*) görülmektedir. Balık biyokütle değerindeki azalışın sebebi, araştırma döneminde avcılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapılması olabilir.

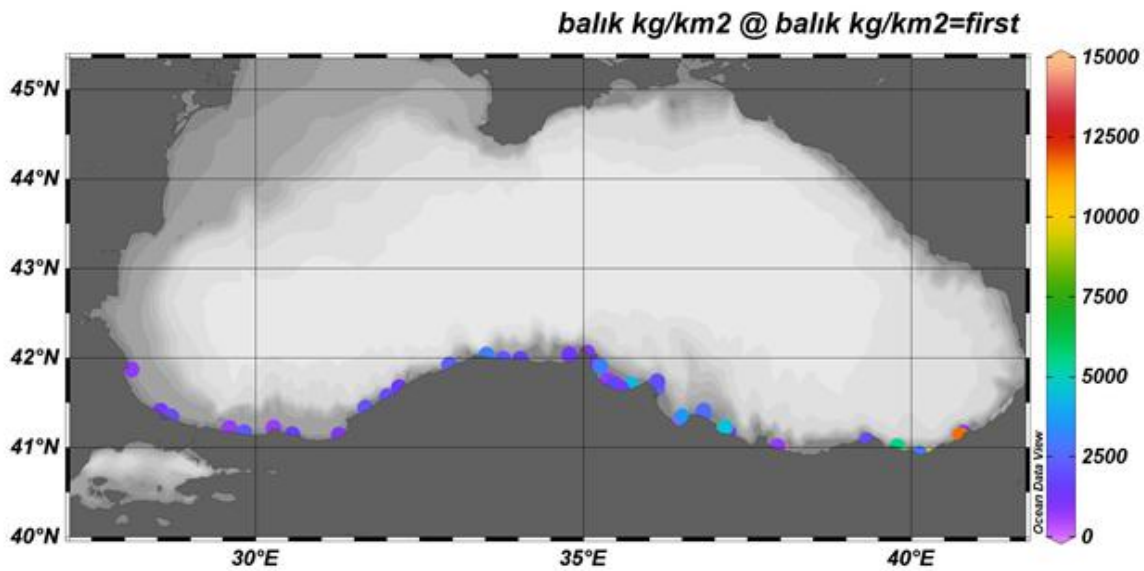
Genel olarak, Karadeniz istasyonlarında farklı yıllardaki istasyonlarda balık bolluğunun artışının sebebi daha önce görülmeyen balık türünün av değerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer nedenler arasında, balıkların mevsimsel olarak göç etmesi ve dip trol ağlarına bazen pelajik balıkların girmesi bu artışa neden olmaktadır.



Şekil 3.81. 2016, 2019 ve 2021 yıllarına ait istasyonlara göre demersal balık bolluk (N/km<sup>2</sup>) ve biyokütle değerleri (kg/km<sup>2</sup>)



Şekil 3.82. 2021 yılı istasyonlara göre demersal balık bolluk değerleri (adet/km<sup>2</sup>)



Şekil 3.83. 2021 yılı istasyonlara göre demersal balık biyokütle değerleri (kg/km<sup>2</sup>)

2016, 2019 ve 2021 yıllarına ait omurgasız türlerin biyokütle ve bolluk değerleri karşılaştırıldığında; 2016 yılında bolluk değerleri 679,95 ile 127213,82 adet/km<sup>2</sup> ve biyokütle değerleri 6,80 ile 12919,6 kg/km<sup>2</sup> arasında değişirken, 2019 yılında bolluk değerleri 0 ile 47246,22 adet/km<sup>2</sup> ve biyokütle değerleri 0 ile 29938,1 kg/km<sup>2</sup> arasında ve 2021 yılında bolluk değerleri ise 0 ile 67705 adet/km<sup>2</sup> ve biyokütle değerleri 0 ile 1408,1 kg/km<sup>2</sup> arasında değişmiştir (Şekil 3.84, Şekil 3.85, Şekil 3.86). Bolluk

değerleri bakımında 2016 yılında K8 istasyonu, biyokütle değeri bakımından 2019'da K3 istasyonu yüksek değer göstermiştir.

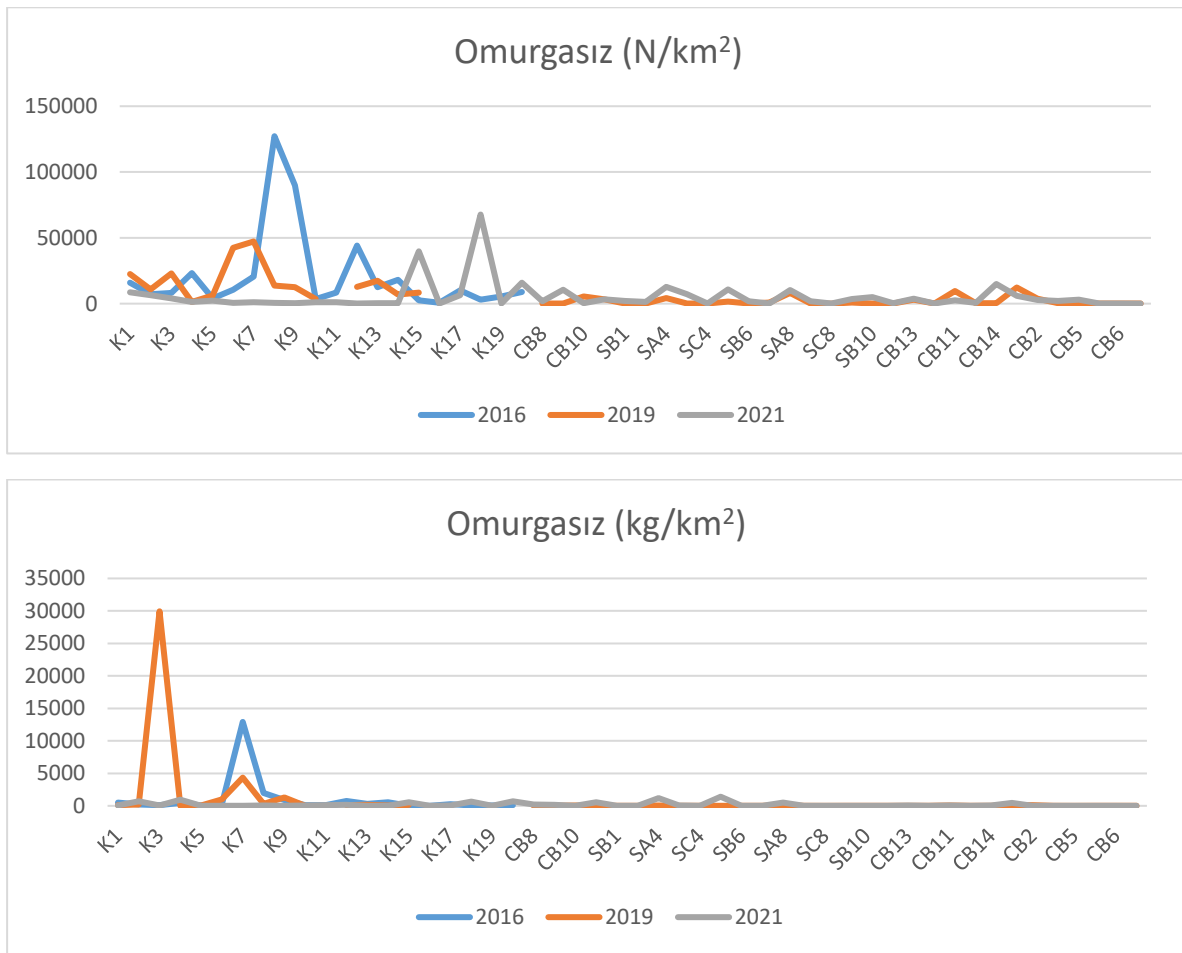
Batı Karadeniz istasyonlarında omurgasız türler içinde ise, görünme sıklığı en fazla olan türler *L. depurator* (%70), *C. eumyota* (%45), *L. navigator* (%40), *M. galloprovincialis* (%40) ve *A. aurita* (%40)'dır. 2016 yılındaki çalışmada dört tür (*L. depurator*, *M. galloprovincialis*, *R.*

*venosa* ve *C. eumyota*), 2019 yılında ise dört tür (*L. depurator*, *A. aurita*, *C. gallina* ve *C. eumyota*) devamlı tür kapsamında iken 2021 yılında sadece *L. depurator* devamlı türler kapsamında kaldığı, *A. aurita*, *M. galloprovincialis*, *R. venosa* ve *C. eumyota* devamlı türden yaygın tür kapsamına girdiği görülmektedir.

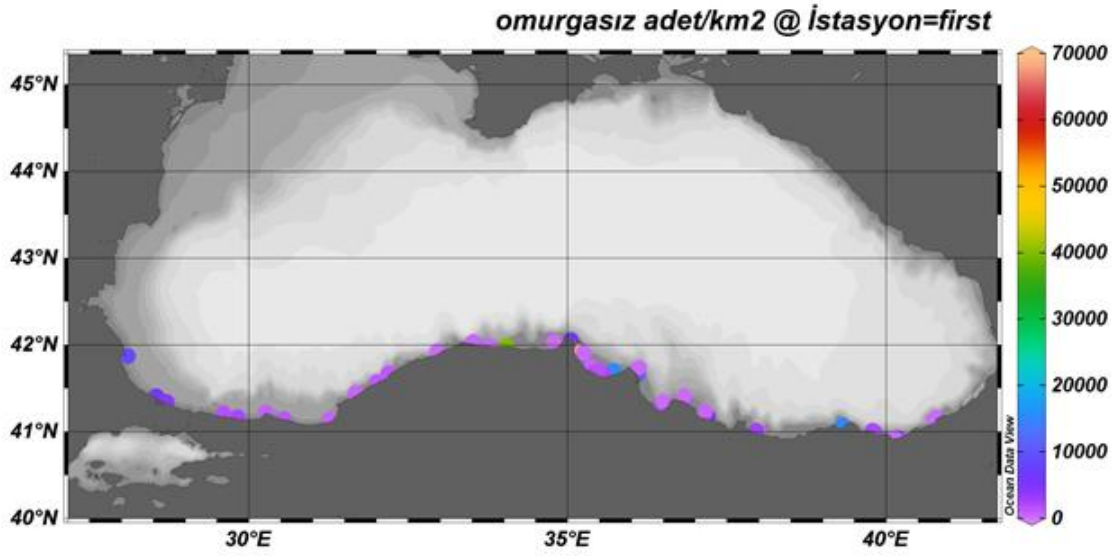
2021 yılında K15 istasyonunda *L. depurator* ve *M. leidy* türlerinin, K18 istasyonunda ise *C. eumyota* ve *A. aurita* türlerinin çok sayıda çıkması, bolluk değerlerinin yüksek olmasına neden olmuştur.

Doğu Karadeniz istasyonlarında 2021 çalışmasında birim alanda yüksek verimlilik gösteren omurgasız türler ise; *M. Galloprovincialis*, *R. Venosa*, *A. deshayesii*, *A. inaequalvis* ve *L. navigator*'dir.

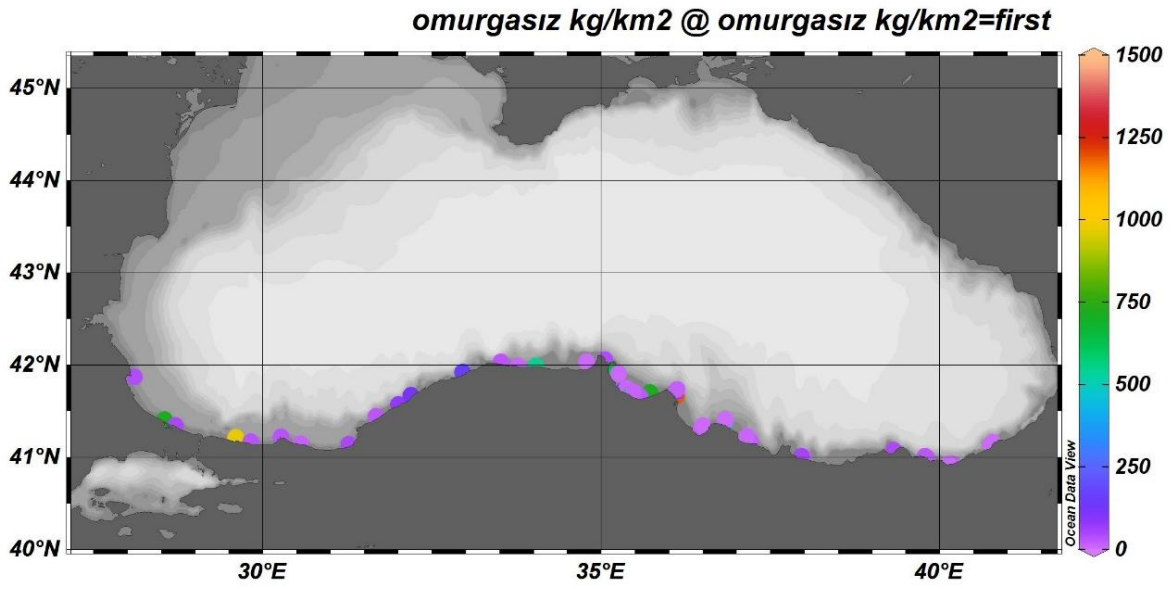
2021 doğu istasyonlarında, türlerin görülme frekansı ve baskınlıkları bakımından değerlendirildiğinde kemikli balıklardaki görünme sıklığı oranı geçmiş çalışmaya (2019 çalışması) göre *G. niger*, *M. merlangius* ve *M. barbatus*'da düşüş olurken, kıkırdaklı balıklardan *R. clavata*' da artış olmuştur.



**Şekil 3.84.** 2016, 2019 ve 2021 yıllarına ait istasyonlara göre omurgasız türlerin bolluk (N/km<sup>2</sup>) ve biyokütle değerleri (kg/km<sup>2</sup>)



Şekil 3.85. 2021 yılı istasyonlara göre omurgasız türlerin bolluk değerleri (adet/km<sup>2</sup>)



Şekil 3.86. 2021 yılı istasyonlara göre omurgasız türlerin biyokütle değerleri (kg/km<sup>2</sup>)

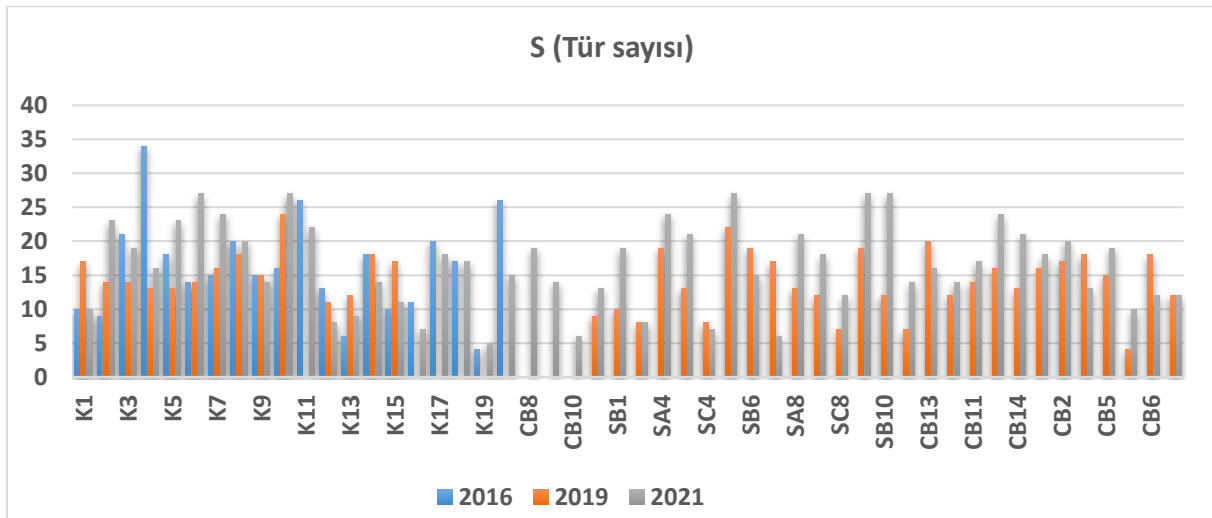
İstasyonlarda gözlenen en yüksek tür sayısı 2016 yılında 34, 2019 yılında 24 ve 2021 yılında ise 27 tür olmuştur. Tür sayısı, en yüksek değerler Karadeniz için 2019'da K10, 2021 için batı istasyonlarından K6 ve K10, doğu istasyonlarından S6, SA10, SB10 istasyonlarında bulunmuştur (Şekil 3.87).

Tür zenginliği indeks değerleri incelendiğinde, 2016 yılında (Batı Karadeniz) değerler 0,18 ile 2,16 arasında iken, tüm Karadeniz kıyısı için 2019 yılında 0,23 - 2,25 ve 2021 yılında 0,31 - 2,00 olduğu görülmektedir.

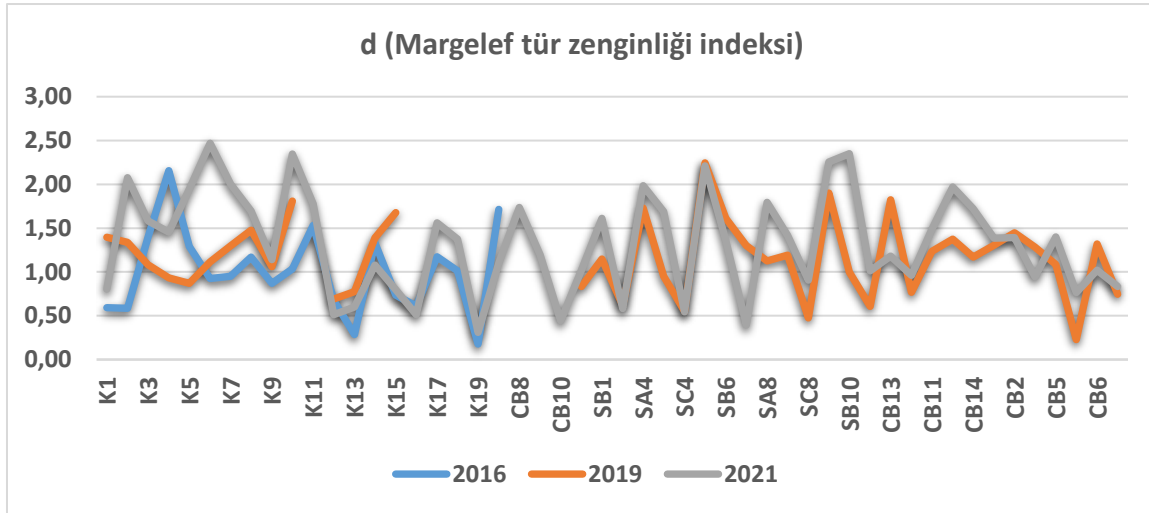
Shannon-Wiener tür çeşitliliği indeks değerleri incelendiğinde, 2016 yılında (Batı Karadeniz) değerler 0,07 - 2,19 arasında iken, Tüm Karadeniz kıyısı için 2019 yılında 0,24 - 2,72 ve 2021 yılında 0,01-3,00 arasında değişim olduğu görülmektedir (Şekil 3.88, Şekil 3.89).

Diğer denizlerimizle karşılaştırıldığında, Karadeniz'de bulunan tür sayısı daha az ve popülasyonları daha yoğundur. Balık biyokütlesi bakımından maksimum değerlerin doğu istasyonlarında, omurgasız biyokütlesi bakımından maksimum değerlerin batıdaki istasyonda olduğu görülmüştür.

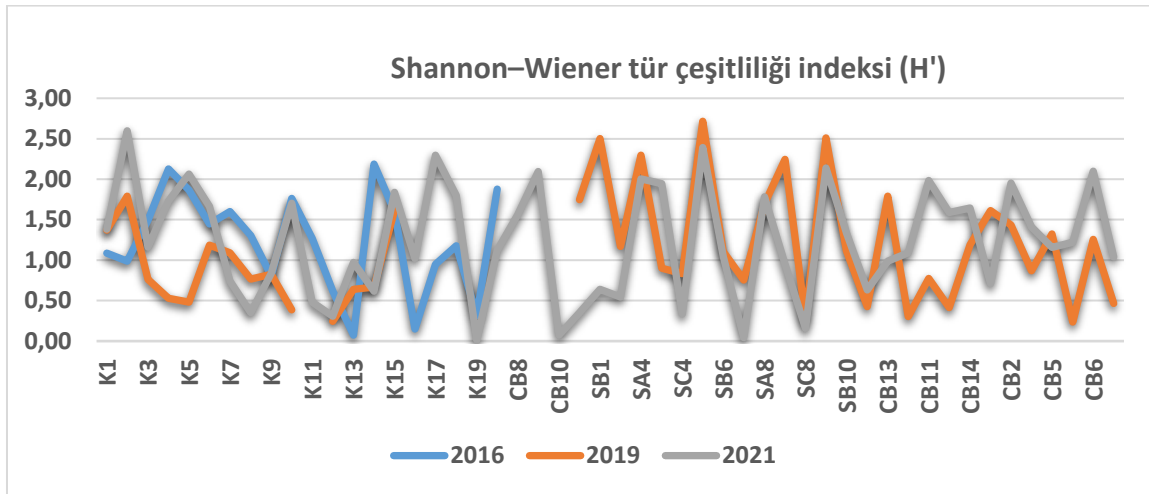
Karadeniz kıyısız alanlarda çeşitlilik yüksek iken 50 m üstü derin alanlarda tür çeşitliliği azalmaktadır. Karadeniz tür çeşitliliği diğer denizlerimize göre oldukça düşüktür. Örneklenen tür çeşitliliğinin değişimine; mevsim, derinlik, türlerin davranışı ve bunu etkileyen gün içerisindeki ışıklenme süresi, avlama periyodu ve saati, zemin yapısı, sıcaklık, akıntı gibi suyun fiziksel özellikleri oldukça etkilidir. Bu faktörlere ek olarak, ortamda bulunan av-avcı durumundaki balık veya diğer türlerin varlığı ve bunların bolluğu gibi bağımlı-bağımsız birçok etken avın kompozisyonunu etkilemektedir (Özbilgin ve Ferro 1997; Özbilgin ve Wardle 2002).



Şekil 3.87. 2016, 2019 ve 2021 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür sayısı



**Şekil 3.88.** 2016, 2019 ve 2021 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür zenginliği



**Şekil 3.89.** 2016, 2019 ve 2019 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür çeşitliliği

Elde ettiğimiz sonuçlar daha önceki çalışma dönemleri ile karşılaştırıldığında; istasyonlardaki tür sayısı, Margalef tür zenginliği indeksi ve Shannon-Wiener tür çeşitlilik indeksi değerleri

### **Tespit Edilen Koruma Altındaki Türler**

Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN)'nin türlerin risk durumunu dikkate alarak ilan ettiği kırmızı listeye göre; Karadeniz'de kritik tehlike altında üç

değerlendirildiğinde tür sayısı 2021 yılı için diğer yıllardan kısmen daha yüksek, diğer indeks değerleri kendi içlerinde yıllara göre değerlendirildiğinde istasyon bazında benzer değerlerde olduğu gözlenmiştir.

tür, nesli tükenmekte olan bir tür, hassas üç tür, tehlikeye yakın üç tür, düşük riskli 21 tür ve yetersiz verili üç tür bulunmaktadır (Tablo 3.17).

**Tablo 3.17.** Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN) kırmızı listesine göre, Karadeniz’deki balık türlerinin durumları

IUCN Kırmızı Liste Sınıfı	Tür	Popülasyon Durumu
Hassas (VU)	<i>Squalus acanthias</i>	Azalma
	<i>Alosa immaculata</i>	Azalma
	<i>Pomatomus saltatrix</i>	Azalma
Tehlikeye Yakın (NT)	<i>Raja clavata</i>	Azalma
	<i>Platichthys flesus</i>	Azalma
	<i>Scophthalmus maximus</i>	Azalma
Tehlikede (CR)	<i>Acipenser stellatus</i>	
	<i>Sprattus sprattus</i>	Bilinmiyor
	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Azalma
Düşük Riskli (LC)	<i>Callionymus risso</i>	Durağan
	<i>Liza aurata</i>	Bilinmiyor
	<i>Platichthys flesus</i>	Azalma
	<i>Spicara smaris</i>	Bilinmiyor
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Azalma
	<i>Merlangius merlangus</i>	Bilinmiyor
	<i>Gobius niger</i>	Durağan
	<i>Mesogobius batrachocephalus</i>	Bilinmiyor
	<i>Neogobius melanostomus</i>	Bilinmiyor
	<i>Pomatoschistus marmoratus</i>	Durağan
	<i>Symphodus tinca</i>	Durağan
	<i>Mullus barbatus</i>	Bilinmiyor
	<i>Scorpaena porcus</i>	Bilinmiyor
	<i>Diplodus annularis</i>	Durağan
	<i>Syngnathus acus</i>	Bilinmiyor
	<i>Trachinus draco</i>	Bilinmiyor
	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Bilinmiyor
	<i>Uranoscopus scaber</i>	Bilinmiyor
	<i>Zeus faber</i>	Durağan
	Yetersiz Verili (DD)	<i>Hippocampus guttulatus</i>
<i>Dasyatis pastinaca</i>		Bilinmiyor
<i>Arnoglossus kessleri</i>		Bilinmiyor

### 3.5 Deniz Memelileri

Karadeniz’de Cetacea (balinalar, yunuslar ve muturlar) takımından üç deniz memelisi türü dağılım göstermektedir. Bunlar; mutur (*Phocoena phocoena relicta* Abel, 1905), tırtak (*Delphinus delphis ponticus* Barabash-Nikiforov, 1935) ve afalina (*Tursiops truncatus ponticus* Barabash-Nikiforov, 1940) (Öztürk, 1996; Birkun, 2008). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ) kapsamında Karadeniz’de deniz memelilerini izleme çalışmaları 2021 yaz, 2022 yaz ve kış dönemlerinde olmak üzere üç dönemde gerçekleştirilmiştir. 2021 yaz mevsimindeki çalışmada doğrusal kesit yöntemine göre araştırma dizaynı oluşturulmuş ve Samsun – Hopa arasında kalan bölgedeki Cetacea türlerinin dizayna dayalı popülasyon büyüklüğü tahminleri yapılmıştır. 2022 yılında gerçekleştirilen çalışmalarda ise DEN-İZ rutin sefer programı içerisinde gözlem çalışmaları gerçekleştirilmiş ve

güney Karadeniz’deki Cetacea türlerinin dağılımları ve karşılaşma oranları tahmin edilmiştir.

2021 yaz döneminde güneydoğu Karadeniz’de yapılan çalışmada 744 km gözlem eforu (14 gözlem hattı) gerçekleştirilmiş ve 103 mutur (254 birey), 280 tırtak (836 birey) ve 2 afalina (51 birey) türü olmak üzere toplamda 407 Cetacea grubu gözlenmiştir (Şekil 3.90). Yapılan bolluk tahmini analizine göre 2021 yaz mevsiminde çalışma bölgesindeki Cetacea türlerinin popülasyon büyüklükleri tırtak için 25324 birey (CV = %16, %95 CI = 17999 – 35630), mutur için ise 6580 birey (CV = %25, %95 CI = 3785 – 11439) olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.18). Afalina türüne ait gözlem sayıları yetersiz olduğundan bolluk tahmini analizi yapılmamıştır.

**Tablo 3.18.** Güneydoğu Karadeniz’deki Cetacea türlerine ait dizayna dayalı bolluk tahminleri (2021-yaz)

Tür	Alan (km <sup>2</sup> )	n	Er	Er (CV)	S	S (CV)	D	N	N (CV)	LCI	UCI
Tırtak	22829	270	36,21	0,38	2,99	0,13	1,11	25324	0,16	17999	35630
Mutur		91	12,20	0,55	2,22	0,26	0,29	6580	0,25	3785	11439

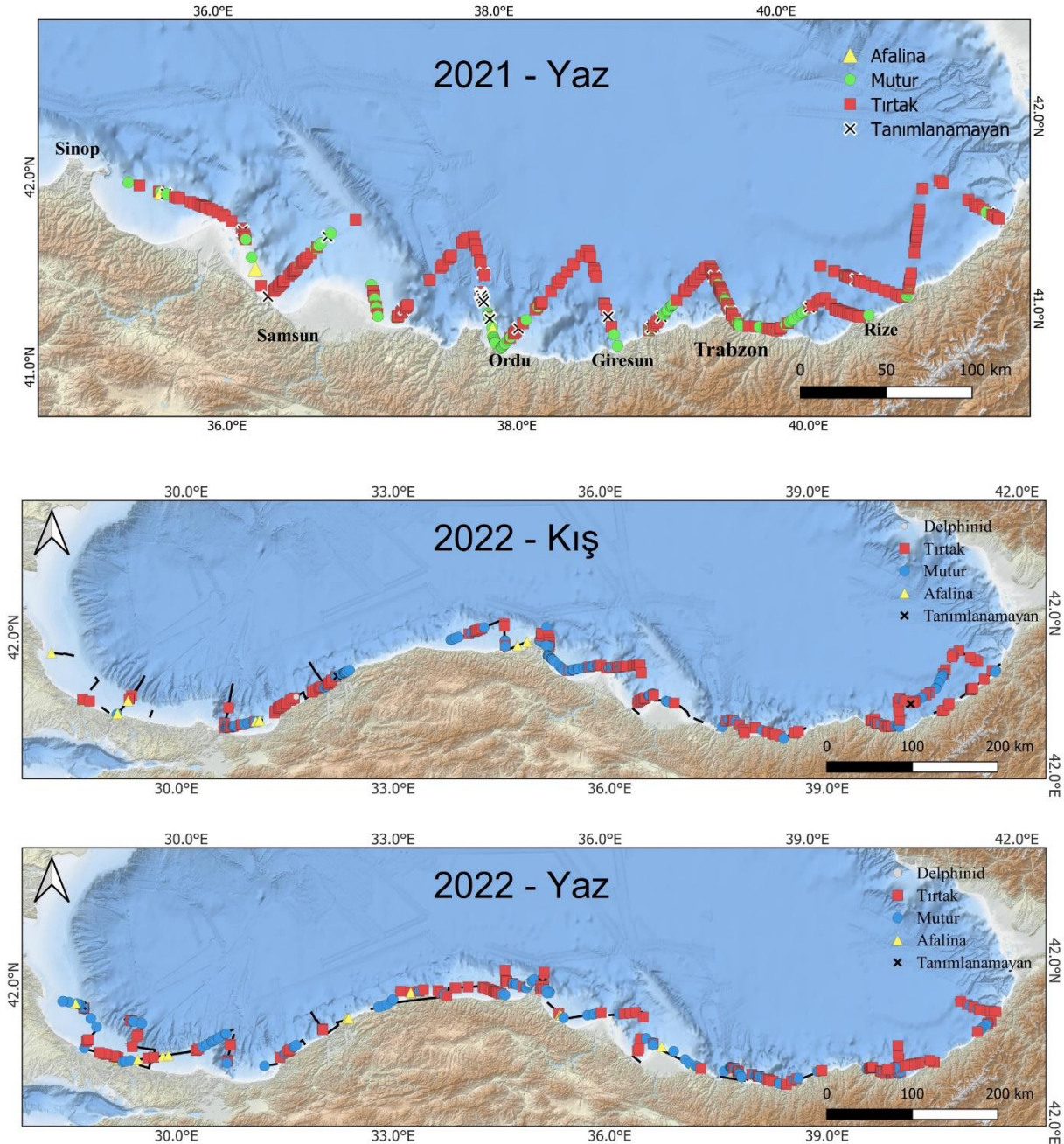
n: Gözlem sayısı, Er: Karşılaşma oranı (grup/100km), CV: Değişken katsayısı, S: Grup büyüklüğü, D: Yoğunluk (birey/km<sup>2</sup>), N: Bolluk, LCI: % 95 alt güven sınırı, UCI: %95 üst güven sınırı

2022 yılı Karadeniz seferlerinde kış mevsiminde 1188 km, yaz mevsiminde ise 1296 km gözlem gerçekleştirilmiş ve kış mevsiminde 222 mutur, 208 tırtak ve 15 afalina grubu, yaz mevsiminde 196 mutur, 183 tırtak ve 22 afalina grubu gözlenmiştir (Şekil 3.79). Karşılaşma oranları kış seferinde mutur için 0,66 birey/km, tırtak için 0,83 birey/km, afalina için 0,06 birey/km; yaz mevsiminde mutur için 0,25 birey/km, tırtak için 0,37 birey/km ve afalina için 0,11 birey/km olarak hesaplanmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre Güney Karadeniz’de tırtak ve mutur dağılımının afalina türüne göre çok daha yaygın olduğu görülmektedir. Karadeniz’deki afalina popülasyonunun diğer iki türe göre daha az olduğu (Birkun ve diğ., 2014; Paiu ve diğ., 2021) düşünüldüğünde bunun beklenen bir durum olduğu söylenebilir. Bunun yanında tırtak ve mutur türleri için karşılaşma oranlarının kış mevsiminde yaz mevsimine göre daha fazla olması, önceki çalışmalarda belirtildiği gibi tırtak ve muturların kuzeydeki deniz suyunun soğuması takiben güneye göç eden hamsi sürülerini takip ettiği ve hem kışlama hem de beslenme

amacıyla mevsimsel göçler gerçekleştirdiği bilgisini desteklemektedir (Birkun, 2008). Buna karşın, deniz memelilerinin uzun yaşam ömrüne sahip ve hareket kabiliyeti yüksek türler olması nedeniyle bu türlerin

popülasyonlarına ilişkin zamansal ve mekansal değişikliklerin daha anlamlı yorumlanabilmesi için uzun dönemli bilimsel çalışmalar yürütülmesi gerekmektedir.



Şekil 3.90 DEN-İZ Programı kapsamında kaydedilen Cetacea gruplarının dağılımları

### 3.6 Kirleticiler

Kirleticiler, deniz ortamına girdikten sonra ekosistem üzerinde zararlı etkilere neden olabilen tehlikeli maddelerdir. Binlerce kimyasal madde potansiyel kirleticiler olarak sınıflandırılmaktadır ve denizlerimiz bu kirleticilere çeşitli kaynaklar ve yollarla maruz kalmaktadır. Bunlar arasında pestisitler, ağır metaller, farmasötikler ve kalıcı organik kirleticiler (KOK'lar) bulunmaktadır. Bu maddelerin hepsi toksiktir, kalıcıdır ve besin ağında birikebilir.

Avrupa'da, deniz ortamını korumayı ve Üye Devletler ile komşu ülkeleri bir araya getirmeyi amaçlayan dört Bölgesel Deniz Sözleşmesi bulunmaktadır. Bunlar, Akdeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunması Sözleşmesi (Barselona Sözleşmesi), Karadeniz'in Kirliliğe Karşı Korunması Komisyonu (Karadeniz Komisyonu), Baltık Deniz Çevre Koruma Komisyonu (HELCOM) ve Kuzeydoğu Atlantik Deniz Çevresinin Korunması Komisyonu (OSPAR)'dur. MSFD bölgesel iş birliği çağrısında bulunurken, Bölgesel Deniz Sözleşmeleri, ilgili endişe verici kirleticilerin tanımlanması için eylem geliştirmektedir. Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (MSFD) (2008/56/EC), Avrupa Üye Devletlerinin İyi Çevre Durumuna (İÇD) ulaşmak için gerekli adımları

atmasını talep etmektedir. Tanımlayıcı 8 ve 9'a dikkat çeken MSFD'nin amacı, kirleticiler maddelerin miktarlarının kirlenme etkilerini arttırmayacak seviyelerde olmasını sağlamaktır. Bu dört sözleşme, Avrupa denizlerinde kontaminantların aşamalı olarak kaldırılması amacıyla deniz ortamına girdilerin önlenmesi ve azaltılması için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

Bu bölümde, Deniz Strateji Çerçeve Direktifinin (DSÇD) T8 ve T9 İÇD tanımlayıcıları ele alınmaktadır. Her iki tanımlayıcıda da (T8 ve T9) kirlilik kaynakları (baskılar) benzerdir ve temel olarak çeşitli antropojenik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Bunlar arasında kara kökenli endüstriyel faaliyetler, evsel kaynaklar (deniz deşarjları), gemilerden kaynaklanan kirlilik, atmosferik birikim, petrol, gaz ve madencilik arama ve operasyonları, tarama/bertaraf faaliyetleri ve nehir girdileri yer almaktadır. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sentetik kimyasallar ve ağır metaller, deniz ekosistemleri için büyük ölçekli önemli bir risk oluşturmaktadır.

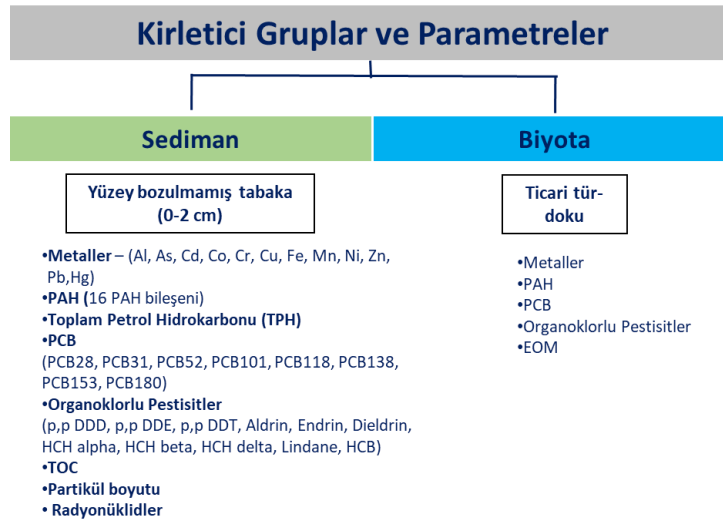
Sediman ve biyota matrislerinde çalışılan kirleticiler grupları Tablo 3.19'da sunulmuştur.

#### ***Değerlendirmelerde kullanılan kirleticiler göstergeleri:***

- Sediman ve biyotada belirli kirleticilerin konsantrasyonları (IMAP/EO9: CI 17 & MSFD/D8C1\*) ve seviyelerindeki zamansal değişimler
- Balık ve diğer deniz ürünlerindeki kirleticilerin seviyeleri ve yönetmeliklerdeki maksimum uyum seviyelerinin aşılma durumu (IMAP/E9: CI 17,20 & MSFD/D9C1\*)

\* Bkz. EU 2917/848 ve DÇS Projesi (ÇŞB) İÇD hedef ve göstergeleri

**Tablo 3.19.** Değerlendirmede dikkate alınan kirleticiler



### 3.6.1 Sedimanda Kirleticiler

Kirleticiler deniz ortamına girer girmez, bazıları suda çözülürken, bazıları partikül maddeye adsorbe olarak su kolunundan çökerek sedimanda birikirler. Belirli koşullar altında, örneğin hipoksik olaylar veya diğer olaylar sırasında (örn. insanlardan kaynaklanan fiziksel faaliyetler, hava olayları vb.) su kolonuna yeniden girebilirler. Deniz tabanındaki sedimanlarda artan konsantrasyonlar, dipte yaşayan organizmaları kirleticilere maruz kalma konusunda daha yüksek bir risk altına sokar.

Kimyasal Kalite durum değerlendirmesinin bölgelere özgü referans koşullarını dikkate alarak yapılması önemlidir. Bu kapsamda özellikle sediman matrisindeki kontaminat konsantrasyonlarının doğal zemin değerler dikkate alınarak değerlendirilmesi (sentetik olmayan kontaminantlar için) gerekmektedir. Doğal zemin değerlerin belirlenmesinde karot örneklerinden yararlanılması, Baltık ve Akdeniz Bölgesel izleme programlarında (OSPAR ve UNEP MAP) temel alınarak, kullanılmaktadır. Denizlerimize özgü sediman referans değerlerinin belirlenmesi önemlidir. Bunun yanında sedimanda biriken kirleticilerin sucul ekosisteme olan olası etkilerini göz önüne alarak çeşitli araştırmacılar tarafından farklı yaklaşımlar kullanılarak

sediman kalite kılavuzları geliştirilmiştir (US EPA 1996; Smith ve diğ. 1996; Long ve Morgan 1990). DEN-İZ Programı kapsamında Akdeniz sedimanlarının kalite değerlendirilmesinde Düşük Etki Aralığı, (ERL: Effects Ranges Low) yaklaşımıyla belirlenmiş olan değerlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca sedimanda Alüminyuma göre normalize edilmiş metal derişimlerinin, referansa göre (şeyl ortalaması) değerlendirmeleri yapılmaktadır (zenginleşme faktörü: ZF).

DEN-İZ Programı kapsamında 2014-2016 yılları arasında 3 yıl boyunca yaz döneminde Karadeniz’de 11 istasyonda yüzey sedimanında yönelim analiz çalışması yapılmıştır. 2016 yılında yönelim analizi yapılan istasyonlara ek olarak 15 ek istasyonda sediman kirliliğinin alansal yayılımı çalışılmıştır. 2017-2022 dönemindeki çalışmada ise sedimanda kirletici çalışması 3 yılda bir kez olarak planlanmış 2018 ve 2021 yıllarında Karadeniz’in kıyı ve deniz alanlarını ve bunlara referans oluşturması beklenen alanları temsilen 35 istasyondaki yüzey çökellerinden örneklemeler yapılmıştır.

2021 yılı istasyon konumlarının yer aldığı harita Şekil 3.91’de yer almaktadır.



Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar), iki veya daha fazla bağlı aromatik halkadan oluşan organik bileşiklerdir. Genellikle yanma süreçleri sonucunda oluşurlar (pirolitik<sup>5</sup>), kömür veya çeşitli rafineri ürünleri (petrojenik<sup>6</sup>) kökenli olabilirler. Çevresel kirleticiler

olarak bilinir ve bazıları kanserojen özellik gösterebilir (Dong vd., 2000; Connel vd., 1997). Kömür, petrol, sigara dumanı, egzoz gazları ve ızgara yiyeceklerde rastlanabilirler (Dong vd., 2000; Connel vd., 1997).

**Tablo 3.20.** Karadeniz sedimanlarının minimum, maksimum ve ortalama PAH konsantrasyonları ile ekosistem açısından etki sınır değerleri ile karşılaştırılması (ERL,ERM)

PAH'lar	DEN-İZ (2020-2022)			ERL	ERM
	Minimum (µg/kg ka.)	Maksimum (µg/kg ka.)	Ortalama Değer (µg/kg ka.)		
Naphthalene	1,06	2378,71	88,03	160	2100
Acenaphthylene	0,13	51,09	3,64	44	640
Acenaphthene	0,00	99,80	4,11	16	500
Fluorene	0,48	567,42	21,81	19	540
Phenanthrene	4,47	2422,98	114,29	240	1500
Anthracene	0,20	306,47	15,24	85,3	1100
LMW (2-3 rings)	9,26	5826,47	247,13	552	3160
Fluoranthene	2,90	503,78	56,77	600	5100
Pyrene	2,42	515,93	46,88	665	2600
Benzo_a_anthracene	0,16	428,41	30,12	261	1600
Chrysene+triphenylene	0,35	578,10	38,17	384	2800
Benzo_b_fluoranthene	0,47	250,60	33,40	-	-
Benzo_k_fluoranthene	0,12	113,33	14,18	-	-
Benzo_a_pyrene	0,18	268,08	26,40	430	1600
Indeno_1_2_3_c_d_pyrene	0,19	108,61	18,39	-	-
Dibenzo_a_h_anthracene	0,07	42,70	4,09	63,4	260
Benzo_g_h_i_perylene	0,18	82,18	14,41	-	-
HMW (4-5-6 rings)	7,77	2888,77	282,81	1700	9600
ΣPAHs	17,03	8715,25	529,84	4022	44792

Tüm sediman istasyonlarında ölçülen Polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) ortalama, minimum ve maksimum değerleri Tablo 3.20'de yer almaktadır. İstasyon özelinde incelendiğinde 2018 sediman sonuçlarında olduğu gibi 2021 yılında da Zonguldak'ta yer alan TRK13 nolu istasyonda Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Benzo(a)anthracene, Chrysene ve Toplam PAH değerleri ERL değerinin

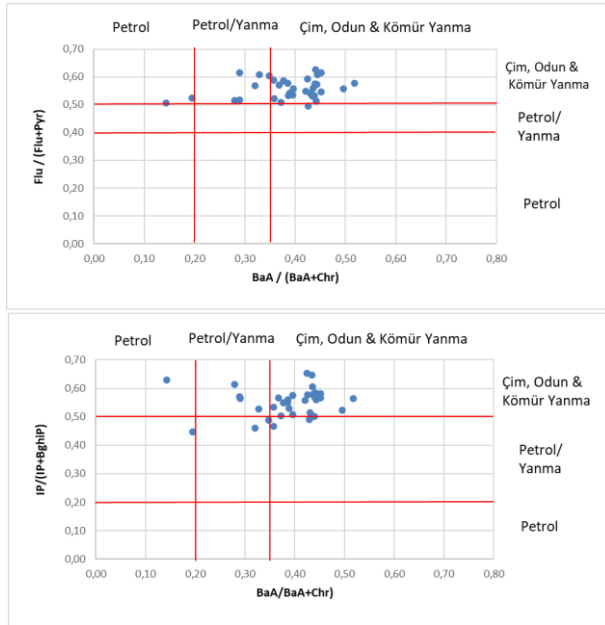
üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. Zonguldak'ta bulunan kömür madenleri nedeniyle petrol hidrokarbonları, kömür kaynaklı olup, atmosferik girişler, nehir girişleri ve yağmur suyundan kaynaklanmaktadır. Ayrıca Bartın'da TRK16 nolu istasyonda, Cide'de TRK19 nolu istasyonda ve Sinop'ta TRK 28 nolu istasyonda Fluorene değerleri, yine Sinop'ta TRK28 nolu istasyonda Phenanthrene ERL değerinin üzerinde

<sup>5</sup> Pirolitik Kaynaklar: Organik maddelerin (odun, kömür, petrol ürünleri, biyokütle, çöp vb.) yüksek sıcaklıkta eksik yanması (piroliz) sonucu oluşurlar.

<sup>6</sup> Petrojenik Kaynaklar: Doğrudan ham petrol, rafine edilmiş petrol ürünleri (benzin, dizel, motor yağı vb.) veya kömür katranı gibi fosil yakıtlardan kaynaklanırlar. Bunlar yanma olmadan çevreye salınırlar.

çıkıştır. Diğer tüm istasyonlarda tüm PAH bileşenleri ERL değerinin altındadır (Tablo 3.20). Tüm istasyonlarda toplam PAH

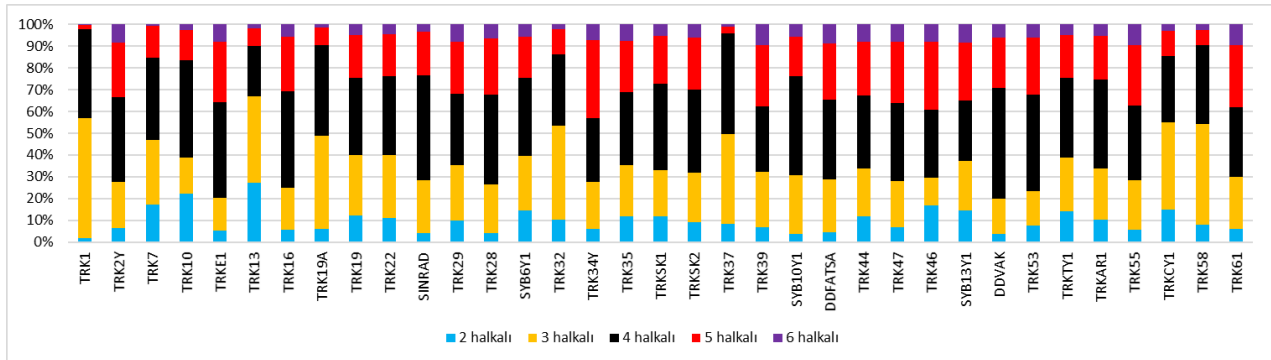
dağılımları 17,03- 8715,25 µg/kg kuru ağırlık aralığında değiştiği gözlenmektedir.



	Flu/(Flu+Pyr)	BaA/(BaA + Chr)	IP / (IP + BghiP)
<b>Pirolitik kökenli</b>	>0,5	>0,35	>0,5
<b>Petrojenik kökenli</b>	<0,4	<0,2	<0,2
<b>Referans</b>	Furtada vd. 2025; Yunker vd. 2002; Ravindra vd. 2008; Tobiszewski ve Namiesnik 2002; Shen vd. 2024		

Flu: Fluoranthene, Pyr: Pyrene, BaA: Benzo(a)anthracene, Chr: Chrysene, IP: Indo (1,2,3-cd) Pyrene, BghiP: Benzo (g, h, i) Perylene

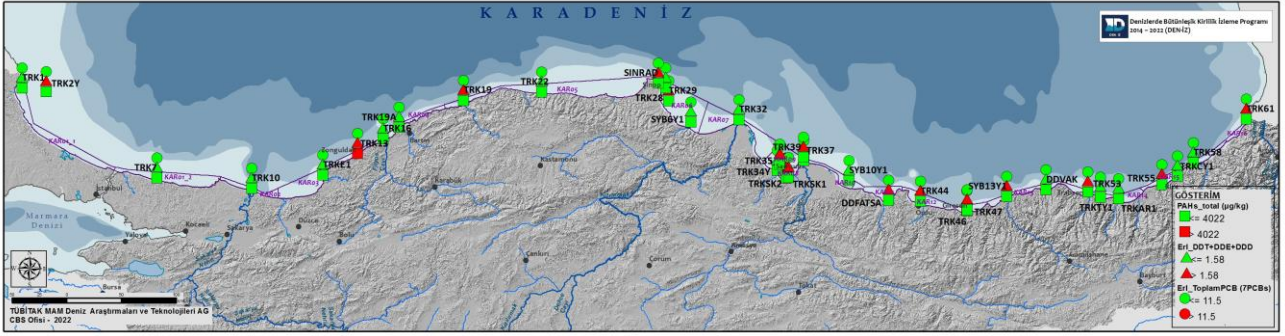
**Şekil 3.94.** Karadeniz sedimanlarında PAH kaynaklarını gösteren PAH'ların izomerik oranlarının çapraz çizimleri



**Şekil 3.95.** Karadeniz sediman örneklerinin 2-3-4-5-6 halkalı PAH'ların mekânsal dağılımı (LMW:2-3 halkalı; HMW:4-5-6 halkalı)

Karadenizden toplanan yüzey sediman örneklerinde bazı PAH bileşenlerinin oranları incelendiğinde çoğunlukla pirolitik bir kaynağa işaret etmektedir (Şekil 3.94). LMW ve HMW bileşiklerinin karşılaştırılmasında, PAH'lar tarafından petrojenik ve pirolitik kirlenmeyi ayırt etmek için kullanılabilir (Perra vd., 2011). Karadeniz sedimanlarında LMW/HMW oranlarının çoğu 1'in altındadır ve bu da

pirolitik bir kaynağa işaret etmektedir. İğneada kıyısı (TRK1), Zonguldak (TRK13), Kızılırmak önleri (TRK32), Rize (TRKCY1 ve TRK58) istasyonlarında LMW/HMW oranı 1'in üzerinde olup, petrojenik kaynağı işaret etmektedir (Şekil 3.95).



**Şekil 3.96.** Karadeniz sediman istasyonlarında organik kirletici (Toplam PAH, Toplam DDT ve türevleri ile Toplam PCB) bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması

Karadeniz'de 2021 yılında ölçümü yapılan tüm yüzey sedimanlarında Poliklorlu bifenillerin (PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 ve PCB180 (ICES-7) toplamı incelendiğinde <ösa-13,30 (ng/g kuru ağırlık) aralığında ölçüldüğü belirlenmiştir. Tüm sedimanlarda ERL değerinin (11,50 ng/g) altında toplam PCB değeri bulunmuştur. Sadece Samsun derin deniz deşarjı etkisinde bulunan TRKSK1 nolu istasyonda ERL üzerinde ölçülmüştür (Şekil 3.96).

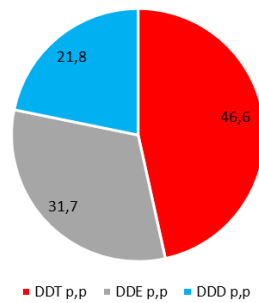
Diklorodifeniltrikloroetan (DDT), heksaklorosikloheksan (HCH), aldrin ve klordan gibi OCP'ler 1950'lerden 1980'lere kadar özellikle tarımda yaygın olarak kullanılmıştır.

DDT'nin kullanımı 1985 yılında tamamen yasaklanmasına rağmen deniz suyunda ölçüm sınırlarının altında gözlenmekte, ancak organizma ve sedimanda bazı bölgelerde hala ölçüm sınırlarının üzerinde bulunmaktadır. Karadeniz sediman istasyonlarında da p,p'-

DDT ve bozunma yan ürünleri p,p'-DDE, p,p'-DDD'ye rastlanmıştır. p,p'-DDT <ösa-6,06 ng/g ka., p-p'-DDE <ösa-2,62 ng/g ka ve p,p'-DDD ise <ösa-2,08 ng/g ka. aralığında ölçülmüştür. Karadeniz sedimanlarında en yüksek DDT ve türevleri toplamına Tuna Nehri etkisindeki İğneada açıklarında (TRK2Y), Zonguldak (TRK13), Samsun (TRKSK1), Tirebolu (SYB13Y1), Trabzon (TRK53) ve Rize (TRK55)' de ölçülmüştür (Şekil 3.96).

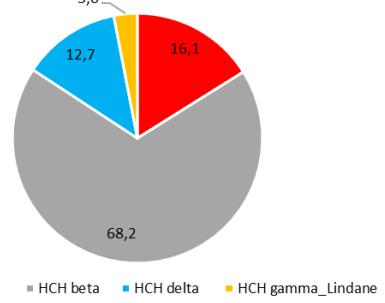
Aerobik koşullar altında, p,p'-DDT tipik olarak p,p'-DDE'ye dönüşürken, anaerobik koşullarda mikrobiyal aracılık yoluyla p,p'-DDD'ye dönüşür (Da C., ve diğ., 2013). Sediman örneklerinde saptanan DDT türevlerinin ortalama bileşimlerine bakıldığında 46,6% ile p,p'-DDT baskındır. Bunu 31,7% p,p'-DDE ve 21,8% p,p'-DDD takip etmektedir. (Şekil 3.97).

**DDT Türevlerinin % Dağılımı**



**Şekil 3.97.** Karadeniz sedimanlarında DDT ve türevlerinin % dağılımı

**HCH bileşenlerinin % Dağılımı**

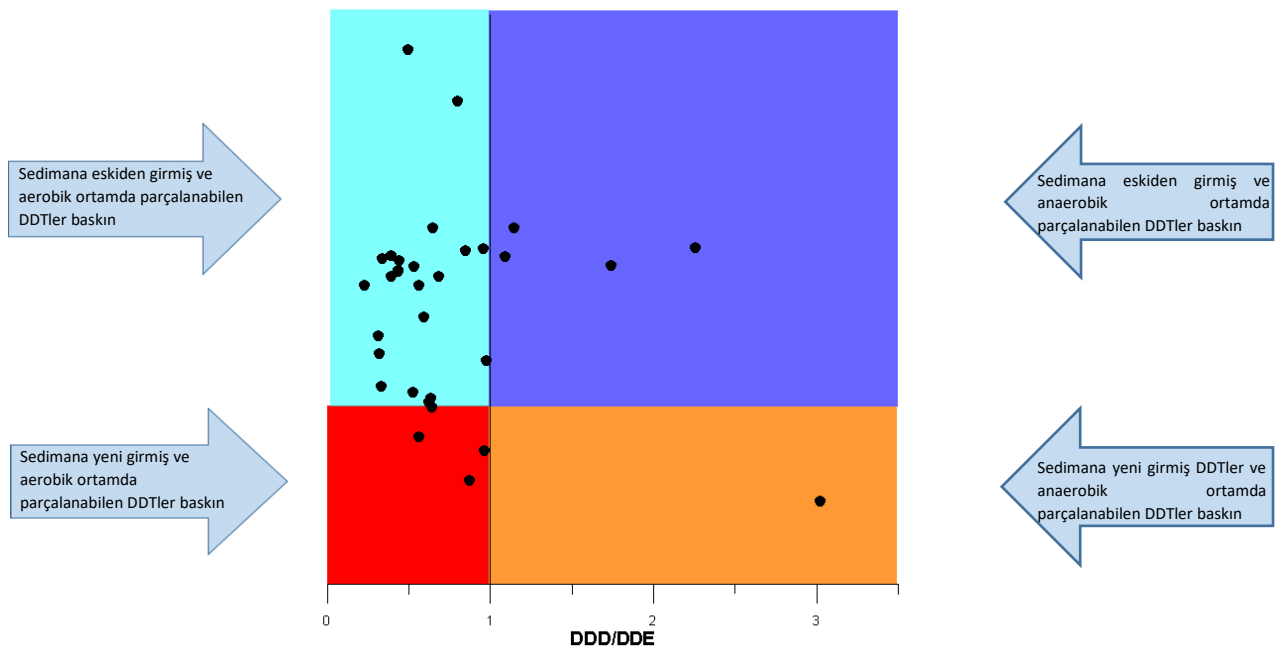


**Şekil 3.98.** Karadeniz sedimanlarında HCH bileşenlerinin % dağılımı

Ayrıca DDT'lerin "yeni" veya "eski" kirlilik kaynakları (DDD+DDE)/ $\Sigma$ DDT'lerin oranı ile ayırt edilmektedir. 0,5'ten daha yüksek (DDD+DDE)/ $\Sigma$ DDT'lerin oranı, DDT'lerin tarihsel bozulmadan kaynaklandığını göstermektedir. 0,5'ten düşük oran yeni DDT girişinin gerçekleştiğini göstermektedir (Da C., vd., 2013). Bu çalışmada sediman örnekleme yapılan tüm istasyonların (DDE+DDD)/ $\Sigma$ DDT oranları incelendiğinde istasyonların %11,8'i 0,5'in

altında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.99). Bu da birçok istasyonda tarihsel DDT'nin bozulmadan kaynaklı olduğunu gösterir. Bunun yanında hala DDT'lerin baskın olduğu istasyonlar mevcut olup, izleme çalışmalarının belirli dönem ve aralıklarla devam ettirilerek DDT'lerin yeni giriş yapıp yapmadığı veya DDT'nin tarihsel bozulmadan kaynaklı olarak DDE ve DDD'ye biyolojik olarak parçalanmaları takip edilmelidir.

Yüze sedimanlarında DDT türevlerinin oran ilişkisi



Şekil 3.99. Karadeniz yüze sedimanlarında DDT ve türevlerinin oran ilişkisi

Şekil 3.98'de gösterildiği gibi bu çalışmada a-HCH, b-HCH, d-HCH ve g-HCH izomerleri, toplam HCH'lerin sırasıyla yaklaşık %16,1, %68,2, %12,7 ve %3,0'ünü oluşturmuştur.

### Anorganik Kirleticiler (Metaller)

Karadeniz sediman örneklerinin metal içeriklerinin referansa (ZF) ve ekosisteme etki sınır değerlerine (sucul organizmalara düşük-orta etki düzeyleri ERL-ERM değerleri) göre durumunu yansıtan dağılım haritaları Şekil 3.102 ve Şekil 3.101'de yer almaktadır.

Karadeniz sedimanlarında ölçülen diğer pestisit değerlerine bakıldığında, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Heptaklor genel olarak düşük seviyelerde veya ölçüm sınırlarının altında tespit edilmiştir.

Karadeniz istasyonlarının genelinde arsenik metali ERL değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Doğu şelfte özellikle Samsunda (TRK 35 , TRK SK1 ve TRKSK2) istasyonunda birçok elementin ERL üstünde olduğu görülmektedir (Şekil 3.100 ve Şekil 3.101). Özellikle Samsunda

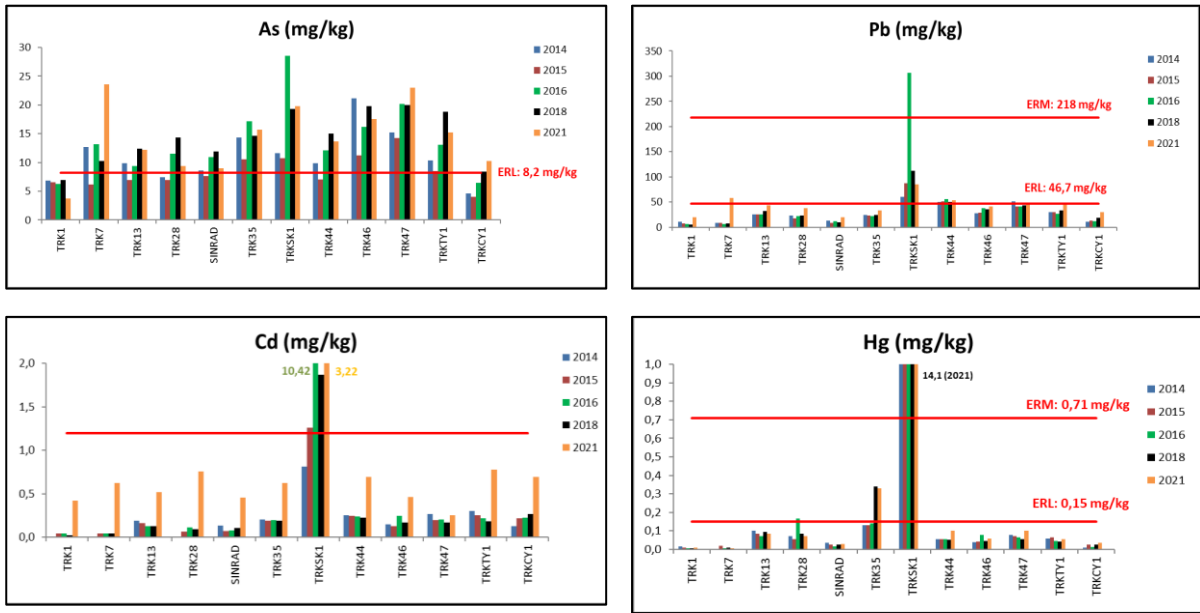
(SK1, SK2) civa açısından oldukça yüksek değerler tespit edilmiştir.

Bakır içerikleri (Sinop 2 Kontrol noktasındaki TRK25 istasyonu hariç) tüm sedimanlarda ERL değeri üzerinde bulunmuştur.

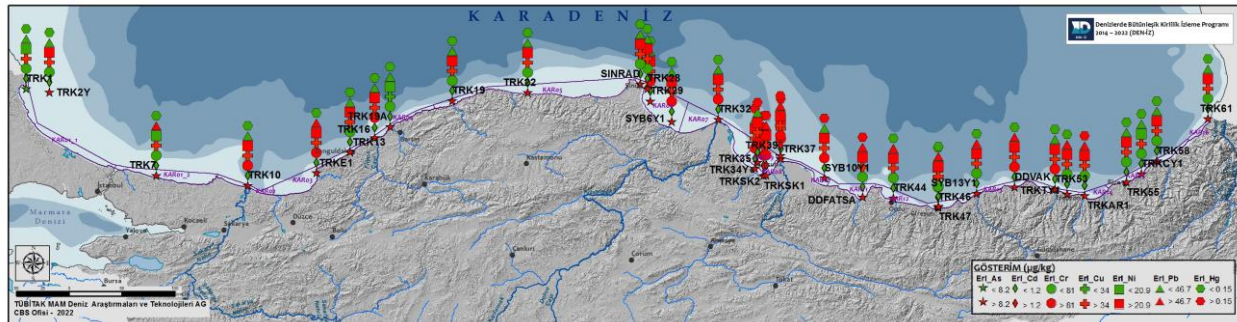
Kurşun içerikleri Samsun ve Trabzon arasında yer alan bölgede alınan sediman

numunelerinde ERL seviyesi üzerinde bulunmuştur.

Samsundaki (TRKSK1, TRKSK2 ve TRK39 istasyonları) ERL üzerindeki yüksek değerler hariç genel olarak tüm sediman örneklerinin kadmiyum içeriği ERL değerinin oldukça altındadır.



Şekil 3.100. Karadeniz sediman yönelim istasyonlarında metallerin yıllara göre değişimi (2014-2016)



Şekil 3.101. Karadeniz sediman istasyonlarında metal bulgularının ERL değerlendirilmesi ile kalite sınıflandırması (2021)



DEN-İZ Programı kapsamında, 2021 yılı gz döneminde biyotada kirletici çalışmalarında Karadeniz’de İğneada’dan Hopa’ya kadar 18 bölgede 23 trol çalışmasında hem ticari ve çevresel önemi hem de denizdeki mekânsal dağılımlı nedeniyle *Mullus barbatus* (barbun) ve

### **Biyotada metal kirliliği**

Deniz organizmaları, çevrelerindeki değişken metal konsantrasyonlarına sürekli maruz kalmaktadır. Yapılan birçok araştırma, sucul sistemlerde bulunan metallerin organizmalar üzerinde toksik etkilere yol açabileceğini göstermektedir. Özellikle ağır metallerden arsenik, inorganik formlarında yüksek derecede toksik etki gösterirken, organik formlarının büyük çoğunluğu nispeten zararsızdır. Deniz canlıları ise arseniğin organik bileşiklerinin başlıca kaynağıdır (Cullen ve Reimer, 1989; Francesconi ve Kuehnelt, 2004; Kalia, K. ve Khambh).

Karadeniz’de 2021 yılında toplanan tüm biyota örneklerindeki yaş ağırlık olarak (ya.) ortalama metal derişimleri;

**Barbun** (*Mullus barbatus*) rneklerinde; arsenik 1,43-4,23  $\mu\text{g/g}$  ya., kadmiyum 0,001-0,049  $\mu\text{g/g}$  ya., kobalt 0,009-0,050  $\mu\text{g/g}$  ya., krom 0,019-0,216  $\mu\text{g/g}$  ya., demir 4,731-18,335  $\mu\text{g/g}$  ya., manganez 0,203-

*Merlangius merlangus euxinus* (mezgıt) balıkları seçilmiştir (şekil 3.103).

Trol ekimi ile örneklenen balıkların filetoları alınarak çalışma yapılmıştır. Tüm biyota numuneleri aynı boy grubunda 3 replike olacak şekilde kompozit örnekler hazırlanmıştır.

1,085  $\mu\text{g/g}$  ya., nikel 0,038-0,121  $\mu\text{g/g}$  ya., kurşun 0,020-0,387  $\mu\text{g/g}$  ya., çinko 7,54-14,36  $\mu\text{g/g}$  ya., civa 0,03-0,31  $\mu\text{g/g}$  ya. arasında tespit edilmiştir.

**Mezgıt** (*Merlangius merlangus euxinus*); örneklerinde ise arsenik 0,16-2,09  $\mu\text{g/g}$  ya., kadmiyum <sa-2,09  $\mu\text{g/g}$  ya., kobalt 0,002-0,027  $\mu\text{g/g}$  ya., krom 0,011-0,161  $\mu\text{g/g}$  ya., demir 2,234-10,489  $\mu\text{g/g}$  ya., manganez 0,129-0,705  $\mu\text{g/g}$  ya., nikel 0,010-0,388  $\mu\text{g/g}$  ya., kurşun 0,009-0,387  $\mu\text{g/g}$  ya., çinko 1,90-16,72  $\mu\text{g/g}$  ya., civa 0,02-0,09  $\mu\text{g/g}$  ya. arasında tespit edilmiştir.

Analizi gerçekleştirilen Karadeniz biyota örnekleri (mezgıt ve barbun) genel olarak metal içerikleri Cd, Pb ve Hg açısından Türk Gıda Kodeksi’nde (TGK) yer alan sınır değerlerin altında kalmıştır. Sadece Yeşilirmak (SC8) istasyonundaki *Merlangius euxinus* türünün bir örneğinde kurşun içeriğinin TGK sınır değerinin üzerinde olduğu gözlenmiştir. (Tablo 3.21).

**Tablo 3.21** Balık filetosunda ölçülen parametrelerin ortalama değerlerinin Türk Gıda Kodeksi (TGK) değerleriyle karşılaştırılması

Bölge	İstasyon Kodu	Tür Adı	Cd (µg/g ya.)	Pb (µg/g ya.)	Hg (µg/g ya.)	Benzo(a)piren (ng/g ya.)	Benzo(a)piren, benzo(a)anthrasen, benzo(b)floranthen ve krisen toplamı (ng/g ya.)	PCB28, PCB31, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 ve PCB180 (ICES-7) toplamı (ng/g ya.)
İğneada	K1	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,010	0,079	0,027	0,019	0,249	0,955
Şile	K4	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,005	0,073	0,043	0,042	0,147	14,234
İhsaniye	K7	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,049	0,114	0,031	0,030	0,959	22,573
Zonguldak	K9	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,005	0,201	0,030	0,010	0,146	0,842
Filyos	K10	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,004	0,087	0,050	0,043	0,416	15,641
Bartın	K11	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,002	0,035	0,034	0,007	0,056	1,066
İnebolu	K14	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,005	0,057	0,061	<ösa	0,335	10,002
Sinop Kontrol 2	K16	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,003	0,011	0,045	0,033	0,085	0,944
Sinop Kontrol 1	K18	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,003	0,040	0,052	0,031	0,212	3,827
Yakakent	K20	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,003	0,049	0,031	0,056	0,170	0,442
		Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,005	0,151	0,060	0,157	0,194	5,706
Melet	CB11	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,002	0,052	0,032	0,032	0,080	0,368
	CB12	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,003	0,053	0,072	0,044	0,189	2,260
Samsun Azot	SB6	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,003	0,029	0,094	0,027	0,128	0,847
	SA6	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,004	0,057	0,310	0,042	0,154	13,326
Yeşilırmak Doğu	SC8	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,005	<b>0,387</b>	0,082	0,024	0,108	0,432
	SB8	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,003	0,041	0,153	0,020	0,198	2,750
Ünye	SC10	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,002	0,027	0,068	0,016	0,050	0,348
	SA10	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,002	0,041	0,116	0,007	0,227	1,768
Sürmene	CB5	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,001	0,020	0,058	0,032	0,162	1,594
		Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,001	0,025	0,018	0,061	0,117	0,807
Trabzon Havaalanı	CB1	Barbun ( <i>Mullus barbatus</i> )	0,002	0,039	0,045	<ösa	0,031	-
	CB3	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	<ösa	0,009	0,032	<ösa	0,021	0,405
Çayeli	CB7	Mezgit ( <i>Merlangius euxmus</i> )	0,004	0,135	0,030	0,254	0,284	0,482
<b>Karadeniz Ortalama</b>			0,005	0,075	0,065	0,047	0,196	4,418
<b>Türk Gıda Kodeksi</b>			<b>0,050</b>	<b>0,300</b>	<b>1,000</b>	<b>2,000</b>	<b>12,000</b>	<b>75,000</b>

### **Biyotada organik kirleticiler**

Deniz ortamına taşınan petrol ve diğer türevli hidrokarbonlar, fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler sonucunda, bu bileşiklerin önemli bir fraksiyonu atmosferik koşullara bağlı olarak hızla buharlaşarak ortamdaki uzaklaşırken, geri kalan kısmı su kolonunda çözünme, emülsifikasyon ve adsorpsiyon gibi süreçler yoluyla dağılım gösterir. Zamanla, bu bileşikler sedimanlara çökerek birikebilir ve uzun vadede bentik ekosistemler üzerinde kalıcı etkiler oluşturabilir. Ayrıca, çözünmüş veya partiküllere bağlı formları yoluyla trofik transfer gerçekleşerek biyotada birikim gösterebilir (Chouksey ve ark., 2004).

Hidrokarbonlarının toksikolojik etkileri, bileşenlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından yapılan sınıflandırmalara göre, hidrokarbonların içerisinde özellikle aromatik yapıya sahip bileşikler arasında yer alan benzen ve benzo(a)pyrene, güçlü kanserojen özellikleri nedeniyle insan sağlığı açısından yüksek riskli kabul edilmektedir (Zhou ve ark., 2004; Zhou ve ark., 2014).

Türk Gıda Kodeksinde (TGK) maksimum limit olarak belirtilen çok halkalı aromatik bileşik benzo(a)pyrene, kanserojenik PAH oluşumunda ve etkisinde bir marker olarak kullanılır. Türk Gıda Kodeksindeki (TGK) çift kabuklu yumuşakçalarda Benzo(a)pyrene için maksimum limit 10,0 µg/kg yaş ağırlık, balık eti için 2 µg/kg yaş ağırlık, kabuklular için ise 5 µg/kg verilmiştir.

2021 yılı izleme döneminde Karadeniz biyota örneklerinde **Benzo(a)piren** konsantrasyonları <ösa-0,254 µg/kg yaş ağırlık aralığında ölçülmüştür. TGK'da verilen sınır değerinin altında Benzo(a)pyrene konsantrasyonları tespit edilmiştir.

**Benzo(a)piren, benzo(a)anthrasen, benzo(b)floranthen ve krisen toplamı** konsantrasyonları ise balık etinde 0,021-

0,959 µg/kg yaş ağırlık aralığında ölçülmüştür. Tüm ölçüm değerleri TGK'da verilen sınır değerinin (12 µg/kg yaş ağırlık) altında bulunmuştur.

Yenilebilir dokulardaki **toplam PCB'lerin** (ICES-7) (PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 ve PCB180) konsantrasyonları 0,348-22,573 µg/kg yaş ağırlık aralığında olup, Türk gıda kodeksinin izin verilen maksimum limit değerlerinin (75 µg/kg ya) altındadır.

Pestisit olarak **DDT**'nin kullanımı 1985 yılından beri yasaklanmasına rağmen atmosferik ve diğer yollarda taşınması çok kolay olan bu kirleticinin ülkemiz karasularında ölçülmesi oldukça muhtemel görülmektedir. 2014-2019 yıllarında olduğu gibi 2021 izleme programında da tüm istasyonlardan toplanan biyota örneklerinde yapılan ölçümlerde DDT ve türevlerine rastlanmıştır.

2021 yılı izleme döneminde yapılan çalışmada balık'ta (barbun ve mezgit) 1,79-43,98 µg/kg yaş ağırlık olarak **p,p DDT, p,p DDE ve p,p DDD toplamına** rastlanmıştır.

Biyota örneklerinde yağları uzaklaştırmak için, sülfürik asit ile ekstraksiyon yapılmıştır. Dieldrin ve Endrin asit ekstraksiyonu aşamasında kaybolmaktadır. Bu yüzden biyota örneklerinde Dieldrin ve Endrin ölçülemediği görülmüştür.

**HCH-alpha** <ösa-0,073 ng/g ya., **HCH-beta** 0,073-8,126 ng/g ya. aralığında değişim gösterirken, **HCH delta** ve **HCH-gamma (Lindane)** tüm istasyonlarda ölçüm limitlerinin altında değişim göstermiştir. Hekzaklorobenzen ise 0,051-0,395 ng/g ya. aralığında değişim göstermiştir.

**Diğer organoklorlu pestisitler** ise (aldrin, ve heptaklor) ölçüm limitlerinin altında tespit edilmiştir.

### 3.6.3 Radyoaktivite Düzeyleri

Çevresel radyoaktivite ölçüm ve izleme çalışmaları, bir ülkenin kamu sağlığını, çevre ve nükleer güvenliğini korumak ve radyoaktif materyallerin güvenli kullanımını teşvik etme açısından kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca, acil durum hazırlığı, düzenleyici uyum, bilimsel araştırma ve nükleer ve radyolojik güvenlikle ilgili konularda uluslararası iş birliğini teşvik etme açısından da büyük önem taşımaktadır. Bu ölçüm ve izleme faaliyetleri, radyasyonun kontrol altında tutulmasını ve olası risklerin en aza indirilmesini sağlar. Bu nedenlerle çevresel radyoaktivite ölçüm ve izleme çalışmaları, bir ülkenin ve dünya genelinde toplumların radyasyonla ilişkili riskleri anlamalarına, kontrol etmelerine ve azaltmalarına yardımcı olur, ayrıca, çevresel ve nükleer güvenliğin temel bir parçası olarak kabul edilir.

Denizel ortamlara kuru ve yaş çökme şeklinde havadan giren radyoaktif kirleticiler, ayrıca akarsular yoluyla da denizlere taşınmaktadır. Diğer taraftan Çernobil kazasında olduğu gibi kontamine olmuş toprakların erozyonla denizlere taşınması da bu ortamların kirlenmesinde etkili olmaktadır. Denizel ortama herhangi bir yolla giren radyoaktif bir kirletici su, sediman ve organizma arasında döngüye uğramaktadır. Sucul bir ortama girmiş olan radyoizotoplar, ya eriyik (solüsyon) halde ya da asılı olarak (süspansiyon) kalmakta, daha sonra ya dibe çökmekte veya organizmalar tarafından alınmaktadır. Bazı faktörler (akıntılar, çalkantılar, izotopik bollanma, biyolojik transport) suya girmiş olan bu radyoizotopların dağılımına ve bollanmasına neden olurken, diğer faktörler onların organizmalarda birikimine ya da sediman partiküllerine konsantre olmalarını sağlamaktadır. Dünyanın denizel, karasal ve atmosferik ortamlarında görülen radyoaktivitenin ana kaynağını doğal (natürel) radyoaktivite ve yapay (antropojenik) radyoaktivite

oluşturmaktadır. Özellikle denizel ortamlarda doğal radyoizotop konsantrasyonları hızla artmaktadır. Bunun da nedeni, yapay gübrelerin, fosil yakıtların, deterjan ve pestisit kullanımının hızlı artışı ya da fosfat işleme tesislerinin çoğalmasındır.

Karadeniz, coğrafi konumu nedeniyle yapay radyoaktivite ile en çok kontamine deniz havzalarından biridir. Antropojenik radyoizotoplar, özellikle büyük ölçekli atmosferik nükleer silah denemelerinden kaynaklanmıştır. Bu denemeler, çoğunlukla 1954-1958 ve 1961-1962 yılları arasında ve 1963 yılı test yasağı anlaşmasından önce gerçekleştirilmiştir ve Çernobil Nükleer Santrali kazasından sonra Nisan 1986'da gerçekleşmiştir. Atmosferik denemelerden kaynaklanan maksimum küresel nükleer saçılma, Karadeniz'in tam olarak geçtiği 40°-50° kuzey enlem bandı içinde gözlemlenmiştir. Nispeten kapalı olan bu havza atmosferdeki nükleer silah denemelerinden kaynaklanan serpintiden büyük oranda etkilenmiştir.

Çernobil Nükleer Santrali kazası düşünüldüğünde, Karadeniz bu nükleer kaza yerine coğrafi olarak en yakın deniz havzasıdır. Kaza, farklı radyoizotopların atmosfere salınmasıyla Karadeniz drenaj havzasının büyük bir bölümünün radyoaktif kirliliğe maruz kalmasına neden olmuştur. Bu nedenle, doğrudan atmosferik çökelmeye ek olarak, Karadeniz, özellikle Tuna ve Dinyeper nehirlerinden gelen akarsu deşarjı yoluyla Çernobil kökenli radyoizotopların girdisine maruz kalmış ve kalmaya devam etmektedir. Bu bağlamda Karadeniz'in çevresel radyolojik izlenmesi büyük önem taşımaktadır.

DEN-İZ Programı kapsamında, Karadeniz'de, 2014 yılında bir istasyonda (SİN RAD), 2015-2019 yılları arasında ise toplam 6 istasyonda (TRK1, TRK10, SİN RAD, TRK40Y, TRK53 ve TRK61) yüzey suyu ve sediman örneklerinde

radioaktivite düzeyleri izlenmiştir, ancak 2020 itibarıyla TRK40Y ve TRK10 istasyonları izlemeden çıkarılmıştır.

Genel olarak deniz radyoaktivitesi doğal ve yapay izotoplardan kaynaklanır. Doğal radyoaktivite Uranyum, Toryum, Aktinyum serisi ve K-40 gibi izotoplardan meydana

### **Deniz Suyunda Doğal ve Yapay (Antropojenik) Radyoaktivite**

2014-2022 izleme döneminde deniz suyunda doğal radyoizotoplardan U-238, U-234 ve U-235 ve Ra-226 izotopu ile kozmojenik izotoplardan H-3 izotopu izlenmiştir. Uranyum aktivitesinde istasyonlara ve yıllara göre küçük farklılıklar olmasına rağmen önemli bir değişiklik izlenmemiştir. En yüksek U-234 aktivitesi 2018 yılında TRK40Y (Fatsa) istasyonunda  $37,7 \pm 6,5$  mBq/L, en düşük 2015 yılında TRK1 (İğneada) istasyonunda  $23,6 \pm 4,8$  mBq/L, sekiz yıllık ortalama aktivite  $30,6 \pm 1,2$  mBq/L olarak tespit edilmiştir. En yüksek U-238 aktivitesi 2018 yılında TRK1 (İğneada) istasyonunda  $30,8 \pm 4,8$  mBq/L, en düşük 2015 yılında yine aynı istasyonunda  $21,1 \pm 4,5$  mBq/L, sekiz yıllık ortalama aktivite  $25,3 \pm 1,1$  mBq/L olarak ölçülmüştür. U-235 aktivitesi oldukça düşük düzeyde ( $0,25$  ile  $2,68$  mBq/L) olup, önemli bir değişim izlenmemiştir. Denizlerdeki uranyum konsantrasyonu yaklaşık olarak  $1,3$  ppb ( $0,1$  ile  $5,9$  ppb) bu da yaklaşık olarak  $32,8$  mBq/L aktivite değerine eşit olup sonuçlarımızla uyumludur. Deniz suyundaki uranyumun izotopunun temel kaynakları, magmatik, metamorfik ve tortul kayalardır. Bunlar çeşitli atmosferik proseslerle çözülerek yüzey sularına karışır ve akarsularla denizlere taşınırlar. Nehir ağzına göre konumu, tuzluluk, derinlik, pH, redoks potansiyeli, iletkenlik vb. parametrelere göre farklılık gösterirler.

Ra-226 aktivite düzeyleri yıllar ve istasyonlara göre ayrı ayrı incelendiğinde İstasyonlar arasında göreceli farklar olduğu ancak yıllara göre anlamlı bir değişim göstermediği görülmektedir. 2015- 2022

gelir ve toplam radyoaktivitenin önemli bir bölümünü oluşturur. Antropojenik (yapay) kaynaklı radyoaktivite ise Cs-137 ve Sr-90 gibi radyoizotoplardan kaynaklanır, nispeten düşük aktiviteye sahip olmasına rağmen radyoaktif kirliliğin ana kaynağını oluştururlar.

yılı ortalama sekiz yıllık değişim trendinin yatay seyir izlediği görülmüştür. En yüksek Ra-226 aktivitesi 2015 yılında TRK10 (Karasu) istasyonunda  $2,68 \pm 0,64$  mBq/L, en düşük 2018 yılında TRK1 (İğneada) istasyonunda  $0,21 \pm 0,12$  mBq/L ve sekiz yıllık ortalama aktivite  $0,77 \pm 0,20$  mBq/L olarak tespit edilmiştir. Karadeniz'in Bulgaristan kıyılarında yapılan benzer çalışmalarda Ra-226 konsantrasyonu  $0,93$  ile  $1,59$  mBq/L arasında bulunmuştur. Bu değerler 2015 yılı Sakarya Nehri ağzı (TRK10) dışındaki istasyonlarla benzerlik göstermektedir. 2015 yılında Sakarya Nehri ağzından alınan deniz suyu örneğinin diğer sonuçlara göre yüksek çıkması, nehrin taşıdığı radyum yükünden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Suda çözünürlüğü yüksek olduğundan deniz sularında çözünmüş halde bulunur. Radyumun denizlerdeki aktivite düzeyleri oldukça düşük olmasına rağmen radyo toksisitesi oldukça yüksektir. Besin zinciri ile sindirim kanalından vücuda alınır ve özellikle kemik dokularına yerleşirler. Toplam alfa ve beta aktivitelerinde sekiz yıllık izleme süresince herhangi bir anormal değişim izlenmemiştir.

2015-2022 izleme dönemi boyunca, deniz suyunda antropojenik kirlilik açısından önemli olabilecek Sezyum (Cs-137 ve Cs-134), Stronsiyum (Sr-90), Plütonyum (Pu-239+240) ve Tritiyum (H-3) radyoizotopları izlenmiştir. Karadeniz'deki antropojenik radyoaktif kirliliğin en önemli üç kaynağı, Çernobil kazası, nükleer silah denemeleri ve nükleer tesislerden yapılan radyoaktif madde deşarjlarıdır. Bunun yanında izotop üretim tesisleri, tarımda kullanılan gübreler,

endüstri ve tıpta teşhis ve tedavi amaçlı kullanılan izotoplar başlıca kirlilik kaynaklarıdır. Son sekiz yıllık Cs-137 ve Sr-90 aktivite konsantrasyonları gerek istasyonlar bazında gerekse yıllık ortalama değerler açısından incelendiğinde çok küçük değişimler olsa da önemli bir değişim göstermemiştir. H-3 aktivitesinde ise göreceli farklılıklar gözlenmiştir. Bu değişimlerin mevsimsel yağış etkilerinden kaynaklanması olasıdır. Pu-239+240 konsantrasyonları çoğunlukla ölçüm limitinin altında kalmıştır.

En yüksek Cs-137 konsantrasyonu  $16,3 \pm 3,8$  mBq/L ile 2020 yılında TRK53 (Trabzon) istasyonunda, en düşük ise 2017 yılında  $5,9 \pm 0,9$  mBq/L ile SİNRAD (Sinop)'da tespit edilmiştir. Tüm istasyonlar için 2015-2022 yıllarına ait ortalama aktivite  $9,0 \pm 0,6$  mBq/L'dir. Bu değerler oldukça düşük olup çevre ve deniz ekosistemi açısından herhangi bir risk oluşturmaz. Bazı istasyonlarda Cs-137 konsantrasyonunda çok küçükte olsa göreceli azalma eğilimi gözlenmiştir. Cs-134 konsantrasyonu tüm istasyonlarda ölçüm limitinin altında kalmıştır.

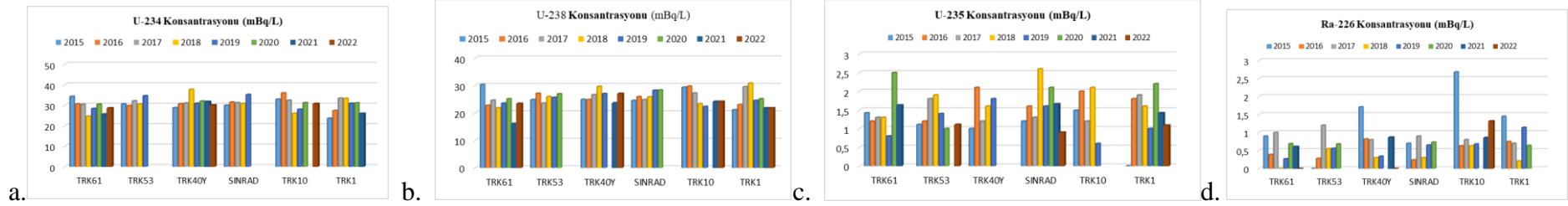
Sr-90 konsantrasyonu Cs-137 konsantrasyonuna göre daha düşük olmakla birlikte paralellik göstermiştir. En yüksek aktivite konsantrasyonu 2019 yılında SİNRAD istasyonunda  $7,9 \pm 1,1$  mBq/L, en düşük 2015'da aynı istasyonda  $1,9 \pm 0,2$  mBq/L, sekiz yıllık ortalama ise  $4,6 \pm 0,3$  mBq/L olarak bulunmuştur. Bu değerler oldukça düşük olup çevre ve deniz ekosistemi açısından herhangi bir risk oluşturmaz.

H-3 aktivitesi istasyonlar ve yıllara göre önemli değişimler göstermiştir. Bunun sebebi trityumun hem yapay hem de doğal

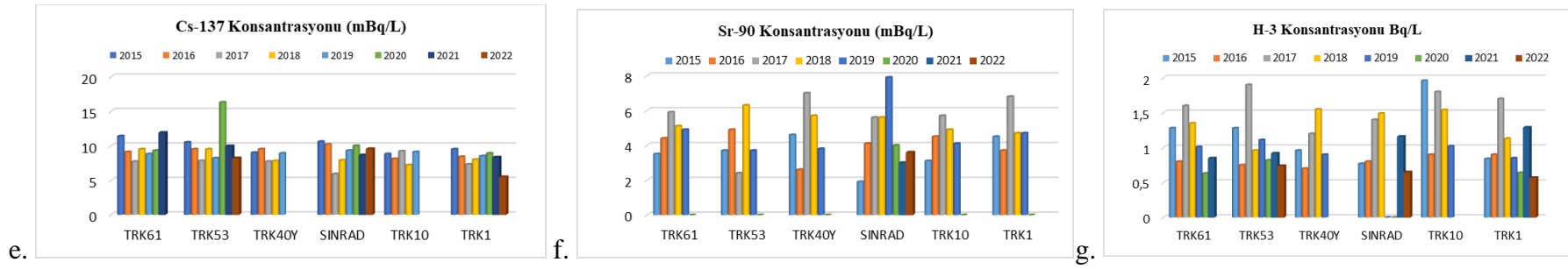
(kozmojenik) kaynaklı izotop olması, güneş ve dış uzay kaynaklı kozmik aktivitelere ve atmosferik olaylara bağlı olarak denizlerdeki aktivitesinin farklılık göstermesidir. Su molekülündeki oksijen ve hidrojenin kararlı izotop oranlarına benzer şekilde, trityumun yağıştaki dağılımını etkileyen birkaç faktör bulunmaktadır. 'Enlem etkisi', giderek artan enlemle birlikte artan trityum konsantrasyonlarını gösterir, 'mevsimsel etki' ilkbahar ve erken yaz aylarında artan trityum konsantrasyonlarını gösterir ve 'kıtasal etki', kıyılardan uzaklaştıkça artan trityum konsantrasyonlarını tanımlar, Ek olarak, stratosferik nem, yer seviyesindeki nemden daha yüksek trityum içeriğine sahiptir. Bu nemin küçük miktarları bile, sonuçta oluşan yağışın trityum konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırabilir. Stratosfer ve troposfer arasındaki değişim, coğrafi ve zaman içinde değiştiğinden stratosferik trityum katkısının dinamikleri kısmen açık bir soru olarak kalmaktadır.

Son altı yıllık dönemde istasyonların tamamına yakınında Pu-239+240 düzeyi ölçüm limitinin altında kalmıştır. SİNRAD (Sinop) istasyonunda 2014, 2015 ve 2016 yıllarında sırası ile  $0,024 \pm 0,003$ ,  $0,017 \pm 0,003$ ,  $0,003 \pm 0,002$  mBq/L olarak ölçülmüştür. Bu değerler oldukça düşük olup deniz kirliliği açısından herhangi bir risk oluşturmamaktadır.

Yüzey sularında doğal ve antropojenik radyoizotop konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi Şekil 3.104 ve Şekil 3.105'de gösterilmiştir.



Şekil 3.104. Deniz suyunda doğal radyoizotop konsantrasyonları (2015-2022 ), a, b, c Uranyum izotopları, d. Radyum



Şekil 3.105. Deniz suyunda antropojenik ve kozmojenik radyoizotop konsantrasyonları (2015-2022), e. Sezyum, f. Stronsiyum ve g. Trityum

## Sedimanda Radyoaktivite

İzleme programı kapsamında 2015-2019 arası 6 istasyonda doğal izotoplardan potasyum (K-40), radyum (Ra-226) ve toryum (Th-232) ile antropojenik izotoplardan sezyum (Cs-137 ve Cs-134) izotopları izlenmiştir. 2020 itibariyle istasyon sayısı 4'e düşürülmüştür.

2015-2022 yılları arasında gerçekleştirilen izleme döneminde istasyonlara göre önemli farklılıklar olmasına rağmen yıllara göre ortalama doğal ve yapay izotop konsantrasyonlarında göreceli değişimler gözlenmemiştir. Sekiz yıllık dönemde en yüksek K-40 aktivitesi 2016 yılında TRK53 istasyonunda  $661 \pm 64$  Bq/kg, en düşük 2018 yılında TRK1 istasyonunda  $50,5 \pm 5,7$  Bq/kg ve altı yıllık ortalama  $457 \pm 80$  Bq/kg olarak tespit edilmiş olup, normal değerler arasındadır. K-40, potasyumun üç izotopundan tek radyoaktif olanıdır ve toplam potasyum izotoplarının sadece %0,0118'ni oluşturur ki topraktaki konsantrasyonu yaklaşık 120 ppm (120 gram/ton) düzeyinde olup spesifik aktivitesi 262,7 kBq/g'dır. Yer kabuğunda jeolojik yapıya bağlı olarak farklı konsantrasyonlarda bulunur. Gama ve beta yayınladığı için iç ve dış ışınlanmalara neden olur. Topraklardaki K-40 aktivitesinin dünya ortalaması 400 Bq/kg mertebesindedir. Doğal izotop olduğu için deniz sularındaki ve sedimanlardaki düzeyleri tamamen deniz jeolojisi ve oşinografik süreçler ile açıklanabilir.

En yüksek Ra-226 aktivitesi 2015 yılında TRK53 istasyonunda  $34,5 \pm 4,4$  Bq/kg, en düşük 2018 yılında TRK1 istasyonunda  $1,3 \pm 0,5$  Bq/kg ve sekiz yıllık ortalama  $14,7 \pm 6,0$  Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Radyum yer kabuğunda çok düşük konsantrasyonlarda, yani ppt (miligram/ton) düzeyindedir. Uranyumun bozunumundan oluşur ve radyoaktivitesi oldukça yüksektir. Spesifik aktivitesi 36,6

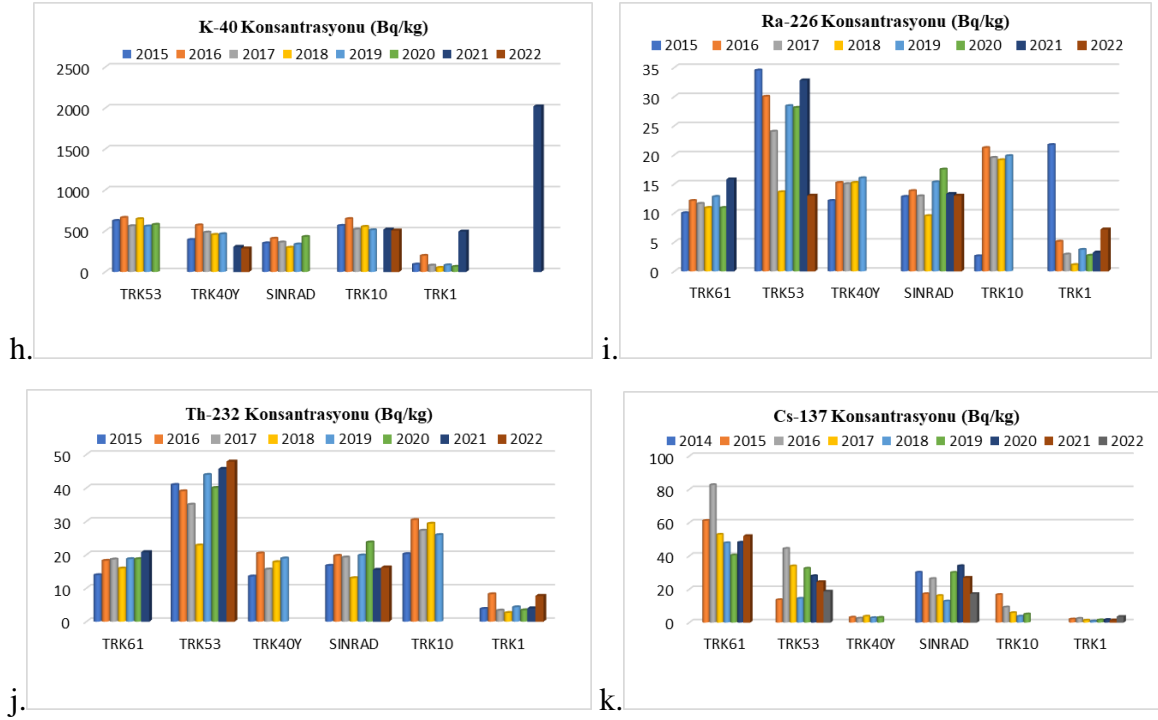
GBq/g, olup bozunumunda hem alfa hem de gama ışıması yaptığı için iç ve dış ışınlanmalara neden olur. Ra-226 radyoizotopunun deniz suyu ve sedimanlardaki konsantrasyonu oşinografik akıntılar, su kolonu değişimleri ve jeokimyasal etkileşimlere bağlı olarak değişim gösterebilmektedir.

En yüksek Th-232 aktivitesi 2019 yılında TRK53 istasyonunda  $43,9 \pm 4,4$  Bq/kg, en düşük 2018 yılında TRK1 istasyonunda  $2,60 \pm 0,3$  Bq/kg ve sekiz yıllık ortalama  $23,8 \pm 8,6$  Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Bu değerler beklenen değerler olup normal sınırlardadır. Yer kabuğundaki konsantrasyonu yaklaşık olarak 6 ppm (6 gram/ton) seviyesindedir. Silis örneğinde olduğu gibi doğal çevrede diğer mineraller ile çeşitli kombinasyonlarda bulunur, suda kolay çözünmez, topraktan veya sudan havaya buharlaşmaz. Doğal radyoizotop olduğu için deniz suyu ve sedimanlardaki konsantrasyonları jeokimyasal süreçlere bağlı olarak bölgesel farklılıklar gösterebilir.

2014-2022 döneminde izlemeye alınan tek antropojenik izotop olan Cs-137 istasyonlar arasında önemli derecede farklılık göstermiştir. En yüksek Cs-137 aktivitesi 2016 yılında TRK61 istasyonunda  $82,7 \pm 5,9$  Bq/kg, en düşük 2018 yılında TRK1 istasyonunda  $0,80 \pm 0,1$  Bq/kg ve dokuz yıllık ortalama  $19,5 \pm 9,0$  Bq/kg olarak tespit edilmiştir. İstasyonlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde özellikle TRK61 (Hopa) istasyonundaki radyoaktivitenin diğer istasyonlara göre iki kattan daha fazla olduğu görülmektedir. İkinci sırada TRK53 (Trabzon) ve üçüncü sırada ise SİNRAD (Sinop) istasyonu yer almıştır. Bu durum en fazla Cs-137 çökelmelerinin bu bölgelerde gerçekleştiğini göstermektedir. Çernobil (1986) kazasından bu yana bir

yarılanmadan fazla zaman geçmesine rağmen bu düzeyde aktivitenin yüksek olması, kıyılarımızın önemli düzeyde kontamine olduğunu açıkça ortaya

koymaktadır. Sedimanda doğal ve antropojenik radyoizotop konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi Şekil 3.106' da gösterilmiştir.



Şekil 3.106. Sedimanda doğal ve antropojenik radyoizotop konsantrasyonları (2015-2022), h. Potasyum, i.Radyum, j.Toryum ve k. Sezyum

### 3.7 Deniz Çöpleri (T10)

Deniz çöpleri, nehirlerle, kanalizasyon veya drenaj sistemleri yoluyla, erozyon, rüzgâr gibi doğal yollarla denize ve kıyısal ortama taşınan üretilmiş/işlenmiş kalıcı madde olarak tanımlanmaktadır (UNEP, 2005; Galgani ve ark., 2010).

Çöplerin özellikle mikro parçacıklar olarak varlıkları ve bunların etkileri ise yeni yeni anlaşılmaya başlamış olup bu konudaki çalışmalar küresel ölçekte oldukça sınırlıdır. AB DSÇD ve UNEP/MAP IMAP kapsamında da ele alınmaktadır.

Gerek DSÇD ve gerekse UNEP/MAP-IMAP açısından önemli olan göstergeler şunlardır:

- Sahilde ve su kolonundaki (yüzeyde sürüklenenler de dahil) ve deniz tabanında biriken çöplerin miktar yönelimleri, içerik analizleri, bölgesel dağılımı (IMAP/EO10, CI 22-23 & MSFD/D10C1)
- Mikropartiküllerin (özellikle mikroplastiklerin) miktar, dağılım ve mümkünse içerik yönelimleri (IMAP/EO10, CI 23 & MSFD/D10C2)
- Deniz hayvanları tarafından sindirilen çöplerin seviye ve yönelimleri (örn. mide içerik analizleri) (IMAP/EO10, CI 24 & MSFD/D10C3)

2014-2016 izleme döneminde deniz suyu ve sedimanında yapılan mikroplastik çalışmalarına 2017-2019 programında ara verilmiştir. Sonuçlar, Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-

2016 Karadeniz Özet Raporunda (ISBN: 978-605-5294-70-0) değerlendirilmiş, ilk seviye tespitleri yapılmış, veri kalite güvencesi ve kapasite oluşturma yönünde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ancak, izleme çalışmalarının kapsamlı ve rutin olarak sürdürülebilmesi için kapasitelerin (özellikle personel) arttırılması gereklidir. 2020-2022 dönemi izleme programında ise tüm denizlerimizde daha geniş istasyon ağında mikroplastik çalışmaları devam etmiştir.

DEN-İZ programı kapsamında Karadeniz’de sahil çöplerinin izlenmesi ilk defa 2018 yılında başlamıştır. Örneklem yeri olarak Karadeniz’de Sarısu plajı seçilmiştir. 2020-2022 Yılları arasında ise Rize ilinde bulunan Sarayköy plajında çalışılmıştır.

Ayrıca 2016, 2019 ve 2021 yıllarında deniz tabanı trol çalışmasında taranan alan yöntemi ile elde edilen makro çöpler biyoçeşitliliğin yanı sıra değerlendirilmiştir.

Deniz İzleme Programı kapsamında ilk kez Güney Doğu Karadeniz’de yürütülen Deniz Memelileri İzleme Araştırması sırasında yüzen çöpler de izlenmiştir. Bu kapsamda Bafra Burnu (Samsun) ile Hopa (Rize) arasında belirlenen hatlarda deniz memelileri gözlemi gerçekleştirilirken yüzen çöplerde kaydedilmiş ve bu sayede elde edilen verilerden bahsi geçen bölgede yüzen çöplerin miktar ve kompozisyonu belirlenmiştir.

### 3.7.1 Mikroplastik

DEN-İZ programı kapsamında 2019-2022 periyodunda yaz ve kış dönemlerinde, karasal kirleticilerin etkisi göz önünde

bulundurularak seçilen 11 istasyonda mikroplastik kirliliği su yüzeyi, su kolonu ve sediman matrislerinde araştırılmıştır.



Şekil 3.107. Karadeniz mikroplastik örnekleme istasyonları

#### Su yüzeyi

2020 yaz döneminde Karadeniz yüzey sularında en düşük Yeşilirmak Kontrol (TRK37), en yüksek Boğaz Çıkışı-I.hat (K0) olmak üzere mikroplastik konsantrasyonu  $1.65 \text{ adet.m}^{-3}$  ile  $14.98 \text{ adet.m}^{-3}$  (ortalama  $8.94 \pm 5.05 \text{ adet.m}^{-3}$ )

arasında değişmiştir (Tablo 3.22). Karadeniz yüzey suyu örneklerinde en sık rastlanılan mikroplastik tipi fiberler (% 55.7) olurken, şeffaf (% 47.1) en baskın renk olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3.22. DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2020, 2021 ve 2022 dönemlerinde yüzey sularında mikroplastik konsantrasyonu ( $\text{adet.m}^{-3}$ )

	Film	Fiber	Parça	Köpük	Boncuk	Pelet	Boya	Silikon	Kauçuk	Toplam
Yaz 2020	$1.37 \pm 0.69$	$4.98 \pm 3.28$	$2.44 \pm 1.93$	$0.11 \pm 0.12$	$0.04 \pm 0.07$	-	-	-	-	$8.94 \pm 5.05$
Kış 2021	$0.5 \pm 0.6$	$3.6 \pm 2.3$	$1.3 \pm 1.7$	$0.5 \pm 1.2$	-	$0.02 \pm 0.1$	$0.6 \pm 0.5$	-	$0.01 \pm 0.02$	$6.49 \pm 3.52$
Yaz 2021	<b><math>2.8 \pm 0.9</math></b>	<b><math>1 \pm 2.2</math></b>	<b><math>4.1 \pm 12.6</math></b>	<b><math>0.07 \pm 0.15</math></b>	<b><math>0.04 \pm 0.09</math></b>	<b><math>0.0003 \pm 0.001</math></b>	<b><math>0.04 \pm 0.03</math></b>	<b><math>0.01 \pm 0.04</math></b>	<b><math>0.004 \pm 0.01</math></b>	<b><math>8.1 \pm 23.8</math></b>
Kış 2022	$0.64 \pm 1.16$	$3.33 \pm 1.24$	$6.06 \pm 11.15$	$0.22 \pm 0.31$	$0.02 \pm 0.05$	-	$0.94 \pm 1.49$	-	-	$11.21 \pm 11.64$
Yaz 2022	$0.69 \pm 2.14$	$1.67 \pm 1.56$	$0.89 \pm 1.51$	$0.11 \pm 0.27$	-	$0.01 \pm 0.02$	$0.27 \pm 0.41$	-	-	$3.65 \pm 4.61$

Kış 2021 döneminde Karadeniz yüzey sularında mikroplastik konsantrasyonu en düşük Filyos kontrol (TRK18Y) en yüksek Trabzon Değirmendere (TRK53) istasyonları olmak üzere  $0.9 \text{ adet.m}^{-3}$  ile  $13.3 \text{ adet.m}^{-3}$  (ortalama  $6.49 \pm 3.52 \text{ adet.m}^{-3}$ ) arasında değişmiştir. Kış 2021 döneminde Karadeniz yüzey suyu örneklerinde en sık rastlanılan mikroplastik tipi fiberler (%

55.6) olurken en baskın renk siyah (% 27.2) olarak tespit edilmiştir.

Yaz 2021 döneminde Karadeniz yüzey sularında en düşük boğaz çıkışı (K2), en yüksek Trabzon Değirmendere (TRK53), istasyonları olmak üzere mikroplastik konsantrasyonu  $2.6 \text{ adet.m}^{-3}$  ile  $799.9 \text{ adet.m}^{-3}$  (ortalama  $80.9 \pm 238.3 \text{ adet.m}^{-3}$ ) arasında değişmiştir. Karadeniz yüzey suyu

örneklerinde en sık rastlanılan mikroplastik tipi parçalar (% 50.7) olurken en baskın renk şeffaf (% 50.8) olarak tespit edilmiştir.

Kış 2022 döneminde Karadeniz yüzey sularında en düşük Rize kontrol (TRK55), en yüksek Kızılırmak kontrol (TRK32) istasyonları olmak üzere mikroplastik konsantrasyonu 4.04 adet.m<sup>-3</sup> ile 44.99 adet.m<sup>-3</sup> (ortalama 11.21±11.64 adet.m<sup>-3</sup>) arasında değişmiştir. Yüzey suyu örneklerinde en sık rastlanılan mikroplastik tipi parça (% 54.1) olurken, en baskın renk siyah (% 26.9) olarak tespit edilmiştir.

Yaz 2022 döneminde Karadeniz yüzey sularında mikroplastik konsantrasyonu en düşük Kızılırmak kontrol (TRK32), en yüksek Sakarya nehri ağzı (TRK10A) istasyonları olmak üzere 0.29 adet.m<sup>-3</sup> ile 16.6 adet.m<sup>-3</sup> (ortalama 3.65±4.61 adet.m<sup>-3</sup>) arasında değişmiştir. Fiberler (% 43.8) yüzey suyu örneklerinde en sık rastlanılan mikroplastik tipi olurken siyah (% 25.7) ve şeffaf (% 26.4) renkte mikroplastikler baskın olarak bulunmuştur (Şekil 3.108).



**Şekil 3.108.** Karadeniz yüzey sularında rastlanılan mikroplastik tiplerinden bazıları (1-2: film, 3-4: fiber, 5-6: parça, 7: köpük, 8: boncuk, 9: boya, skala= 1 mm)

DEN-İZ Programı kapsamında 2015 ve 2016 yaz dönemlerinde pilot ölçekli olarak Karadeniz’de 2 istasyonda (TRK53 ve TRK46) yüzey sularında mikroplastik kirliliği araştırmaları yapılmıştır. 2014-2016 izleme döneminde deniz suyunda yapılan mikroplastik çalışmalarına 2017-2019 programında ara verilmiştir. Tablo 3.23’de izleme programı kapsamında yüzey sularında tespit edilen ortalama mikroplastik konsantrasyonu ve baskın mikroplastik tipi verilmektedir. Mevcut veri seti her biri farklı fiziksel ve kimyasal özelliği sahip olmaları dolayısıyla

mikroplastiklerin homojen dağılım sergilemediklerini ortaya koymaktadır. Karadeniz yüzey sularında çoğunluğu sentetik tekstilin yıkanması sonucu ortaya çıkan fiberlerin baskınlığı derin deniz deşarjı, kanalizasyon gibi karasal kaynakların bir göstergesidir. Yine dönemsel olarak yüzey sularında daha büyük boyutlu plastik objelerin parçalanması sonucu oluşan parça tipte mikroplastik baskınlığı genel olarak yetersiz atık yönetimine, kıyasal kontrolsüz dolgu ve boşaltımlardan kaynaklanmaktadır.

**Tablo 3.23.** DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2015-2022 dönemleri arasında yüzey sularında mikroplastik konsantrasyonu (adet.m<sup>-3</sup>)

Dönem	Ortalama±SS	Baskın MP tipi
2015 Yaz	8.47±5.32	Fiber
2016 Yaz	6.93±1.30	Fiber
2020 Yaz	8.94±5.05	Fiber
2021 Kış	6.49±3.52	Fiber
2021 Yaz	8.1±23.8	Parça
2022 Kış	11.21±11.64	Parça
2022 Yaz	3.65±4.61	Fiber

### Su kolonu

Yaz 2022’de Karadeniz su kolonunda mikroplastik konsantrasyonu en düşük Boğaz çıkışı-I.hat (K0), en yüksek Giresun Kontrol (TRK46) olmak üzere 0.32 adet.m<sup>-3</sup> ile 60.58 adet.m<sup>-3</sup> (ortalama 10.83±18.97 adet.m<sup>-3</sup>) arasında değişmiştir (Tablo 3.24). Fiber tipte mikroplastikler (Şekil 3.109) Karadeniz su kolonunda en sık (%66.6) rastlanılan mikroplastik tipi olurken, siyah (%29.3), ve mavi (%23.5) en sık rastlanılan renkte mikroplastikler olmuşlardır.

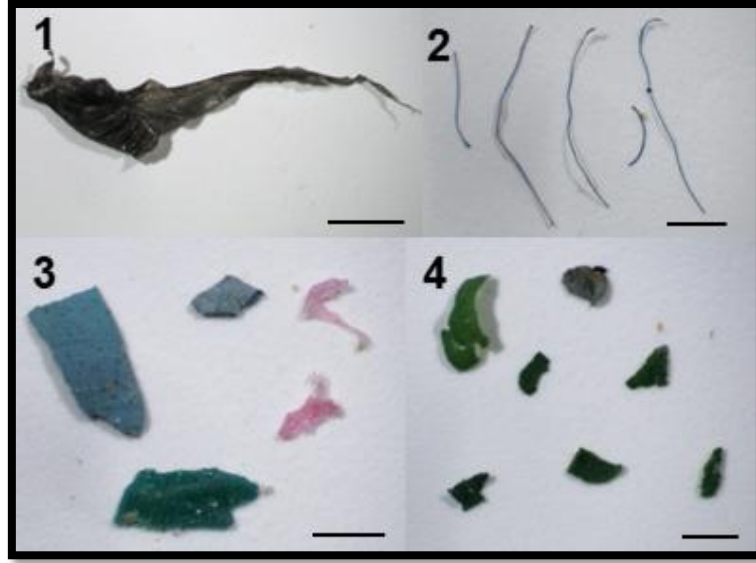
Karadeniz örnekleme istasyonları su kolonunda yaz 2021 döneminde mikroplastik konsantrasyonu en düşük Boğaz çıkışı (K0), en yüksek Sakarya Nehri geçiş suyu (TRK10A) olmak üzere 0.64 adet.m<sup>-3</sup> ile 19.5 adet.m<sup>-3</sup> (ortalama 6.1± 6.9 adet.m<sup>-3</sup>) arasında değişmiştir. Karadeniz su

kolonu örneklerinde en sık rastlanılan mikroplastik tipi fiber (% 72.7) olurken, en baskın renk siyah (% 41) olmuştur.

Karadeniz örnekleme istasyonları su kolonunda yaz 2022 döneminde en düşük İğneada kontrol (TRK2Y), en yüksek Sakarya Nehri geçiş suyu (TRK10A) olmak üzere mikroplastik konsantrasyonu 1.52 adet.m<sup>-3</sup> ile 86.7 adet.m<sup>-3</sup> (ortalama 17.08± 25.3 adet.m<sup>-3</sup>) arasında (Tablo 3) arasında değişmiştir. Karadeniz su kolonu örneklerinde en sık rastlanılan mikroplastik tipi fiber (% 72.7) olurken, 2022 yaz döneminde Karadeniz örnekleme istasyonları su kolonunda siyah (% 36.8) en baskın mikroplastik rengi olmuştur.

**Tablo 3.24.** DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2020, 2021 ve 2022 dönemlerinde su kolonunda mikroplastik konsantrasyonu (adet.m<sup>-3</sup>)

Dönem	Film	Fiber	Parça	Boya	Toplam
2020 yaz	0.20±0.22	7.21±11.79	3.42±7.32	-	<b>10.83±18.97</b>
2021 yaz	0.01±0.02	1.69±1.10	1.65±0.95	2.49±0.99	<b>3.11±0.68</b>
2022 yaz	0.004±0.01	13.22±16.8	1.52±3.1	2.33±5.7	<b>17.08±25.3</b>



**Şekil 3.109.** Karadeniz su kolonunda rastlanılan mikroplastik tiplerinden bazıları (1: film, 2: fiber, 3: parça, 4: boya, skala= 0.5 mm)

Tablo 3.25’de izleme programı kapsamında su kolonunda tespit edilen ortalama mikroplastik konsantrasyonu ve baskın mikroplastik tipi verilmektedir. Karadeniz’de İzleme programı kapsamında su kolonunda mikroplastik kirliliği 2015 yılında pilot ölçekte yalnızca TRK46 istasyonunda, 2016 da ise ’da TRK46 ve TRK53’e istasyonlarında araştırılmıştır. 2014-2016 izleme dönemindeki deniz suyunda yapılan mikroplastik çalışmalarına 2017-2019 programında ara verilmiştir. Bu nedenle 2019-2022 programı kapsamında 11 istasyonda araştırılan mikroplastik kirliliği verilerini önceki yıllara ait verilerle

kıyaslamak mümkün değildir. Ancak genel olarak değerlendirildiğinde tek istasyondan replikasız veri olan 2016 yılı göz önünde bulundurulmadığında, Karadeniz su kolonunda mikroplastik konsantrasyonu önemli bir artış sergilememiştir (Tablo 3.25). 2015-2022 periyodunda su kolonunda özellikle kanalizasyon, derin deniz deşarjı gibi karasal kaynakların bir göstergesi olan ve çoğunluğu sentetik tekstilin yıkanması sonucu ortaya çıkan fiber tipte mikroplastikler baskın olmuş, su yüzeyinden farklı olarak köpük, boncuk, pelet, kauçuk ve silikon tipte mikroplastikler rastlanmamıştır.

**Tablo 3.25.** DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2015-2022 dönemleri arasında su kolonunda mikroplastik konsantrasyonu (adet.m<sup>-3</sup>)

Dönem	Ortalama±SS	Baskın MP tip
<b>2015 Yaz</b>	10.41±4.65	Fiber
<b>2016 Yaz</b>	91.88 (tek istasyon, replikasız)	Fiber
<b>2020 Yaz</b>	10.83±18.97	Fiber
<b>2021 Yaz</b>	3.11±0.68	Fiber
<b>2022 Yaz</b>	17.08±25.3	Fiber

## Sediman

Yaz 2020 Karadeniz sedimanlarında mikroplastik konsantrasyonu en düşük Filyos kontrol (TRK18Y), en yüksek Giresun Kontrol (TRK46) olmak üzere 8.6 adet.l<sup>-1</sup> ile 40.2 adet.l<sup>-1</sup> (ortalama 24.1± 11.6 adet.l<sup>-1</sup>) arasında değişmiştir. Fiber Karadeniz sedimanlarında en sık (%51,7) rastlanılan mikroplastik tipi olurken (Şekil 3.110), en sık mavi (%51,4) renkte mikroplastiklere rastlanmıştır.

Kış 2021 döneminde Karadeniz sedimanlarında mikroplastik konsantrasyonu en düşük Sakarya Nehri ağzı (TRK10A), en yüksek Trabzon Değirmendere (TRK53) istasyonları olmak üzere 11.1 adet.l<sup>-1</sup> ile 585.6 adet.l<sup>-1</sup> (ortalama 97.4 ± 105.5 adet.l<sup>-1</sup>) arasında

değişmiştir. Karadeniz sedimanlarında en sık rastlanılan mikroplastik tipi parça (%70,4) olurken şeffaf (%35,4) en sık rastlanılan renk olmuştur (Şekil 3.110).

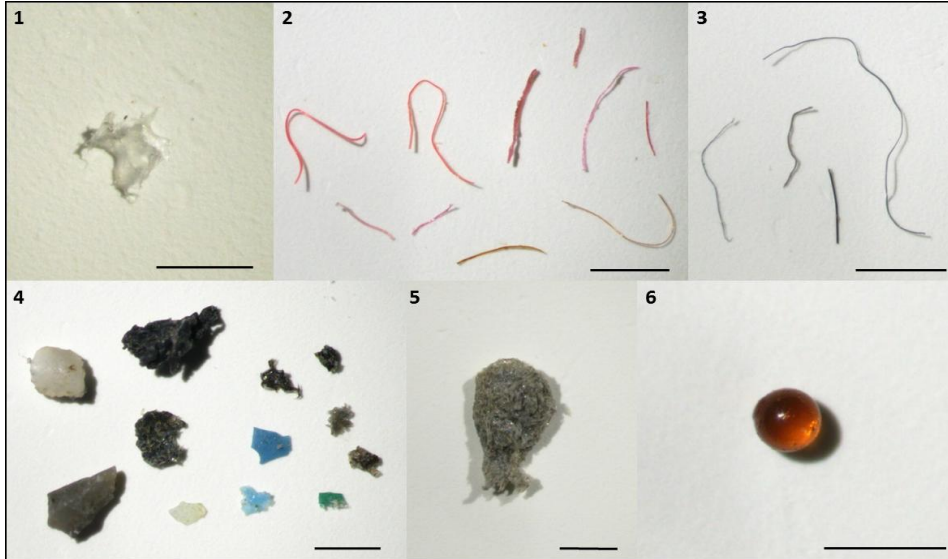
Yaz 2021 döneminde Karadeniz sedimanlarında mikroplastik konsantrasyonu en düşük Yeşilirmak kontrol (TRK37), en yüksek Trabzon Değirmendere (TRK53) ve Rize kontrol (TRK55) istasyonları olmak üzere 14.3 adet.l<sup>-1</sup> ile 303.3 adet.l<sup>-1</sup> (ortalama 141 ± 131 adet.l<sup>-1</sup>) arasında değişmiştir (Tablo 3.26). Yaz 2021 döneminde de Karadeniz sedimanlarında en sık rastlanılan mikroplastik tipi parça (% 70.2) olurken, şeffaf (% 31.5) en sık rastlanılan renk olmuştur.

**Tablo 3.26.** DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2020, 2021 ve 2022 dönemlerinde sedimanlarında mikroplastik konsantrasyonu (adet.m<sup>-3</sup>)

	Film	Fiber	Parça	Köpük	Boncuk	Silikon	Toplam
Yaz 2020	6.5±3.5	11.8±8.5	5.7±3.8	0.1±0.3	-	-	24.1±11.6
Kış 2021	1±1.1	27±28.5	68.5±74.9	-	-	1±1	97.4±105.5
Yaz 2021	0.5±1	40±45	97±92	0.3±1	1±2	2±6	141±131
Kış 2022	0.54±1.13	18.88±20.97	21.18±27.81	0.25±0.79	0.29±0.79	-	41.13±48.86
Yaz 2022	-	21.80±30.19	21.80±30.19	-	-	0.43±1.37	48.81±67.05

Kış 2022 döneminde Karadeniz sedimanlarında mikroplastik konsantrasyonu en düşük Bartın kontrol (TRK16), en yüksek Boğaz çıkışı (K2) istasyonları olmak üzere 0 ile 145.71 adet.l<sup>-1</sup> (ortalama 41.13 ± 48.86 adet.l<sup>-1</sup>) arasında değişmiştir (Tablo 5). Karadeniz sedimanlarında en sık rastlanılan mikroplastik tipi parça (% 70.4) olurken, mavi (% 20.2), siyah (% 18.5) ve şeffaf (% 18.5) sedimanlarda en sık rastlanılan renkte mikroplastikler olmuştur (Şekil 3.110).

Yaz 2022 döneminde Karadeniz sedimanlarında mikroplastik konsantrasyonu en düşük Boğaz çıkışı (K2) ve Bartın kontrol (TRK16), en yüksek Trabzon Değirmendere (TRK53) istasyonları olmak üzere 10 adet.l<sup>-1</sup> ile 218.18 adet.l<sup>-1</sup> (ortalama 48.81 ± 67.05 adet.l<sup>-1</sup>) arasında değişmiştir (Tablo 3.27). Yaz 2022 döneminde de Karadeniz sedimanlarında en sık rastlanılan mikroplastik tipi parça (% 54.6) olurken, en sık rastlanılan renk şeffaf (% 31.5) olmuştur.



**Şekil 3.110.** Karadeniz sedimanlarında rastlanılan mikroplastik tiplerinden bazıları (1: film, 2-3: fiber, 4: parça, 5: köpük, 6: boncuk, skala= 1 mm)

Karadeniz’de İzleme programı kapsamında sedimanda mikroplastik kirliliği 2015 yılında pilot ölçekte yalnızca TRK46 istasyonunda, 2016 da ise TRK46 ve TRK53’e istasyonlarında araştırılmıştır. 2014-2016 izleme döneminde sedimanda yapılan mikroplastik çalışmalarına 2017-2019 programında ara verilmiştir. Bu nedenle 2019-2022 programı kapsamında 11 istasyonda araştırılan mikroplastik kirliliği verilerini önceki yıllara ait verilerle kıyaslamak mümkün değildir. Tablo 6’da izleme programı kapsamında Karadeniz sedimanlarında tespit edilen ortalama

mikroplastik konsantrasyonu ve baskın mikroplastik tipi verilmektedir. Karadeniz’de 2015 ve 2016’da iki istasyondan elde edilen sonuçlara kıyasla 2019-2022 periyodunda sedimanda düşük ortalama mikroplastik konsantrasyonunun mikroplastik analizlerinde son yıllarda yapılan değişiklikler ve gelişmeler ile değişen metodoloji ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Tablo 3.27). 2019-2022 periyodu genel olarak değerlendirildiğinde, sedimanda büyük objelerin parçalanması sonucu oluşan parçalar en baskın mikroplastik tipi olmuştur.

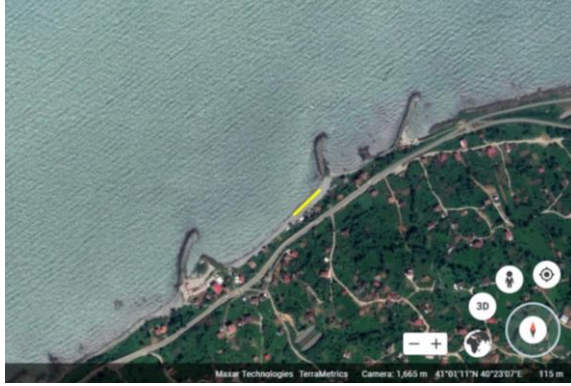
**Tablo 3.27.** DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de 2014-2022 dönemleri arasında sedimanda mikroplastik konsantrasyonu (adet.l<sup>-1</sup>)

Dönem	Ortalama±SS	Baskın MP tip
2015 Yaz	1890±156	Fiber
2016 Yaz	1960±1164	Fiber
2020 Yaz	24.1±11.6	Fiber
2021 Kış	97.4±105.5	Parça
2021 Yaz	141±131	Parça
2022 Kış	41.13±48.86	Parça
2022 Yaz	48.81±67.05	Parça

### 3.7.2 Sahilde Çöpler

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Proramı kapsamında yaz sonu/sonbahar dönemlerinde Rize’de bulunan Sarayköy ve Kemerköy plajlarında çalışılmıştır (Şekil 3.111). Örnekleme yapılan plaj bölgesinde 100'er metrelik sahil çizgisi boyunca 2,5 cm boydan daha büyük atıklar toplanmış ve

ayrıştırılmıştır. Ayrıştırılan deniz çöpleri, "DSÇD denizel atıklar değerlendirme çalışma grubu" tarafından oluşturulmuş atık sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılmıştır (JRC 2013 ve ÇŞB CEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2019).



a) Sarayköy plajı- Rize

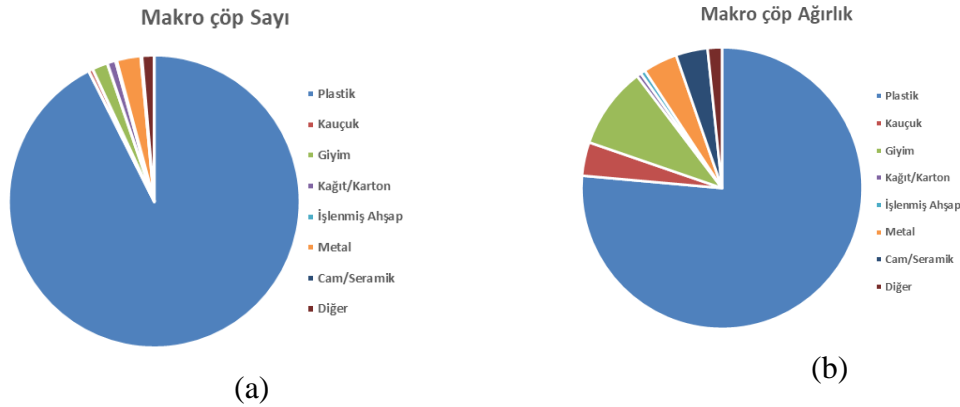


b) Kemerköy plajı-Rize

Şekil 3.111. Rize Sarayköy ve Kemerköy plajları sahilde çöp çalışması örnekleme alanı (2020-2022)

2022 Yılı Kasım ayında Rize Sarayköy plajından toplam 1681 adet/100 m ve 15 kg/100 m ağırlığında çöp toplanmış ve plastik, kauçuk, tekstil, kağıt, ahşap, metal, cam/ seramik olacak şekilde, 7 kategoriye ayrılmıştır. Plastikler hem sayıca (% 93.2) hem de ağırlıkça (% 76.4) sahil çöplerinin en baskın materyal grubu olmuştur. Sayıca plastiklerin ardından plajda en sık

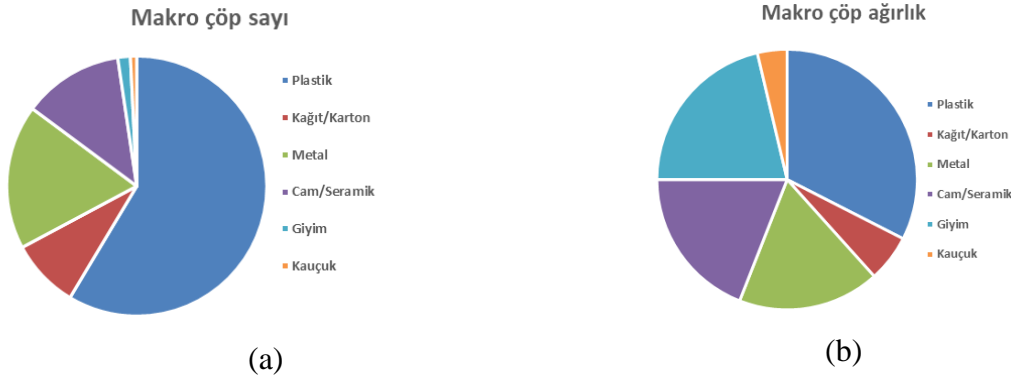
rastlanılan materyal sırasıyla metal (% 2.7), giyim/tekstil (% 1.7), diğer objeler (% 1.4), kağıt/karton (% 1), işlenmiş ahşap (% 0.1), kauçuk (% 0.5) ve cam/seramik (% 0.1) olmuştur. Plastikleri ağırlıkça giysi/tekstil (% 9.4), metal (% 4), kauçuk (% 3.9), cam/seramik (% 3.7), diğer (% 1.6), işlenmiş ahşap (% 0.6), ve kağıt/karton (% 0.5) takip etmiştir (Şekil 3.112).



Şekil 3.112. Rize-Sarayköy plajında çöp sayı (a) ve ağırlık (b) dağılımı

Kemerköy plajında ise Kasım 2022’de toplam 128 adet/100 m ve 1.6 kg/100 m ağırlığında çöp toplanmıştır. Plastikler hem sayıca (% 59) hem de ağırlıkça (% 33) sahil çöplerinin en baskın materyal grubu olmuştur. İşlenmiş ahşap çöplere rastlanmamıştır. Sayıca plastiklerin

ardından plajda en sık rastlanılan materyal sırasıyla metal (% 18) ve cam/seramik (% 13) olmuştur. Plastikleri ağırlıkça giyim/tekstil (% 21), metal (% 19) ve cam/seramik (% 18) takip etmiştir (Şekil 3.113).



Şekil 3.113. Rize-Kemerköy plajında çöp sayı (a) ve ağırlık (b) dağılımı

Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda birim alandaki çöp miktarına göre hesaplanan Temiz Kıyı İndeksine (TKİ) (Alkalay ve diğ., 2007) göre Sarayköy plajı çok kirli (TKİ=> 20) olarak sınıflandırılmıştır. Birim alandaki çöp miktarına göre hesaplanan Temiz Kıyı İndeksi Sarayköy plajı için Kasım 2022’de 16,8 olarak hesaplanmış ve plaj kirli (TKİ=10-20) olarak sınıflandırılmıştır. Kasım 2022’de önceki yıllara kıyasla sayıca ve ağırlıkça düşük rakamlar kaydedilmiştir. Sarayköy plajında DEN-İZ programı kapsamında Kasım 2022’de gerçekleştirilen sahil çöpu değerlendirilmesi sonuçları ile de karşılaştırıldığında 2.5-50 cm arasındaki plastik/polistiren parçalar ve

poliüretan/paketleme/yalıtım köpüklerinin benzer şekilde baskınlığı görülmektedir

Kemerköy Plajı ise, 2021 izleme programına referans izleme noktası olarak eklenmiştir. Birim alandaki çöp miktarına göre hesaplanan Temiz Kıyı İndeksi Kemerköy plajı için Kasım 2022’de 4.26 olarak hesaplanmış ve plaj temiz (TKİ= 2-5) olarak sınıflandırılmıştır. Uzun süredir gözlenmekte olan plaj bölgenin hidrodinamik yapısı dolayısıyla deniz çöplerine az miktarda maruz kalmaktadır. Sahil çöpu çalışması esnasında plajda bulunan sınırlı sayıda çöpun büyük kısmının plaj kullanıcılarına ait olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.96. 2020-2022 yılları sonbahar dönemi Sarayköy ve Kemerköy plajlarının Temiz Kıyı İndeksi karşılaştırması

### 3.7.3 Yüzen Çöpler

Yüzen çöp izleme çalışmaları Deniz İzleme Programı (DEN-İZ) kapsamında R/V TÜBİTAK MARMARA araştırma gemisi ile deniz memelileri izleme araştırması ile birlikte 2021 yılında Doğu Karadeniz’de 2022 yılında tüm Karadeniz kıyıları boyunca gerçekleştirilmiştir.

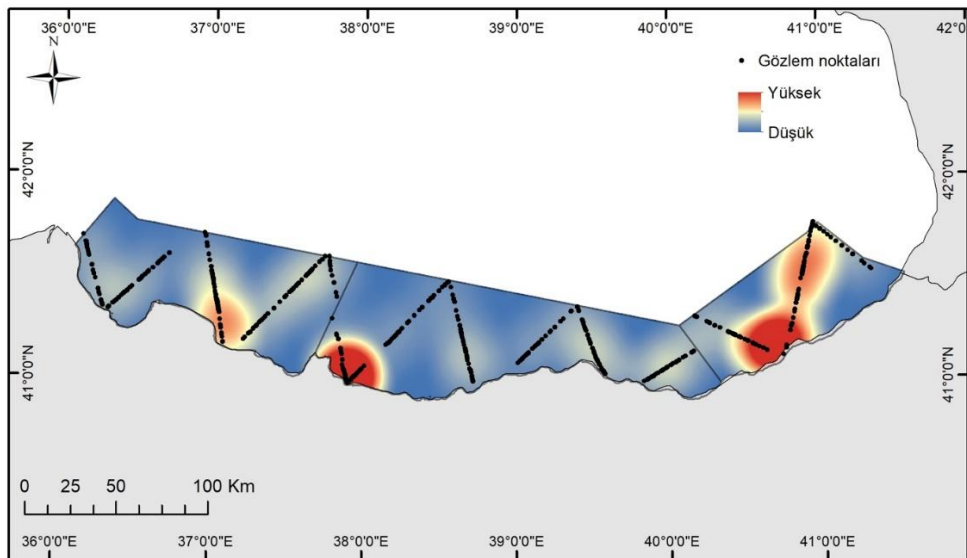
Yüzen çöplerin kategorizasyonu “DSÇD Deniz Çöpü Teknik Grubu” tarafından

#### 2021 Yaz Dönemi Güneydoğu Karadeniz Yüzen Çöpler

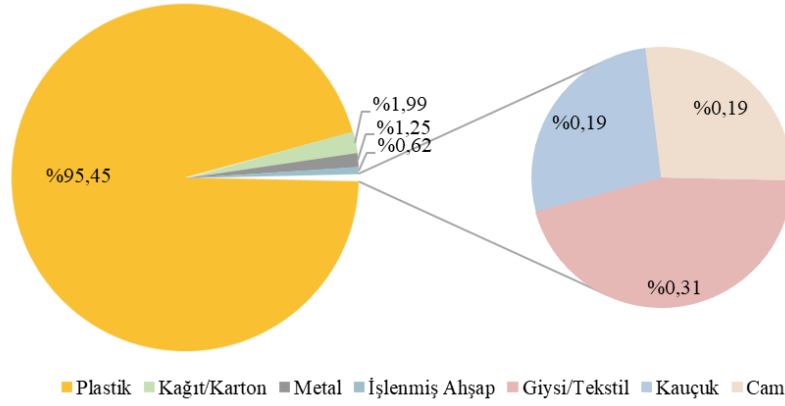
İlk çalışmada 23-27 Haziran 2021 tarihleri arasında, Güneydoğu Karadeniz sularını (Bafra Burnu-Hopa; toplam 22829 km<sup>2</sup>’lik alanda) kapsayacak şekilde oluşturulan araştırma planı ile 14 hatta (738 km) yüzen çöp gözlemi gerçekleştirilmiştir. Bahsi geçen bölgede yüzen çöplerin bolluk değerleri doğrusal kesit yöntemiyle tahmin edilmiş, materyal tipleri ve kompozisyonu belirlenmiştir. İlk çalışma sonucunda Güneydoğu Karadeniz’de 2165712 (%95 CI=1675380-2799549; CV=%13) çöpün yüzdüğü, çöpün birim alandaki miktarı ise

oluşturulan atık sınıflandırma sistemine ve ÇŞB ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM tarafından yayınlanan Deniz İzleme Kılavuzlarına göre yapılmıştır (JRC, 2013;2021 ve ÇŞB ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2017).

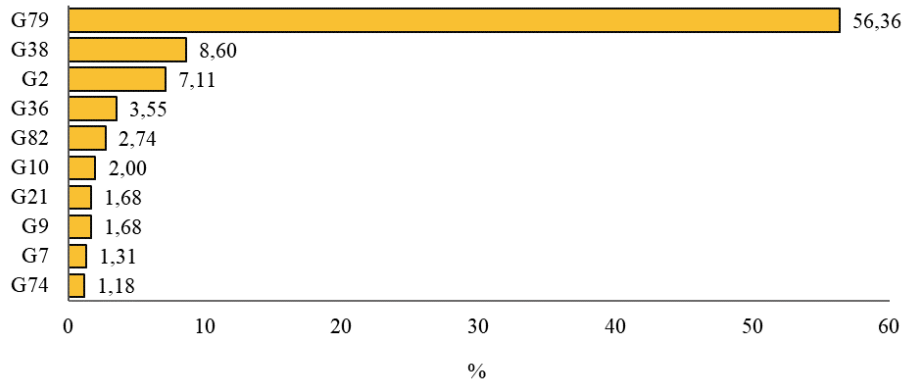
94,87 adet/km<sup>2</sup> (%95 CI: 73,39-122,63; CV= %13) olarak tahmin edilmiştir (Şekil 3.114). Çöplerin materyal tiplerine göre sınıflandırılması sonucu en yüksek orana sahip materyal tipi plastik olmuş (%95,5), diğer materyallere ise oldukça düşük oranda rastlanmıştır (Şekil 3.115). En sık karşılaşılan 10 çöp tipi Şekil 3.116’de verilmiş olup 2,5 cm ile 50 cm boy sınıfında yer alan ve tanımlanamayan plastik parçalar (G79: %56,36) en yüksek orana sahip çöp tipi olmuştur.



Şekil 3.114. Güneydoğu Karadeniz’de yüzen çöplerin dağılımı (2021 yaz dönemi)



Şekil 3.115. Materyal tiplerine göre yüzen çöplerin dağılımı (2021 yaz dönemi)

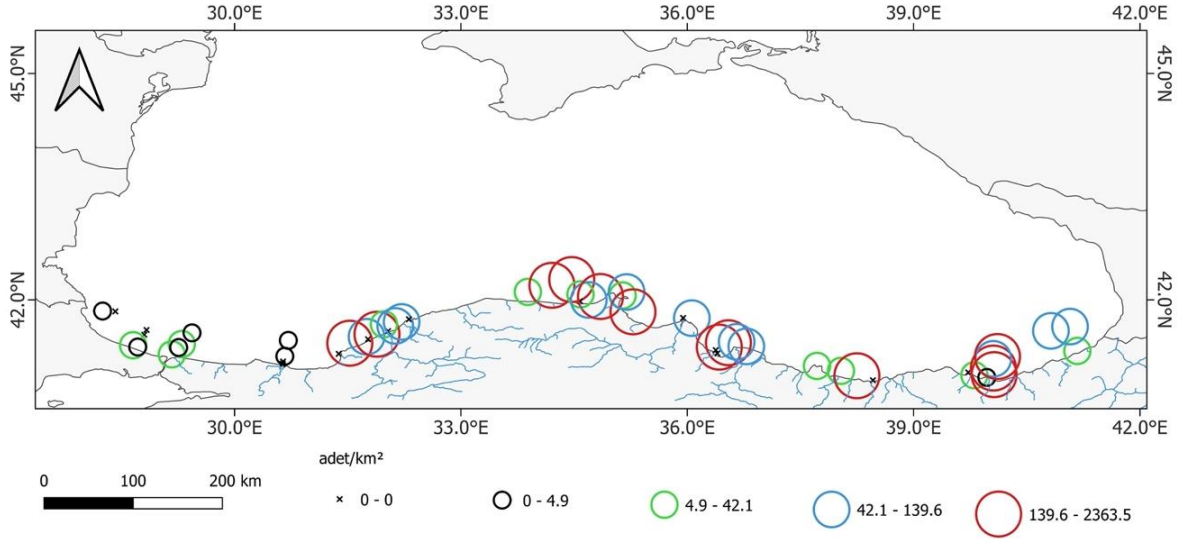


Şekil 3.116. En sık rastlanılan 10 çöp tipinin oransal dağılımı (2021 yaz dönemi)

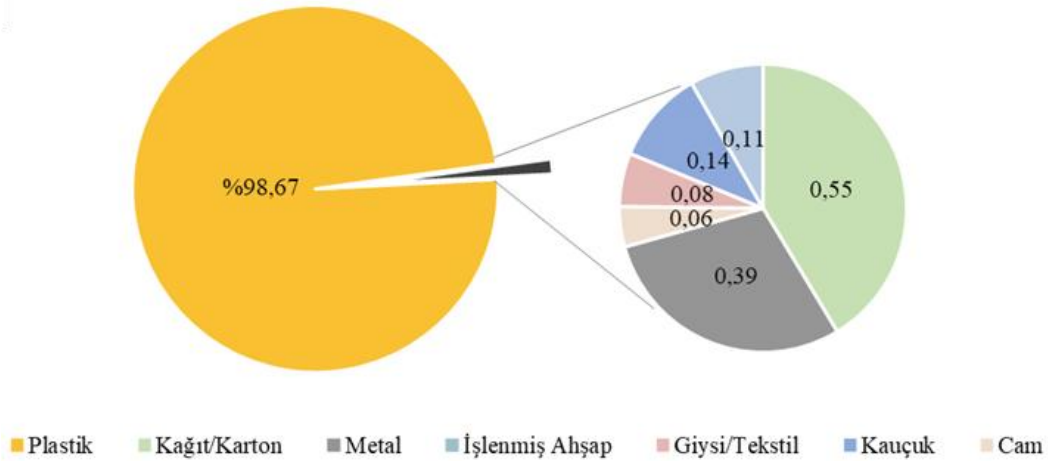
## 2022 Kış Dönemi Güney Karadeniz Yüzen Çöpler

İkinci yüzen çöp çalışması, 1-20 Şubat 2022 tarihleri arasında ise, DEN-İZ programı rutin sefer planı içerisinde Karadeniz'in Türkiye kıyılarında (İğneada- Hopa), toplam 804 km uzunluğunda 57 hatta yüzen çöp gözlemi gerçekleştirilmiştir. Bahsi geçen bölgede hatlardaki yüzen çöp bolluk değerleri hesaplanmış, materyal tipleri ve kompozisyonu belirlenmiştir. 2022 yılı

Şubat ayında Karadeniz'in güneyindeki hatlarda karşılaşılan çöp miktarı 0-2363 adet/km<sup>2</sup> arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.117). Çöplerin materyal tiplerine göre sınıflandırılması sonucu en yüksek orana sahip materyal %98,67 oranla plastik olmuş, diğer materyallere ise oldukça düşük oranda rastlanmıştır (Şekil 3.118).



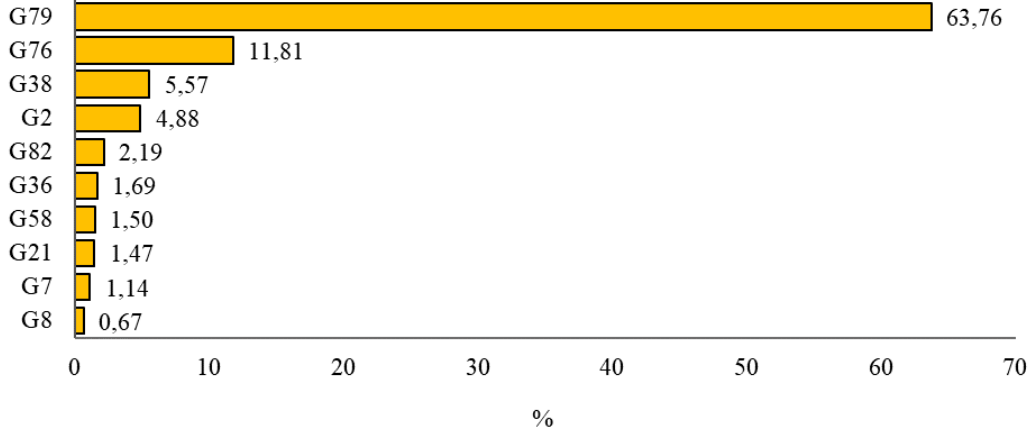
Şekil 3.117. Karadeniz'in güneyinde yüzen çöplerin dağılımı (2022 kış dönemi)



Şekil 3.118. Materyal tiplerine göre yüzen çöplerin dağılımı (2022 kış dönemi)

En sık karşılaşılan çöp tipleri Şekil 3.88'de verilmiş olup 2,5 cm ile 50 cm boy sınıfında yer alan ve tanımlanamayan plastik parçalar (G79: %63,76) en yüksek orana sahip çöp tipi olmuştur. En sık rastlanılan ikinci çöp tipi paketleme malzemeleri (G76: %11,81) olmuş, bunu paketleme malzemeleri

izlemiştir (G38: %5,57). Daha sonra ise bunları sırasıyla poşetler (G2), polistiren parçalar (2,5cm-50cm: G82), gübre/hayvan yemi torbaları (G36), balık kutuları (G58), plastik içecek şişe kapakları (G21), içecek şişeleri (G7,G8) izlemiştir.



**Şekil 3.119.** En sık rastlanılan 10 çöp tipinin oransal dağılımı (2022 kış dönemi)

Her iki örnekleme döneminde de en sık karşılaşılan çöp tipleri 2,5 cm ile 50 cm boy sınıfında yer alan ve tanımlanamayan plastik parçalar ve polistiren parçalar olmuştur. Karşılaşılan bu parçalar, genel olarak büyük plastik ürünlerin parçalanması ile oluşmakta ve ikincil mikroplastiklerin kaynakları olmaları bakımından oldukça önem taşımaktadır. Çalışma sonucunda Karadeniz'in Türkiye kıyılarında yüzen çöp miktarında bölgesel farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Yüzen çöplerin izlenmesi ve

değerlendirilmesi Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (MSFD) tarafından da ele alınmaktadır. Türkiye'de henüz konu hakkında yeterli araştırma bulunmayışı göz önüne alındığında, mevcut çalışma Karadeniz'in Türkiye kıyılarındaki yüzen çöplerin bolluk, dağılım ve kompozisyonu hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Yüzen çöp gözlem çalışmaları birikim alanlarının bilinmesi ve deniz ortamındaki çöplerin azaltılmasına yönelik önlemlerinin geliştirilmesi için büyük bir öneme sahiptir.

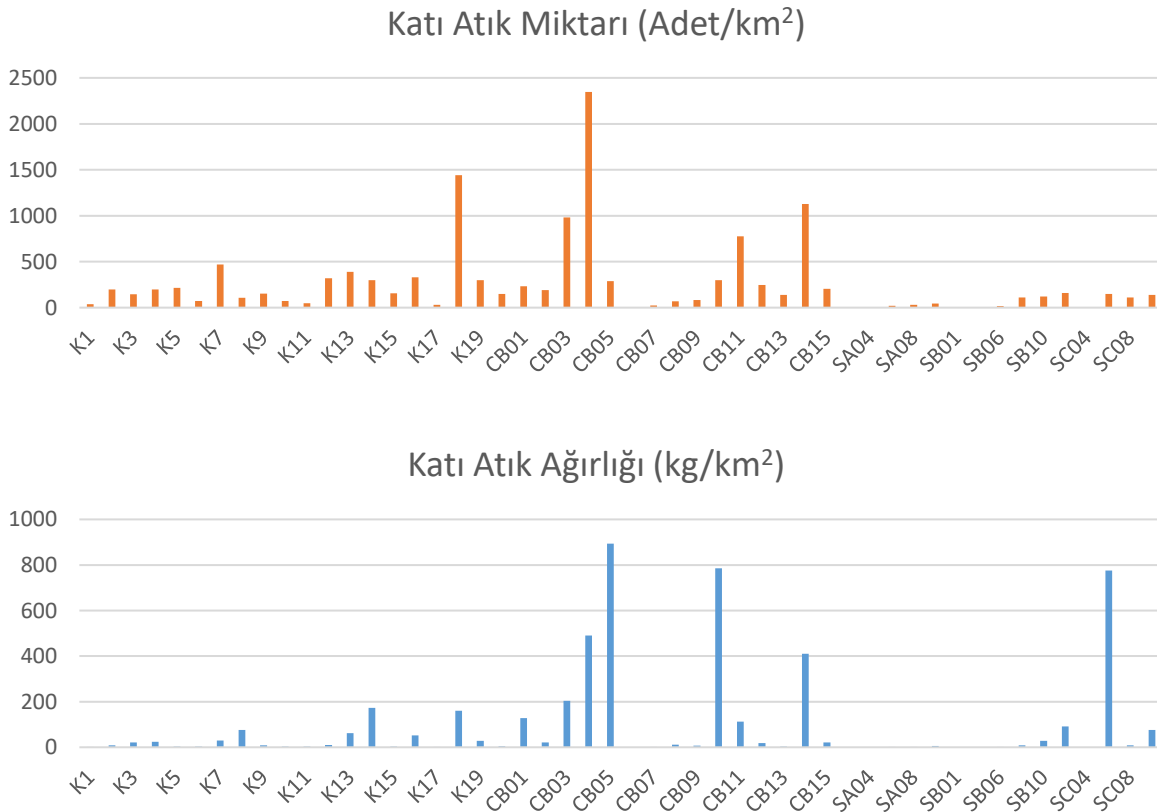
### 3.7.4 Deniz Tabanı Çöpleri

DEN-İZ Programı kapsamında Batı Karadeniz’de 20 ve Doğu Karadeniz’de 30 olmak üzere 50 istasyonda (Şekil 3.78) gerçekleştirilen trol örneklemeleri sırasında deniz tabanından toplanan ve katı atık olarak değerlendirilebilecek materyaller, Akdeniz’de yürütülen Uluslararası Dip Trol Araştırması (International Bottom Trawl Survey in the Mediterranean – MEDITS) çerçevesinde geliştirilen “Çöp Tipolojisi ve Kodlarının Listesi”ne (MEDITS-Handbook, 2017) uygun olarak sınıflandırılmıştır. Trol çekim sahalarının bilgileri Ek-2’de yer almaktadır. Örneklemeler sırasında 2021’de Batı Karadeniz’de tüm istasyonlarda katı atık materyaline rastlanmış buna karşın Doğu Karadeniz’de CB6, SA1, SA4, SB1, SB4 ve SC4 no’lu istasyonlarda herhangi bir katı atık örneğine rastlanmamıştır.

Örneklemeler sırasında birçok istasyonda adet ve ağırlık bakımından yüksek

değerlere sahip ağaç kütük parçaları çıkmıştır. Bu malzemeler doğa kaynaklı olmaları nedeniyle değerlendirmeye dâhil edilmemiştir.

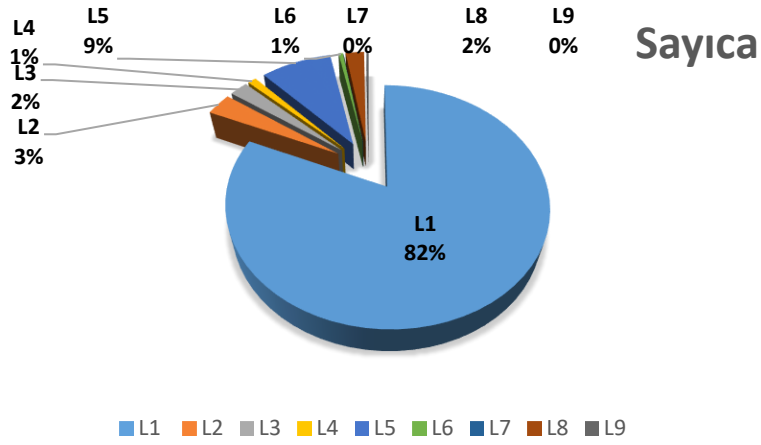
2021 sonbahar döneminde yapılan çalışmada, istasyonlar arasında ağırlıkça CB05 (Sürmene), CB10 (Gerze) ve SC06 (Samsun), sayıca CB04 (Sürmene), K18 (Sinop) ve CB14 (Çarşıbaşı) istasyonu katı atık miktarı bakımından ilk sıralarda yer almaktadır (Şekil 3.120). L1 Plastik grubu sayı ve ağırlıkça öne çıkan grup olmuştur. L1 grubu içerisinde plastik poşetler, ambalajlar ve şişelerin yanı sıra kayıp balık ağları/oltaları ve halatlarına rastlanmıştır. L2 grubu içerisinde araba lastiğinin yanısıra ayakkabı ve çizme gibi kişisel giyim ürünleri de tespit edilmiştir. Örneklemeler sırasında L7 Kâğıt/Karton grubundan katı atıklara rastlanılmamıştır.



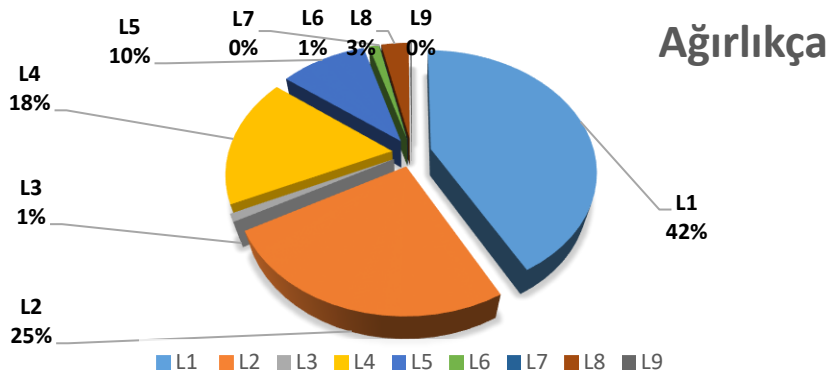
Şekil 3.120. 2021 yılında istasyonlara göre toplam katı atıkların miktarı ve ağırlıkları (q=1)

İstasyonlarda çıkan katı atık miktarı 18 ile 2347 adet/km<sup>2</sup> ve ağırlık değeri 0,30 ile 893,32 kg/km<sup>2</sup> arasında değişmektedir (q=1). Çıkan katı atıkların sayısal ve ağırlıksal yüzde dağılımları Şekil 3.121 ve Şekil 3.122’de verilmiştir. Poşet parçaları ve pet şişeler sayısal bakımından diğer gruplara göre daha baskın olup, L1 plastik

sınıfı toplam katı atık miktarının % 82’sini, oluşturmaktadır (Şekil 3.93 ve Şekil 3.124 ). İkinci sırada L5 kumaş grubu yer almaktadır. Katı atıklar içerisinde lastik/kauçuk ve metal grubun oranı ise birbirine yakın olmakla birlikte, L6 işlenmemiş ağaç grubu azda olsa görülmektedir.



Şekil 3.121. 2021 yılı katı atık gruplarının sayısal olarak yüzde dağılımı



Şekil 3.122. 2021 yılı katı atık gruplarının ağırlıksal olarak yüzde dağılımı



Şekil 3.123. Trol örneklemelerinde elde edilen deniz çöpleri (Sinop)

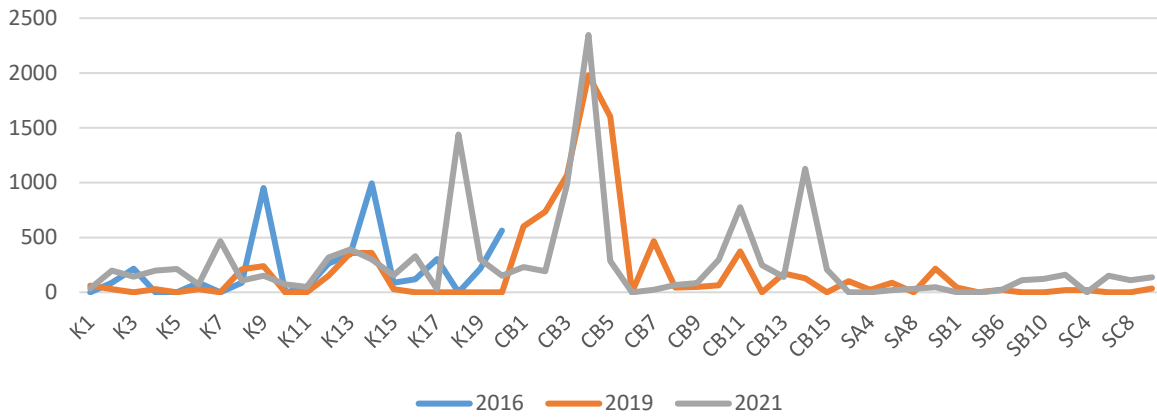


Şekil 3.124. Trol örneklemelerinde elde edilen deniz çöpleri (K16)

2019 ve 2021 değerlendirmesinde Karadeniz kıyısı katı atık çalışmasında en yüksek değerlere 2019 CB4’de (Sürmene) 1980 adet/km<sup>2</sup>, 2021 CB4’de 2347 adet/km<sup>2</sup> bulunmuştur (Şekil 3.125). 2019’da CB4’e L1 plastik malzemeler etki etmiş. 2021’de

CB4’e L5 kumaş büyük oranda katkı sağlamıştır. 2016 çalışması sadece Batı Karadeniz’de yapılmıştır.

### Katı Atık Miktarı (adet/km<sup>2</sup>)

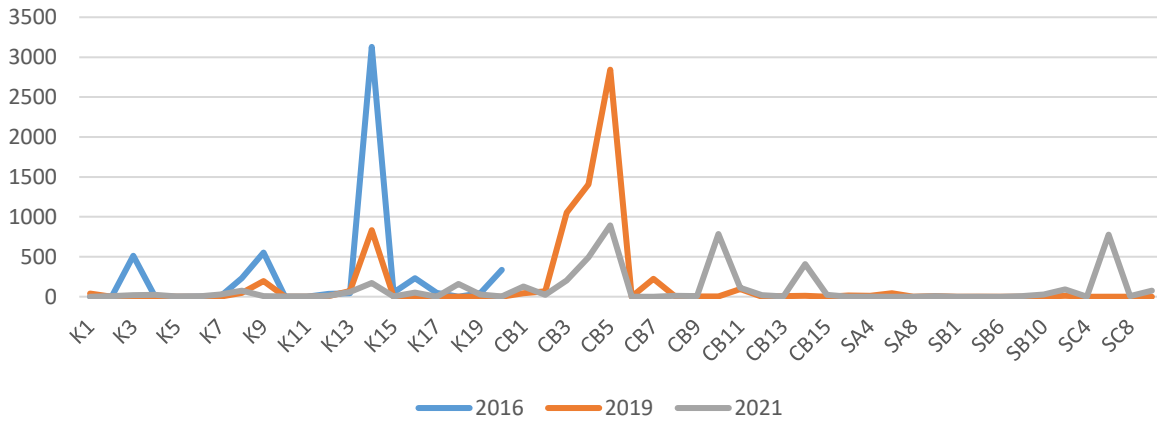


**Şekil 3.125.** 2016, 2019 ve 2021 yıllarına ait istasyonlara göre katı atık miktarı (adet/km<sup>2</sup>), trol ağının yakalayabilirlik katsayısı q=1 olarak varsayımla hesaplanan katı atık miktarı

2019 ve 2021 çalışmasını tüm Karadeniz istasyonları için karşılaştırdığımızda en yüksek değerlere 2019'da CB5 (Sürmene) istasyonunda 5 2843,68 kg/km<sup>2</sup>, 2021'da CB5 istasyonunda 893,31 kg/km<sup>2</sup> rastlanmıştır. Bu istasyonda değerlerin yükselmesine L2 lastik ve kauçuk

malzemeler katkı sağlamıştır (Şekil 3.126). 2016 çalışması sadece Batı Karadeniz'de yapılmıştır. Bu çalışmadan da özellikle K13 (İnebolu) istasyonunda yüksek değerlerin tespit edilmekte olduğu söylenebilir.

### Katı Atık Ağırlığı (kg/km<sup>2</sup>)



**Şekil 3.126.** 2016, 2019 ve 2021 yıllarına ait istasyonlara göre katı atık ağırlığı (adet/km<sup>2</sup>), trol ağının yakalayabilirlik katsayısı q=1 olarak varsayımla hesaplanan katı atık ağırlığı

Lastik/kauçuk grubunda yer alan araba lastiklerin son yıllarda az görülmesi ağırlığın düşmesine, plastik poşet/şişelerin fazla görülmesi miktarın artmasına yol açmıştır. Genel anlamda plastik poşetlerin

fazla olması katı atık miktarının fazla olmasına neden olmaktadır. Katı atıkların kaynağı karasal olduğu gibi gemi trafiğinden de kaynaklanabilir.

### 3.8 Kıyı Su Yönetim Birimlerinin Baskı ve Ekolojik Kalite Durum Değerlendirmesi

#### 3.8.1 Baskıların Değerlendirilmesi

Su Çerçeve Direktifi kapsamında doğal yaşam, ekolojik dengeler ve bunları olumsuz etkileyen insan kaynaklı baskıların ilişkilendirilmesi, yönetsel hedeflerin oluşturulması ve önlem planlamaları için gereklidir. Bu değerlendirmelerin sübjektif tahminler yerine bilimsel veriler ile yapılabilmesi için geliştirilen yöntemlerden olan LUSI/LUSIVa1 baskı ölçütü ile etki (biyolojik tepki) ölçütlerinin karşılaştırılması (Flo ve ark., 2011; Romero ve ark., 2013), kıyı su yönetim birimlerimiz (SYB) için kullanılmış olup (TÜBİTAK-MAM ve ÇŞB-ÇYGM, 2014; Ediger ve ark., 2015; Tan ve ark., 2017) DEN-İZ Programı değerlendirmelerine de katılmıştır. DeKoS Projesinde, LUSIVa1 indeksi (klorofil-a etki ölçütü ile ilişkili olarak) sonuçlarının denizlerimizde kıyı su kütleleri için daha uygun olduğu tespit edilmiştir (TÜBİTAK-MAM ve ÇŞB-ÇYGM, 2014).

DEN-İZ kapsamında değerlendirilen kıyı su kütleleri 2021 yılı ekolojik kalite durum sonuçlarıyla LUSIVa1 indeksi ile gerçekleştirilen baskı-etki çalışması çıktılarını paralellik göstermektedir (Şekil 3.127).

Karadeniz’de LUSI ve LUSIVa1 hesaplamaları sırasıyla 2,25-6,25 ve 2,25-8,75 arasında değişim göstermiştir. En düşük baskı değerleri (LUSI/LUSIVa1 < 3) KAR05 ve KAR06 su kütlelerinde bulunmuş olup, en yüksek baskı (LUSI/LUSIVa1 > 7) ise KAR02, KAR08 ve KAR11’de hesaplanmıştır. Kıyı morfolojisinin dış bükey ve akıntının yüksek olduğu yerlerde su kalış süresinin kısa olmasının yanı sıra arazi kullanımlarının düşük olduğu su kütlelerinde baskının düşük olduğu

göstermektedir. Kıyı morfolojisinin iç bükey ve akıntının düşük olduğu dolayısıyla su kalış süresinin uzun olduğu su kütlelerinde arazi kullanım oranlarının da yüksek olduğu durumlarda yüksek baskı olduğu belirlenmiştir. Beklenildiği gibi körfezler, tersane, limanlar ve nehir girişlerinin olduğu (KAR02 ve KAR08) su kütlelerinde LUSIVa1 skorları LUSI skorlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

DEN-İZ programı kapsamında elde edilen sonuç ve değerlendirmelere göre Zonguldak (Kömür İşletmeleri), Ereğli (Demir-Çelik İşletmeleri), Samsun (Bakır ve Gübre sanayi), Artvin-Hopa Bakır İşletmelerinin kıyı su kütleleri üzerinde yoğun baskı oluşturduğu görülmektedir. Ayrıca, havzalar içerisinde bulunan küçük/orta ölçekli endüstriyel tesislerin atıksuları nehirler aracılığı ile kıyısız alanlara taşınmakta olup su kütleleri üzerindeki kirletici baskısını arttırmaktadır.

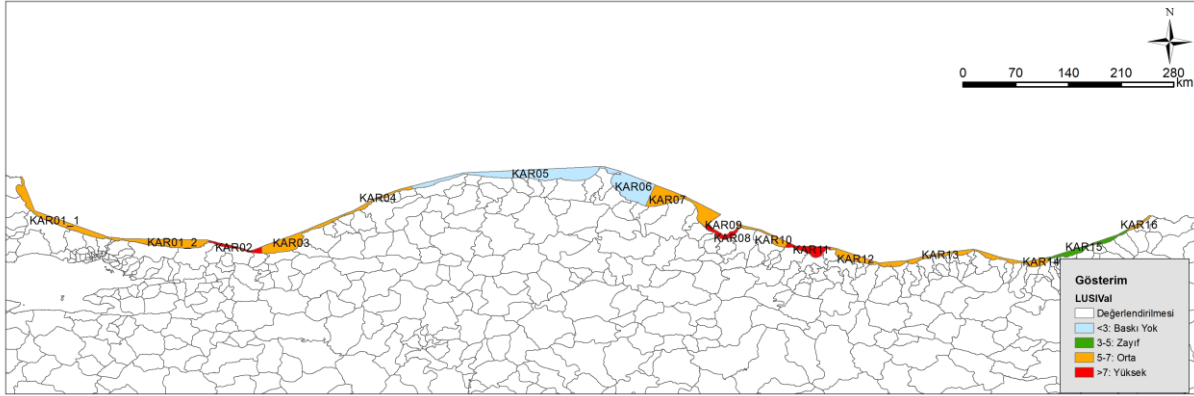
Tarım faaliyetlerinde, yüksek miktarda pestisit/gübre kullanımı sonucunda kıyı alanlarındaki organik kirletici baskısı artmaktadır (TÜBİTAK-MAM, 2010; 2015).

Doğu Karadeniz Bölgesi’nde 20 adet hidroelektrik santrali (HES) işletme durumunda ve 31 adet HES inşaat aşamasındadır (TÜBİTAK-MAM, 2015). Söz konusu HES’ler nedeniyle silikat ve çözünmüş oksijen açısından fakir, besin maddesince zengin sular, kıyı su kütlelerine ulaşmakta ve kıyı ekosistemi üzerinde ciddi baskı oluşturmaktadır.

3 nolu SYB üzerindeki baskılar ve su kalitesi detaylı olarak incelendiğinde sıcak nokta olan Zonguldak (SINHA Projesi: Avaz ve ark. 2011) ilinden kaynaklı

kirlenmenin yüksek olduğu görülmektedir. Söz konusu SYB Ereğli İlçesinden batı ve doğu olarak iki kısma ayrılmalı ve biyolojik kalite elemanlarının izlenmesi ardından nihai kararın verilmesi gerekmektedir. Benzer durum 11 nolu SYB için geçerlidir. Ünye'deki batı ve doğu atıksu arıtma

tesislerinin tamamlanması, bölgedeki SYB'nin su kalitesinin düzelmesinin temel sebebidir. Ancak, Fatsa İlçesi'nde ölçülen biyolojik parametreler SYB'nin kötü durumda olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, SYB'nin Fatsa ve Ünye olarak iki SYB'ye ayrılması gerekmektedir.



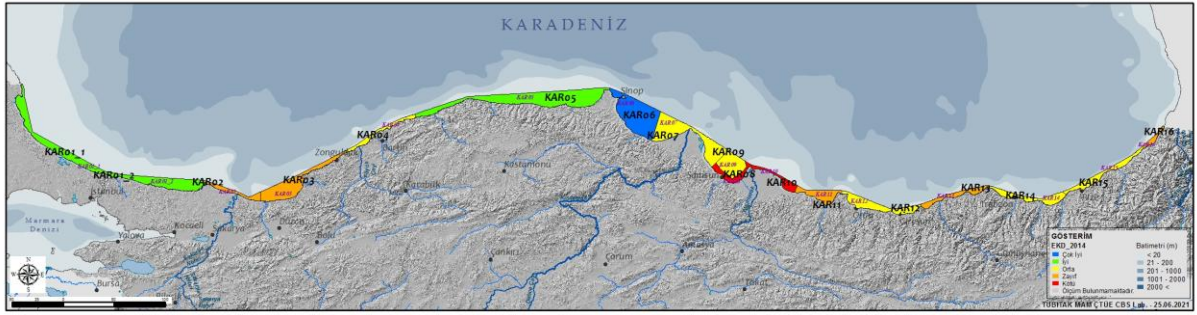
Şekil 3.127. Karadeniz LUSIVaI haritası

### 3.8.2 SÇD Biyolojik Kalite ve Ötrofikasyon Göstergelerine Bağlı Ekolojik Kalite Değerlendirmesi

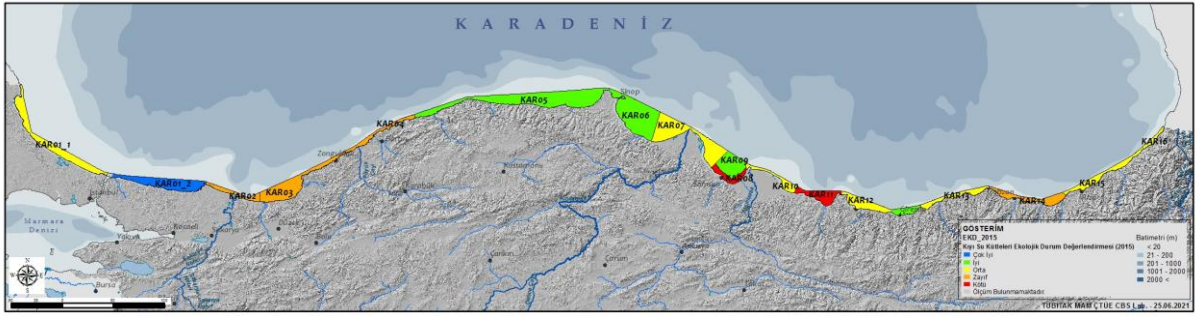
Karadeniz kıyı suları için belirlenen 17 kıyı su yönetim birimi (SYB) değerlendirilmiştir. SYB'lerin Su Çerçeve Direktifi'nde belirtildiği gibi 3 biyolojik kalite elemanı olan fitoplankton, makro alg ve bentik omurgasızların ve destekleyici parametrelerin (TP, NOX, SDD) birlikte değerlendirildiği ekolojik kalite durum değerlendirmeleri yer almaktadır. Karadeniz ekolojik kalite durum değerlendirmeleri SÇD renk kodlarına göre Şekil 3.128'de gösterilmiştir.

2021 yılında, 8 SYB'nin kalitesi "orta" (KAR01\_1: İğneada-İstanbul Boğazı, KAR01\_2: İstanbul Boğazı-Karasu, KAR05: Bartın-Sinop Batı, KAR06: Sinop Doğu, KAR07: Kızılırmak, KAR09: Samsun Açıkları, KAR12: Ordu – Giresun, KAR14: Trabzon), 6 SYB'nin kalitesi "zayıf" (KAR03: Ereğli – Zonguldak, KAR10: Yeşilirmak, KAR11: Ünye- Fatsa, KAR13: Akçaabat, KAR15: Rize, KAR16: Hopa), 3 SYB'nin kalitesi ise "kötü" sınıftadır (KAR02: Sakarya Nehri, KAR04: Filyos-Bartın, KAR08: Samsun Kıyı).

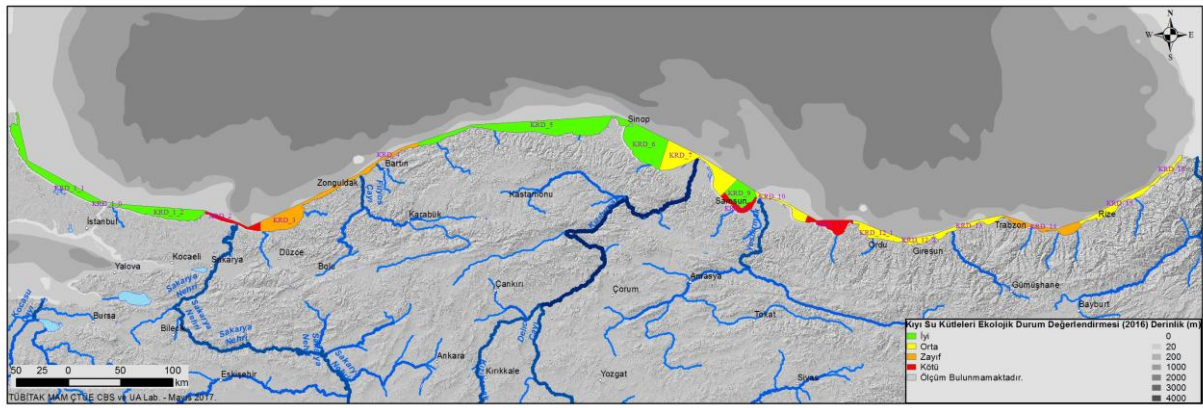
Geçtiğimiz yıllardan farklı olarak Sakarya Nehri (KAR02) ve Filyos Nehri (KAR04) etkisindeki kıyı su kütlelerinde zayıf ekolojik kalite durumundan kötüye gidış söz konusudur. Bu durum, destekleyici parametrelerden seki disk görünürlüğü, klorofil-a ve NOx'den kaynaklanmaktadır. Sinop'un batısı ve doğusunun da 2018 yılından sonra "iyi" seviyelerden "orta" sınıfa geçtiği belirlenmiştir. Doğu Karadeniz'in Ordu- Hopa arası 2014 yılından beri orta-zayıf kalitede kaldığı, 2021 yılında da bu özelliklerini koruduğu tespit edilmiştir.



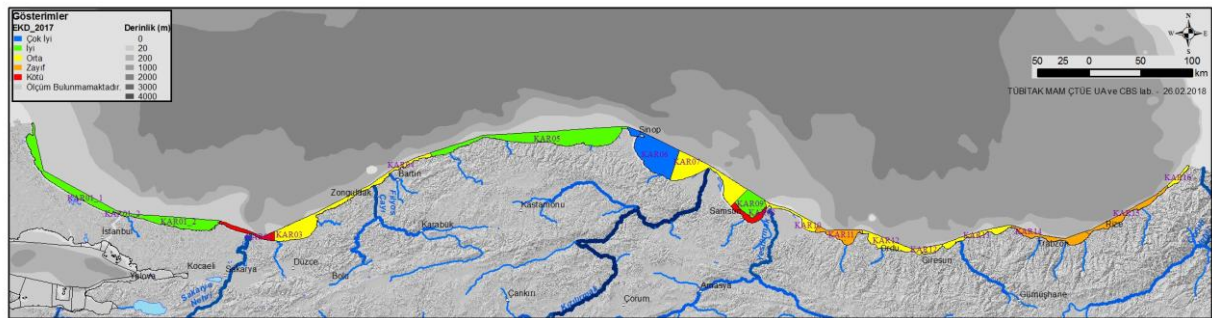
(a) 2014 Yılı



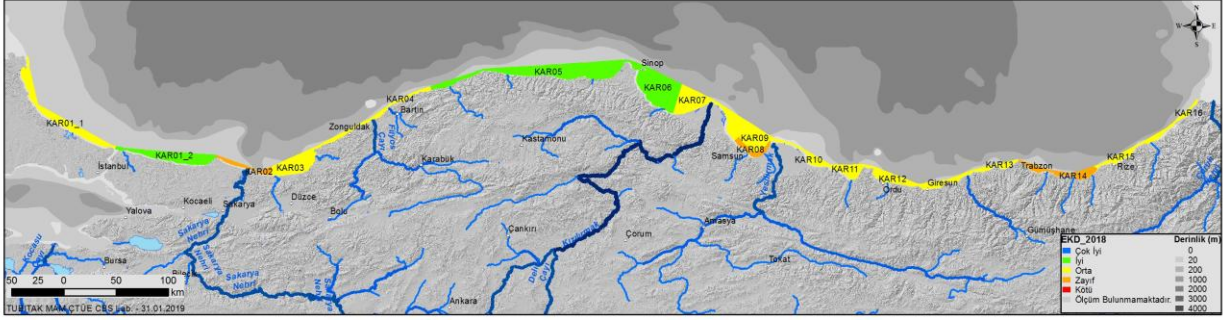
(b) 2015 Yılı



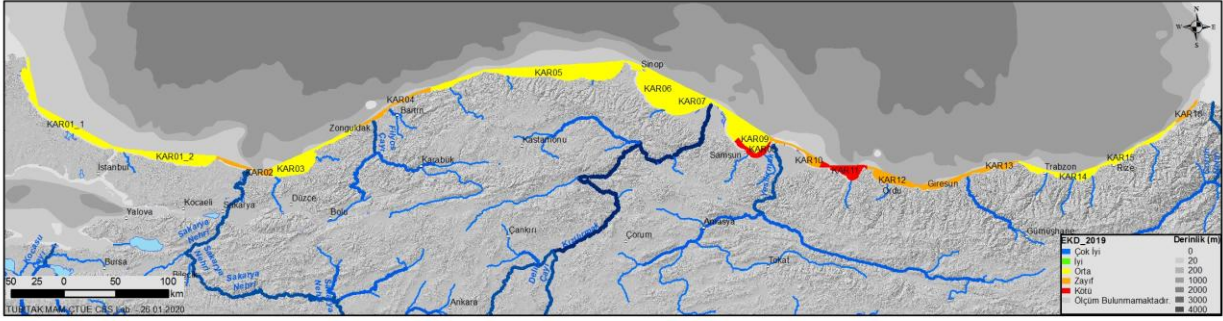
(c) 2016 Yılı



(d) 2017 Yılı



(e)2018 Yılı



(f) 2019 Yılı



g) 2021 Yılı

Şekil 3.128. Kıyı su kütleleri ekolojik kalite değerlendirilmesi

### 3.8.3 Kimyasal Kirlenme Durumunun Değerlendirilmesi

“Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ)” kapsamında, 2021 yılında Karadeniz’den alınan yüzey sediman örneklerinde sentetik (pestisitler, PCB’ler) ve sentetik olmayan (metaller, PAH’lar) kirleticiler analiz edilmiş ve kimyasal durum Çevresel Değerlendirme Kriteri (EAC) olarak kullanılan ERL değerleri üzerinden değerlendirilmiştir (Tablo 3.28).

DEN-İZ Programı kapsamında Karadeniz’de, 2014–2015 yıllarında 12 istasyonda, 2016 yılında alansal dağılımın daha kapsamlı değerlendirilmesi amacıyla 29 istasyonda, 2018 yılında ise 39 istasyonda sediman örneklemeleri gerçekleştirilmiştir. 2021 yılında bu sayı 35 istasyon olarak belirlenmiş ve söz konusu örneklemeler değerlendirmeye alınmıştır. Önceki yıllara (2014, 2015, 2016 ve 2018) kıyasla, 2021 yılında da istasyonların kimyasal durumunun büyük ölçüde korunduğu görülmüştür.

Ayrıca, Şekil 3.129’da sedimanda tüm kirletici parametrelerin ERL ve ERM eşik değerlerine göre istasyonlara dağılımı yüzdesel (%) olarak gösterilmektedir. ERL ve ERM değerleri, sedimandaki kirleticilerin olası biyolojik etkilerini değerlendirmede alt ve üst eşik değerler olarak kullanılmakta; ERL’nin altındaki seviyeler düşük risk, ERL–ERM arası potansiyel risk, ERM’nin üzerindeki konsantrasyonlar ise yüksek risk düzeyi olarak yorumlanmaktadır (Long, 1995; MacDonald ve diğerleri, 2000).

Karadeniz kıyı sularında sedimanın organik kimyasal durumunu olumsuz etkileyen başlıca faktörün, tarımda kullanılan pestisitlerin kontrolsüz kullanımı olduğu belirlenmiştir. DDT ve türevleri, istasyonların %46’sında ERL–ERM aralığında bulunarak potansiyel risk oluşturmuştur. Ancak sonuçlar, kirliliğin esas olarak geçmiş dönemlerde birikmiş DDT’nin bozunma ürünlerinden kaynaklandığını göstermektedir.

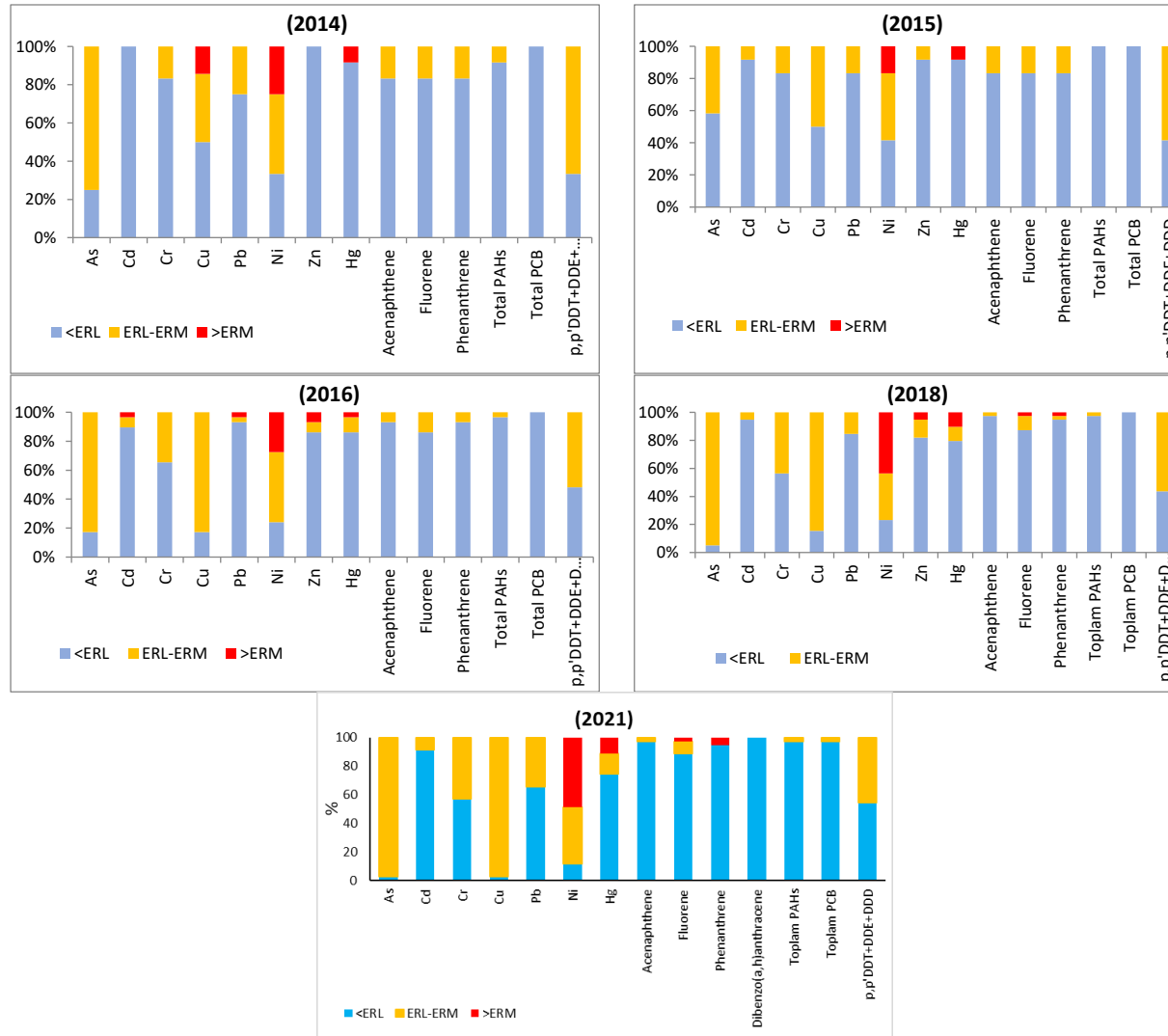
PCB’ler açısından yapılan değerlendirmeler, Samsun Tekkeköy bölgesinde endüstriyel faaliyetler, derin deniz deşarjı ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirlilik baskılarına maruz kalan TRKSK1 istasyonu dışında, diğer istasyonların %97’sinde konsantrasyonların ERL değerinin altında olduğunu göstermektedir. Bu durum, söz konusu istasyonlarda PCB kirliliğinin düşük seviyelerde olduğunu ve toksik etki riskinin oldukça sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır.

Karadeniz’de en yüksek organik karbon içeriğine daha önceki yıllarda olduğu gibi %12,06 ile TRK 13 (Zonguldak Kontrol) nolu istasyonda ve %6,64 ile Sinopta (TRK28) ölçülmüştür. 2018 sonuçlarıyla benzer biçimde 2021 yılında da özellikle Zonguldak TRK13 istasyonu, kömür madenciliğinin etkisiyle belirgin şekilde yüksek PAH konsantrasyonlarıyla öne çıkmıştır. Buna karşın diğer istasyonlarda, yalnızca sınırlı sayıda bileşen ERL değerinin üzerinde saptanmış olup, toplam PAH düzeylerinin genel olarak düşük seyrettiği ve bileşiklerin ağırlıklı olarak pirolitik kökenli olduğu görülmüştür.

Karadeniz sediman istasyonlarının %97’sinde arsenik, %9’unda kadmiyum, %43’ünde krom, %97’sinde bakır, %34’ünde kurşun, %40’ında nikel ve %14’ünde civa ERL–ERM aralığında bulunurken; %49’unda nikel ve %11’inde civa ERM eşik değerini aşarak yüksek risk seviyesine işaret etmektedir (Şekil 3.129). Bu durum, Karadeniz bölgesinin jeolojik yapısı (maden yatakları) ile antropojenik faaliyetlerin (madencilik, liman operasyonları vb.) birleşik etkisiyle açıklanabilir. Özellikle Samsun Tekkeköy’deki TRKSK1 ve TRKSK2 istasyonları, insan kaynaklı baskılara duyarlı olup, yüksek metal seviyelerinin yıllar içindeki trendlerinin izlenmesi büyük önem taşımaktadır.

**Tablo 3.28.** Sedimanda metal ve organik kirletici bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması

İst No	SYB No	Naphthalene	Acenaphthylene	Acenaphthene	Fluorene	Phenanthrene	Anthracene	Fluoranthene	Pyrene	Benzo[a]anthracene	Chrysene	Benzo[a]pyrene	Dibenzo[a,h]anthracene	Toplam PAHs	Toplam PCB	DDT+DDE+DDD	pp DDT	pp DDE	pp DDD	Cd	Pb	Hg
TRK1	KAR01_1																					
TRK2Y	KARD1																					
TRK7	KAR01_2																					
TRK10	KAR02																					
TRKE1	KAR03																					
TRK13	KAR03																					
TRK16	KAR04																					
TRK19A	KAR04																					
TRK19	KAR05																					
TRK22	KAR05																					
SINRAD	KAR06																					
TRK28	KAR06																					
TRK29	KAR06																					
SYB6Y1	KAR06																					
TRK32	KAR07																					
TRK34Y	KAR08																					
TRKSK1	KAR08																					
TRKSK2	KAR08																					
TRK35	KAR09																					
TRK37	KAR10																					
TRK39	KARD5																					
SYB10Y1	KAR10																					
DDFATSA	KAR11																					
TRK44	KAR12																					
TRK46	KAR12																					
TRK47	KAR12																					
SYB13Y1	KAR13																					
DDVAK	KAR14																					
TRK53	KAR14																					
TRKTY1	KAR14																					
TRKAR1	KAR14																					
TRK55	KAR15																					
TRKCY1	KAR15																					
TRK58	KAR15																					
TRK61	KAR16																					



Şekil 3.129. Karadeniz sediman istasyonlarında kirleticilerin % dağılımları (2014-2021)

<ERL:Ekosisteme etki açısından düşük etki seviyesinin altında

ERL-ERM:Ekosisteme etki seviyesi düşük-orta arasında

>ERM: Ekosisteme etki seviyesi ortamın üstünde

## Kaynaklar

- AÇA, European Environment Agency, 2019. Oxygen concentrations in coastal and marine waters. Copenhagen K. Denmark
- Akpınar, İ. Ö., (2015), “Güneydoğu Karadeniz’de Trol Avcılığına Açık ve Kapalı Alanlarda Avlanan Av Kompozisyonunun Karşılaştırılması”. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 270s.
- Aksu, H., 2012, Sinop Bölgesinde Dip Trolü Avcılığının Derinlik ve Bazı Meteorolojik Kriterlere Göre Av Verimi ve Kompozisyonunun Araştırılması, Doktora Tezi, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Alkalay, R., Pasternak, G. & Zask, A., (2007). Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean & Coastal Management*, 50 (5-6), pp. 352–362. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002
- Başkaya, A., 2012, Batı Karadeniz’de Dip Trol Ağlarının Av Kompozisyonu ve Hedef Dışı Avın Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bianchi, G., Gıslason, H., Graham, K., Hill, L., Jin, W., Koranteng, K., Manickchand-Heileman, S., Paya, I., Sainsbury, K., Sanchez, F., Zwanenburg, K., (2000), “Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish communities”. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 558–571.
- BSC (2008) Conley, D J, J. Carstensen, G. Ærtebjerg, P.B. Christensen, T. Dalsgaard, J.L.S. Hansen, A.B. Josefson (2007) “Long-term changes and impacts of hypoxia in Danish coastal waters”. *Ecological Applications* 17. Eco Soc America: S165-S184.
- Capet, A., Stanev, E. V., Beckers, J. M., Murray, J. W., & Grégoire, M. (2016). Decline of the Black Sea oxygen inventory. *Biogeosciences*, 13(4), 1287-1297.
- Cardoso, P.G., Brandão, A., Pardal, M.A., Raffaelli, D., Marques, J.C., 2005. Resilience of *Hydrobia ulva* populations to anthropogenic and natural disturbances. *Marine Ecology Progress Series* 289, 191–199
- Chouksey, Mithlesh Kumar, A.N. Kadam, M.D. Zingde, Petroleum hydrocarbon residues in the marine environment of Bassein–Mumbai, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 49, Issues 7–8, 2004.
- Cullen, W. R., & Reimer, K. J. (1989). Arsenic speciation in the environment. *Chemical Reviews*, 89(4), 713-764. <https://doi.org/10.1021/cr00094a002>
- Cushing, D.H. (1990) “Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis”. *Adv mar. Biol.* 26: 249-293 pp.
- ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM (2017) Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İş 2014-2016 Karadeniz Özet Raporu, ISBN: 978-605-5294-70-0, TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli, 69 sy., ANKARA-2017.
- ÇŞB-ÇEDİDGM, TÜBİTAK-MAM (2017) “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016: 2016 Yılı Karadeniz Sonuç Raporu” Tübitak-MAM Matbaası, Kocaeli.
- ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM (2019) Deniz İzleme Kılavuzları, ISBN: 978-605-5294-84-7, Ankara-2019.
- Dağtekin, M., Genç Y., Erik G., Ok M., Kasapoğlu N., Altuntaş C., Kasapoğlu N., İlhan S. Özsandıkçı U., vd. 2020. Doğu Karadeniz’deki Demersal Balık Stoklarının İzlenmesi, TAGEM/HAYSUD/2017/A11/P-02/4, Proje Sonuç Raporu, 142 s. Trabzon.

Demirhan, S. A., Seyhan, K., Engin, S., Mazlum R. E., (2005), “Doğu Karadeniz’de Dip Trolü Av Kompozisyonu”. Türk Sucul Yaşam Dergisi, yıl:3, sayı: 4, sy:72-82.

Directive 2013/39/EU of The European Parliament and of the Council of 12 August 2013.

EC, 2013. Commission Decision of 20 September (2013) Establishing, Pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the Values of the Member State Monitoring System Classifications as a Result of the Intercalibration Exercise and Repealing Decision 2008/ 915/EC. Official Journal of the European Union (L 266/1-47).

EU, 2000. Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the council, of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, G.U.C.E. 22/12/2000, L 327.

EU, 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council, of 17 June 2008, establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). Official Journal of the European Commission, G.U.C.E. 25/6/2008, L 164/19.

Ediger D., Polat-Beken Ç., Feyzioğlu M.A., Şahin F., Tan İ., (2015) “Establishing Boundary Classes for the Quality Classification of Southeastern Black Sea Using Phytoplankton Biomass”, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 15: 723-731, DOI: 10.4194/1303-2712-v15\_3\_16

European Commission, (2013). Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. JRC Scientific Reports. Joint Research Center- Institute for environment and sustainability. MSFD technical subgroup on marine litter, Luxembourg, p. 124. <http://dx.doi.org/10.2788/99475>.

Ferreira, J.G., J.H. Andersen, A. Borja, S.B. Bricker, J. Camp, M. Cardoso da Silva, E. Garcés, A.S. Heiskanen, C. Humborg, L. Ignatiades, C. Lancelot, A. Menesguen, P. Tett, N. Hoepffner & U.

Claussen (2010). Marine Strategy Framework Directive , Task Group 5 Report Eutrophication (April 2010) European Union and ICES, DOI 10.2788/86830.

Flo, E., Camp, J., Garcés, E., (2011) “Assessment Pressure methodology, Land Uses Simplified Index (LUSI) ”. (Personal communication WFD-CIS- phase II, Technical paper).

Flo, E., Garcés, E., Camp, J., (2019) “Land Uses Simplified Index (LUSI): Determining Land Pressures and Their Link With Coastal Eutrophication”. *Frontiers in Marine Science* 6, 10.3389/fmars.2019.00018.

Fock, H.O., and Greve, W. (2002) “Analysis and interpretation of recurrent-spatio-temporal patterns in zooplankton dynamics: a case study on *Noctiluca scintillans* (Dinophyceae) in the German Bight (North Sea) ”. *Mar Biol*, 140:59–73.

Francesconi, K. A., & Kuehnelt, D. (2004). Arsenic compounds in the environment. *The Analyst*, 129(5), 373-395. <https://doi.org/10.1039/B402488C>

Gönener, S., Bilgin, S., (2010) “Karadeniz’de (Sinop-İnceburun) Ticari Dip Trolü ile Avlanabilir Balık Biyokütle ve Yoğunluk Dağılımları”. *Journal of FisheriesSciences. com*, 4 (3), 195-208.

Gönener, S., Özdemir, S., (2013) “Karadeniz’de (Sinop-İnceburun) Dip Trolü ile Avlanabilir Balıkların Stok Büyüklüklerine Biyokütle Değişimleri”. *Journal of FisheriesSciences.com*, 7(2): 125-140.

Gubanova, A., Altukhova, D., Stefanova, K., Arashkevich, E., Kamburska, L., Prusova, I., Svetlichny, L., Timofte, F., Uysal, Z. (2014) Species composition of Black Sea marine

planktonic copepods. *Journal of Marine Systems* 135: 44–52.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.12.004>

Hays, G.C., Richardson, A.J., Robinson, C. (2005), “Climate change and marine plankton. Trends in Ecology and Evolution”, Vol.20 No.6, 337-344 pp.

HELCOM, 2014. Eutrophication status of the Baltic Sea 2007-2011 - A concise thematic assessment. Baltic Sea Environment Proceedings No. 143.

ICES CM 2003; Report of the Working Group on Marine Sediments in Relation to Pollution.

Ivanov, L. I., Beşiktepe, Ş., & Özsoy, E. (1997). The Black Sea cold intermediate layer. In Sensitivity to change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea (pp. 253-264). Dordrecht: Springer Netherlands.

JRC (2021). A Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring. EUR 30348 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-21445-8.

Kalia, K., & Khambholja, D. B. (2023). Arsenic in the marine environment—Contents, speciation, and its biotransformation. In S. J. S. Flora (Ed.), Handbook of arsenic toxicology (2nd ed., pp. 761-789). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89847-8.00012-2>

Kimor, B. (1979) “Predation by *Noctiluca miliaris* Souriray on *Acartia tonsa* Dana eggs in the inshore waters of southern California”. *Limnol. Oceanogr.*, 24(3), 568-572.

Koçak, M. , Mihalopoulos, N., Tutsak, E., Violaki, K., Theodosi, C., Zampas, P., Kalegeri, P., 2016. Atmospheric deposition of macronutrients (dissolved inorganic nitrogen and phosphorous) onto the Black Sea and implications on marine productivity. *Journal of the Atmospheric Sciences*, Volume 73, Issue 4, 1727-1739.

Labropoulou, I., Madau F.A., Pulina P., 2009. Capacity and Economic Efficiency In Small-Scale Fisheries, Evidence From the Mediterranean Sea, *Marine Policy*, 33, 860-867.

Labropoulou, M., Papaconstantinou, C., 2004. Community structure and diversity of demersal fish communities: the role of fishery. *Sci. Mar.* 68 (Suppl.1):215-226.

Labropoulou, M., Papaconstantinou, C., 2005. Effect of fishing on community structure of demersal fish assemblages Belg. *J. Zool.*, 135 (2): 191-197 July 2005.

Long, E. R., & Morgan, L. G. (1990) “The potential for biological effects of sediments-sorbed contaminants tested in the National Status and Trends Program”. National Oceanic and Atmospheric Administration.

Long, E. R., Macdonald, D. D., Smith, S. L., & Calder, F. D. (1995) “Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments”. *Environmental management*, 19(1): 81-97.

Long, E. R., Macdonald, D. D., , S. L., & Calder, F. D. (1995) “Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments”. *Environmental management*, 19(1): 81-97.

MacDonald, D. D., Ingersoll, C., & Berger, T. (2000). Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 39(1), 20-31.

Machias, A., Vasilopoulou, V., Vatsos, D., Bekas, P., Kallianotis, A., Papaconstantinou, C., and Tsimenides, N., 2001, Bottom trawl discards in the northeastern Mediterranean Sea, *Fisheries Research*, 53, 181–195.

Medinets, S. & Medinets, V. (2012) Investigation of Atmospheric Wet and Dry Nutrient Deposition to Marine Surface in Western Part of the Black Sea, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12:497-505.

MED-GIG (2013) “JRC Scientific and Technical Reports. Water Framework Directive intercalibration technical report, Second phase (2008-2011)”. JRC European Commission, IES Institute for Environmental and Sustainability.

Nikishina, A.B., Drits, A.V., Vasilyeva, Yu.V., Timonin, A.G., Solovyev, K.A., Ratkova, T.N., Sergeeva, V.M. (2011), “Role of the *Noctiluca scintillans* Population in the Trophic Dynamics of the Black Sea Plankton over the Spring Period”. Oceanology, Vol. 51, No. 6, pp. 1029–1039.

Nixon, S W. (1995) “Coastal marine eutrophication: A definition, social causes, and future concerns”. Ophelia 41: 199–219. doi:10.1080/00785236.1995.10422044.

Oguz, T. & Gilbert, D. (2007) Abrupt transitions of the top-down controlled Black Sea pelagic ecosystem during 1960–2000: evidence for regime shifts under strong fishery exploitation and nutrient enrichment modulated by climate-induced variations. Deep-Sea Res. I 54, 220–242.

Oguz, T. (2017) Modulation of upper layer biochemical structure by mesoscale frontal dynamics in the Black Sea.

Orfanidis, S., Panayotidis, P., Ugland, K.I., (2011) “Ecological Evaluation Index (EEI) application: a step forward in functional groups, formula and reference conditions value”. Mediterr. Mar. Sci. 12, 199–231.

Özsoy, E., & Ünlüata, Ü. (1997). Oceanography of the Black Sea: a review of some recent results. Earth-Science Reviews, 42(4), 231-272.

TÜBİTAK-MAM&ÇŞİDB (2011) Türkiye Kıyılarında Kentsel Atıksu Yönetimi: Sıcak Nokta ve Hassas Alanların Yeniden Tanımlanması: Atık Özümleme Kapasitelerinin İzleme Modelleme Yöntemleriyle Belirlenmesi ve Sürdürülebilir Kentsel Atıksu Yatırım Planlarının Geliştirilmesi Projesi (SINHA Projesi).

TÜBİTAK-MAM 2015. Türkiye’de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi. Proje Nihai Raporu, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü (Proje Sahibi Kurum: OSİB-SYGM)

OSPAR (2013) OSPAR Agreement 2013-8. Common Procedure for the Identification of the Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area. Supersedes Agreements 1997-11, 2002-20 and 2005-3. 67

Özbilgin, H., Ferro, R.S.T., 1997. Seasonal Variation in Codend Selectivity of Haddock, Akdeniz Balıkçılık Kongresi. 9-11 April 1997, İzmir.

Özbilgin, H., Wardle, C.S., 2002. Effect of Seasonal Temperature Changes on the Escape Behaviour of Haddock, *Melanogrammus aeglefinus*, from the Codend, Fisheries Research, 58(3): 323-331.

Romero I., Paches M., Martinez-Guijarro R., Ferrer J., (2013) “Glophymed: An index to establish the ecological status for the Water Framework Directive based on phytoplankton in coastal waters”, Marine Pollution Bulletin, 75, 218-223.

Sánchez, P., Sartor, P., Recasens, L., Ligas, A., Martin, J., De Ranieri, S., and Demestre, M., 2007, Trawl catch composition during different fishing intensity periods in two Mediterranean demersal fishing grounds, Scientia Marina, 71, 765–773.

Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF), 2017. Stock assessments in the Black Sea (STECF-17-14). Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017. 491 p.

Shiganova T.A., Alekseenkoa, E., Moskalenko, L., Nival P. (2018) “Modelling assessment of interactions in the Black Sea of the invasive ctenophores *Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata*”. *Ecological Modelling* 376: 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.02.008>.

STECF, 2015, Black Sea Assessments (STECF-15-16). 2015, Publications Office of the European Union, Luxembourg, EUR 27517 EN, JRC 98095, 284 pp.

Tan I., Polat-Beken S.Ç., & Öncel S. (2017) “Pressure-impact analysis of the coastal waters of Marmara Sea. *Fresenius Environmental*”, 26, 40.

Taşkın, E., Öztürk, M., Kurt, O., Öztürk, M., 2008. The check-list of the marine flora of Turkey. Manisa, Turkey: Ecem Kırtasiye.

Taşkın, E., Aydoğan, Ö., Çınar, E., Öztürk, M. (2011) “Alien marine macrophytes in Turkey. [5th European Phycological Congress, 04-09 September 2011, Rhodes, Greece]”. *European Journal of Phycology*, 46 (supl.1):188.

Teodoru C.R., Friedl G., Friendrich J., Ursula R., Sturm M. & Wehrli B. (2007) Spatial distribution and recent changes in carbon, nitrogen and phosphorus accumulation in sediments of the Black Sea, *Marine Chemistry*, 105 pp. 52-69.

TÜBİTAK MAM (2010) Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Nihai Raporu, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsü (Proje Sahibi Kurum: OSİB-SYGM).

TÜBİTAK-MAM, ÇŞB-ÇYGM (2014) Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi (DeKoS). ÇTÜE 5118703, Rapor No. ÇTÜE.13.155 (Sonuç Raporu), Şubat 2014, Gebze-Kocaeli

TÜBİTAK-MAM (2015) Türkiye’de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi. Proje Nihai Raporu, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü (Proje Sahibi Kurum: OSİB-SYGM)

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (Resmi Gazete Tarihi: 29.12.2011 Resmi Gazete Sayısı: 28157 (3.mükerrer))

UNEP/MAP (2013) Proposed GES and Targets regarding Ecological Objectives on biodiversity and fisheries (Joint session of the Eleventh Meeting of Focal Points for SPAs and COR-GEST on Biodiversity & Fisheries).

UNEP/MAP (2016) UNEP(DEPI)/MED IG.22/28. Report of the 19th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention For The Protection of The Marine Environment and the Coastal Region of The Mediterranean and its Protocols.

US Environmental Protection Agency, 1998. EPA’s contaminated sediment management strategy. EPA-823-R-98-001. Washington, DC.

US Environmental Protection Agency (1997) The incidence and severity of sediment contamination in surface waters of the united states. Vols. 1–3. EPA 823-R-97-006. Science and Technology Office, Washington, DC

Umani, S., Beran, A., Parlato, S., Virgilio, D., Zollet, T., De Olazabal, A., Lazzarin, B., Cabrinı, M. (2004) “*Noctiluca scintillans* Macartney in the Northern Adriatic Sea: long-term dynamics, relationships with temperature and eutrophication, and role in the food web ”. *J Plankton Res.*, 26:545–561.

Vinogradov M.E., Shushkina E.A., Musayeva E.I., Sorokin P.Yu. (1989), “A new acclimated species in the Black Sea: the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophore: Lobata) ”. *Oceanology* 29:220-224.

Yıldız, T. 2016, Batı Karadeniz’de ticari demersal balık stokları üzerinde trol balıkçılığının etkisi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi.

Zengin M., Gümüş A., Süer S., Akpınar Özcan İ., Dağtekin M., Van A., Rüzgâr M., Dalgıç G., Zengin B., 2020. Karadeniz’deki Trol Balıkçılığını İzleme Projesi, TAGEM/HAYSÜD/2008/09/04/01, Roje Sonuç Raporu, Trabzon 255s.

Zengin, M., Karakulak, F.S., Yıldız, T., Uzer, U., Özcan Akpınar, İ., Gümüş, A. 2020. Batı Karadeniz’deki Demersal Balık Stoklarının Tahmini Projesi. TAGEM/HAYSÜD/2011/09/02/06, s. 204, Trabzon.

Zhou H, Sun Q, Wang X, Wang L, Chen J, Zhang J, et al. Removal of 2,4-dichlorophenol from contaminated soil by a heterogeneous ZVI/EDTA/Air Fenton-like system. *Sep Purif Technol.* 2014;132:346-53.

Zhou, QX, Kong, FX, Zhu, L. *Ecotoxicology: Principles and Methods*, Science Press, Beijing (2004), pp. 161-217

## EKLER

### EK1. Karadeniz istasyon ve örnekleme bilgileri

Sıra No	İstasyon Kodu	İstasyon tipi (kıyı/ deniz)	İstasyon yeri	SYB/DDB No	Koordinatlar			Kıydan uzaklık (m)	Fiziko-kimyasal Değişkenler	Biyolojik Değişkenler			Kirlenmeler Sediman	Radyo-aktivite Deniz suyu ve sediman
					Enlem (N)	Boylam (E)	Derinlik (m)			CTD, Çözünmüş Oksijen, Besin Maddeleri, Klorofil-a, Seki Disk Derinliği	Fito-plankton	Zoo-plankton		
													Baskınlık, kompozisyon, indeksler/kalite	
1	TRK1	Kıyı	İğneada ve Tuna Suyu Kontrol	KAR01	41° 52' 20.280"	028° 03' 39.600"	21	1229	X	X		X	X	
					41° 52' 15.600"	028° 03' 39.240"	20	1358	X	X		X	X	
2	TRK2Y	Deniz	İğneada ve Tuna Suyu Kontrolü	KARD1	41° 50' 52.080"	028° 19' 36.120"	61	22756	X		X			
3	TRK3	Deniz	İğneada ve Tuna Suyu Kontrol	KARD1	41° 49' 37.200"	028° 36' 20.520"	99	45154	X					
4	TRK6	Deniz	Batı Karadeniz Kontrol	KARD1	41° 35' 12.480"	028° 50' 57.120"	96	29885	X					
5	TRK5Y	Deniz	Batı Karadeniz Kontrol	KARD1	41° 28' 23.520"	028° 44' 14.280"	84	14581	X			X		
6	TRK4	Kıyı	Batı Karadeniz Kontrol	KAR01	41° 22' 11.280"	028° 37' 30.000"	22	1469	X					
7	K0	Boğaz	Boğaz Çıkışı-1.Hat	KAR01	41° 13' 39.000"	029° 08' 17.520"	66	1483	X		X			
8	K2	Deniz	Boğaz Çıkışı kanal-1. Hat	KARD1	41° 17' 10.680"	029° 10' 37.200"	63	6850	X					
9	1H15	Deniz	Boğaz Çıkışı kanal-1. Hat	KARD1	41° 27' 13.680"	029° 20' 10.320"	1015	25167	X	X	X			
10	1H30	Deniz	Boğaz Çıkışı kanal-1. Hat	KARD1	41° 39' 17.280"	029° 29' 52.080"	1775	49682	X					
11	TRK7	Kıyı	Şile Kontrol	KAR01	41° 11' 31.200"	029° 35' 17.880"	23	1672	X	X		X		

12	TRK8	Kıyı	Şile Kontrol	KAR01	41° 14' 12.120"	029° 36' 07.200"	50	5893	X						
13	TRK9	Kıyı	Şile Kontrol	KARD1	41° 20' 35.880"	029° 38' 48.120"	118	17981	X						
14	SAD	Deniz	Sakarya Nehri 12 mil	KARD1	41° 19' 31.800"	030° 40' 59.880"	1215	22109	X						
15	TRK12Y	Deniz	Sakarya Nehri Kontrol	KARD1	41° 12' 46.800"	030° 39' 00.720"	700	9435	X						
16	TRK11	Kıyı	Sakarya Nehri Kontrol	KARD1	41° 10' 04.080"	030° 38' 30.480"	49	4405	X		X				
17	TRK10A	Geçiş	Sakarya Nehrinin Denize Döküldüğü Bölge	KAR02	41° 08' 12.120"	030° 39' 06.120"	8	975	X						
18	TRK10	Kıyı	Sakarya Nehri Kontrol (2.Hat)	KAR02	41° 08' 43.080"	030° 37' 48.000"	21	1809	X	X		X	X	X	X
19	2H30	Deniz	Sakarya Nehri 30 mil (2.Hat)	KARD1	41° 37' 23.520"	030° 44' 34.800"	1834	55480	X						
20	TRKE1	Kıyı	Karadeniz Ereğlisi	KAR03	41° 16' 25.680"	031° 23' 55.320"	13	370	X	X		X	X	X	
21	TRKE2	Kıyı	Karadeniz Ereğlisi	KAR03	41° 17' 18.600"	031° 22' 23.520"	58	1691	X		X				
22	TRKE3	Kıyı	Karadeniz Ereğlisi	KAR03	41° 18' 54.720"	031° 19' 41.520"	95	5489	X						
23	TRK13	Kıyı	Zonguldak Kontrol	KAR03	41° 27' 35.280"	031° 46' 21.720"	18	555	X	X	X	X	X	X	
24	TRK14Y	Kıyı	Zonguldak Kontrol	KAR03	41° 29' 14.280"	031° 45' 34.200"	86	3412	X		X				
25	TRK15Y	Deniz	Zonguldak Kontrol	KARD2	41° 31' 32.520"	031° 43' 41.880"	655	8212	X						
26	TRK13A	Geçiş	Filyos (Yenice) Nehrinin Denize Döküldüğü Bölge	KAR04	41° 35' 06.000"	032° 01' 52.320"	20	1082	X	X					
27	TRK16	Kıyı	Bartın Kontrol	KAR04	41° 35' 10.680"	032° 02' 31.920"	20	743	X			X	X		
28	TRK17	Kıyı	Filyos Kontrol (3.Hat)	KAR04	41° 35' 30.480"	032° 03' 05.400"	45	1079	X						
29	TRK18Y	Deniz	Filyos Kontrol (3.Hat)	KARD2	41° 37' 22.080"	032° 01' 41.880"	786	4930	X						
30	3H12	Deniz	Fiyos 12 mil (3.Hat)	KARD2	41° 44' 21.480"	031° 54' 56.880"	1439	20609	X						
31	3H20	Deniz	Fiyos 20 mil (3.Hat)	KARD2	41° 51' 06.480"	031° 47' 46.320"	1639	36404	X						
32	TRK19A	Kıyı	Bartın Çayının Denize Döküldüğü Bölge	KAR04	41° 41' 06.000"	032° 13' 16.320"	8	235	X					X	
33	TRK21	Kıyı	Bartın Kontrol	KAR04	41° 41' 51.000"	032° 13' 12.720"	65	1108	X		X				
34	TRK21Y	Deniz	Bartın Kontrol	KARD2	41° 43' 12.720"	032° 12' 35.280"	750	3755	X						
35	TRK20Y	Kıyı	Cide Kontrol 2	KAR04	41° 49' 09.480"	032° 33' 38.880"	24	898	X					X	
36	TRK19	Kıyı	Cide Kontrol 1	KAR05	41° 54' 47.520"	032° 55' 37.920"	43	3509	X	X		X	X	X	
37	TRK24	Kıyı	İnebolu Kontrol	KARD2	42° 04' 52.320"	033° 47' 13.920"	98	11049	X						
38	TRK23Y	Kıyı	İnebolu Kontrol	KAR05	42° 00' 57.600"	033° 46' 04.800"	70	3784	X		X				

39	TRK22	Kıyı	İnebolu Kontrol	KAR05	41° 59' 08.880"	033° 47' 08.880"	19	806	X	X		X	X	
40	SYB5Y1	Kıyı	Ayancık Çayının önü	KAR05	41° 57' 49.680"	034° 34' 09.120"	13	1680	X					
41	SYB5Y2	Kıyı	Ayancık Çayının açığı (4.Hat)	KAR05	42° 00' 02.520"	034° 35' 17.880"	53	5617	X					
42	4H12	Deniz	Sinop döngüsü (4.Hat)	KARD2	42° 09' 14.400"	034° 34' 50.880"	106	21076	X					
43	4H20	Deniz	Sinop döngüsü (4.Hat)	KARD2	42° 17' 00.000"	034° 34' 42.600"	1484	36662	X					
44	TRK25	Kıyı	Sinop 2 Kontrol	KAR05	42° 03' 51.120"	034° 55' 00.480"	20	1691	X	X		X	X	
45	TRK26	Kıyı	Sinop 2 Kontrol	KAR05	42° 04' 56.280"	034° 54' 11.880"	52	3479	X					
46	SINRAD	Kıyı	Radyoaktivite İst	KAR06	42° 03' 11.880"	035° 04' 14.880"	29	1727	X				X	X
47	SYD	Deniz	Sinop 12 mil	KARD3	42° 14' 24.720"	035° 09' 58.320"	2080	20494	X					
48	TRK29	Kıyı	Sinop 1 Kontrol	KAR06	41° 54' 33.120"	035° 11' 19.320"	50	6234	X		X		X	
49	TRK28	Kıyı	Sinop 1 Kontrol	KAR06	42° 01' 01.200"	035° 09' 24.120"	24	433	X	X	X	X	X	X
50	SYB6Y1	Kıyı	Sinop, Kızılırmak Kontrol	KAR06	41° 44' 01.680"	035° 25' 40.800"	68	5658	X				X	
51	TRK33Y	Deniz	Kızılırmak Kontrol	KARD4	41° 47' 18.600"	035° 56' 24.000"	280	5830	X					
52	TRK33	Kıyı	Kızılırmak Kontrol	KAR07	41° 45' 10.800"	035° 56' 46.320"	112	1898	X					
53	TRK32	Kıyı	Kızılırmak Kontrol	KAR07	41° 44' 44.520"	035° 57' 20.520"	92	945	X	X		X	X	
54	TRKSK1	Kıyı	Samsun Deşarj Kontrol 1 (5. Hat)	KAR08	41° 15' 20.880"	036° 27' 03.600"	20	665	X				X	
55	5H10	Deniz	Kızılırmak döngüsü 10 mil (5. Hat)	KARD4	41° 24' 09.000"	036° 27' 33.480"	385	13458	X					
56	KYD	Deniz	Kızılırmak döngüsü 15 mil (5. Hat)	KARD4	41° 31' 10.200"	036° 28' 37.200"	629	20815	X					
57	5H30	Deniz	Kızılırmak döngüsü 30 mil (5. Hat)	KARD4	41° 46' 46.920"	036° 30' 21.600"	1145	36824	X					
58	TRK35	Kıyı	Samsun Kontrol	KAR09	41° 21' 07.920"	036° 23' 34.080"	56	5639	X		X	X	X	
59	TRK34Y	Kıyı	Samsun Kontrol	KAR08	41° 19' 03.000"	036° 21' 36.000"	21	925	X	X		X	X	
60	TRKSK2	Kıyı	Samsun Deşarj Kontrol 2	KAR08	41° 15' 26.280"	036° 28' 52.320"	21	434	X				X	
61	TRK37	Kıyı	Yeşilirmak Kontrol	KAR10	41° 23' 36.600"	036° 39' 15.480"	8	1267	X	X		X	X	
62	TRK39	Deniz	Yeşilirmak Kontrol	KARD5	41° 25' 13.080"	036° 39' 07.920"	110	4240	X				X	
63	TRK39Y	Deniz	Yeşilirmak Kontrol	KARD5	41° 28' 22.080"	036° 39' 07.200"	288	10056	X					
64	SYB10Y1	Kıyı	SYB10	KAR10	41° 12' 46.800"	037° 08' 23.280"	33	6825	X				X	
65	SYB11Y1	Kıyı	SYB11	KAR11	41° 08' 43.800"	037° 19' 17.400"	34	2249	X					
66	TRK40Y	Kıyı	Fatsa Kontrol/ Radyoaktivite	KAR11	41° 03' 00.720"	037° 30' 34.920"	195	1201	X					

67	DDFATS A	Kıyı	Fatsa	KAR11	41° 02' 34.800"	037° 33' 42.120"	81	1755	X					X	
68	DDORDU	Kıyı	Ordu	KAR11	41° 00' 14.400"	037° 55' 37.920"	25	1967	X						
69	TRK44	Kıyı	Ordu Kontrol	KAR12	41° 01' 13.080"	037° 54' 29.520"	51	3353	X	X	X	X	X	X	
70	TRK43	Kıyı	Ordu Kontrol	KAR12	41° 00' 09.720"	037° 53' 39.480"	11	1387	X	X			X		
71	TRK45	Kıyı	Ordu Kontrol	KAR12	41° 04' 09.120"	037° 59' 51.000"	95	9826	X						
72	TRK48	Kıyı	Giresun Kontrol	KAR12	40° 56' 37.320"	038° 24' 45.000"	95	2727	X						
73	TRK47	Kıyı	Giresun Kontrol	KAR12	40° 55' 59.880"	038° 24' 37.800"	55	1773	X		X			X	
74	TRK46	Kıyı	Giresun Kontrol	KAR12	40° 55' 21.000"	038° 24' 18.720"	22	665	X	X	X	X	X	X	
75	DDGIR	Kıyı	Giresun	KAR13	40° 55' 28.200"	038° 25' 45.120"	22	1169	X						
76	SYB13Y1	Kıyı	Akçaabat Kontrol 1	KAR13	41° 01' 25.680"	038° 50' 57.480"	20	1417	X	X				X	
77	DDVAK	Kıyı	Vakfıkebir Derin deşarj	KAR14	41° 03' 29.520"	039° 16' 34.680"	24	768	X					X	
78	TRK51Y	Kıyı	Akçaabat Kontrol	KAR14	41° 02' 17.880"	039° 35' 12.480"	64	1977	X						
79	TRK54Y	Deniz	Trabzon Kontrol	KARD5	41° 03' 40.680"	039° 43' 31.800"	310	5356	X						
80	TRK54	Kıyı	Trabzon Kontrol	KAR14	41° 01' 52.680"	039° 43' 30.720"	108	2039	X		X				
81	TRK53	Kıyı	Trabzon Kontrol	KAR14	41° 01' 02.280"	039° 43' 34.680"	55	547	X	X	X	X	X	X	X
82	TRKTY1	Kıyı	Yomra Deşarj Kontrol	KAR14	40° 58' 15.600"	039° 51' 56.880"	62	1269	X					X	
83	TRKAR1	Kıyı	Araklı Kontrol (6. Hat)	KAR14	40° 56' 51.720"	040° 03' 30.600"	16	319	X					X	
84	6H6	Deniz	Arsin 6 mil (6. Hat)	KARD5	41° 02' 07.800"	040° 03' 42.120"	900	8768	X						
85	AYD	Deniz	Arsin 10 mil (6. Hat)	KARD5	41° 09' 21.600"	040° 03' 29.520"	930	21933	X						
86	6H20	Deniz	Arsin 20 mil (6. Hat)	KARD5	41° 16' 46.920"	040° 03' 45.720"	1520	35481	X	X	X				
87	TRK57Y	Kıyı	Rize Kontrol	KAR15	41° 04' 39.720"	040° 32' 13.200"	755	4539	X						
88	TRK57	Kıyı	Rize Kontrol	KAR15	41° 03' 24.480"	040° 31' 57.000"	96	2250	X	X	X				
89	TRK55	Kıyı	Rize Kontrol	KAR15	41° 02' 07.080"	040° 32' 31.920"	24	529	X	X	X	X	X	X	
90	DDRIZE	Kıyı	Derindeşarj	KAR15	41° 02' 49.200"	040° 34' 03.000"	80	504	X						
91	TRKCY1	Kıyı	Çayeli Kontrol	KAR15	41° 05' 39.480"	040° 43' 04.080"	12	413	X					X	
92	TRK58	Kıyı	Pazar Kontrol	KAR15	41° 11' 37.320"	040° 54' 09.000"	19	1117	X					X	
93	TRK63	Kıyı	Hopa Kontrol	KAR16	41° 26' 12.120"	041° 24' 23.400"	95	2634	X	X	X				
94	TRK63Y	Kıyı	Hopa Kontrol (7.Hat)	KARD5	41° 27' 34.200"	041° 23' 40.920"	145	5219	X						
95	7H12	Deniz	Batum Döngüsü 12 mil (7.Hat)	KARD5	41° 33' 10.080"	041° 15' 22.320"	1179	20625	X						
96	7H30	Deniz	Batum Döngüsü 30 mil (7.Hat)	KARD5	41° 43' 35.400"	040° 55' 03.000"	1418	51655	X						
97	TRK61	Kıyı	Hopa Kontrol	KAR16	41° 30' 50.400"	041° 30' 52.920"	70	1895	X	X		X	X	X	X

**EK 2. Trol çekim sahalarının koordinatları, derinlikler, çekim süreleri ve çekim hızları**

İstasyon Bölgesi	İstasyon No	Koordinatlar		Çekim süresi (dk)	Çekim hızı (mil)	Derinlik (m)
		Başlangıç	Bitiş			
İğneada	K1	41°52'56" N	41°51'27" N	30	3	47
		28°06'25" E	28°05'49" E			
Terkos Gölü önleri	K2	41°24'53" N	41°24'18" N	60	3	48,9
		28°33'01" E	28°35'38" E			
Karaburun	K3	41°20'50" N	41°20'18" N	60	3	15
		28°42'39" E	28°44'10" E			
Şile	K4	41°13'01" N	41°12'34" N	60	3	42,2
		29°36'10" E	29°38'50" E			
Ağva	K5	41°10'13" N	41°10'10" N	100	3	31,2
		29°49'34" E	29°51'20" E			
Cebeci	K6	41°13'11" N	41°12'48" N	60	3	24
		30°16'13" E	30°18'52" E			
İhsaniye	K7	41°08'52" N	41°08'29" N	60	3	13
		30°33'55" E	30°35'32" E			
Alaplı-Zonguldak	K8	41°08'45" N	41°09'26" N	60	3	28,8
		31°16'44" E	31°18'12" E			
Zonguldak	K9	41°26'57" N	41°26'34" N	50	3	68,4
		31°40'23" E	31°42'53" E			
Filyos	K10	41°34'11" N	41°35'17" N	60	3	26
		32°00'30" E	32°01'28" E			
Bartın	K11	41°40'17" N	41°39'31" N	90	3	30,4
		32°11'25" E	32°09'54" E			
Cide	K12	41°55'26" N	41°54'59" N	20	3	46
		32°57'08" E	32°56'06" E			
İnebolu-Kastamonu	K13	42°02'01" N	42°01'47" N	30	3	61
		33°31'12" E	33°33'50" E			
Abana-Kastamonu	K14	41°59'24" N	41°59'07" N	30	3	32,7
		33°46'57" E	33°48'36" E			
Sinop Kontrol 2	K15	41°59'30" N	41°59'30" N	30	3	22
		34°02'35" E	34°04'21" E			
Sinop Kontrol 1	K16	42°02'12" N	42°02'42" N	30	3	78
		34°47'08" E	34°48'59" E			
Sinop Kontrol 1	K17	42°03'34" N	42°02'51" N	30	3	36
		35°03'14" E	35°05'44" E			
Gerze-Yakakent arası	K18	41°56'42" N	41°55'35" N	30	3	42
		35°08'12" E	35°09'06" E			
Gerze-Yakakent arası	K19	41°54'36" N	41°53'18" N	30	3	70
		35°15'20" E	35°16'01" E			
Gerze-Yakakent arası	K20	41°42'09" N	41°41'33" N	30	3	34
		35°43'56" E	35°41'27" E			
Çarşıbaşı	CB14	41,06638	39,27433	30	2,9	51
		41,06595	39,3043			
Çarşıbaşı	CB15	41,06385	39,30557	30	3	21
		41,05983	39,2725			
Çayeli	CB6	41,1494	40,77042	30	3	23
		41,1692	40,80983			
Çayeli	CB7	41,155	40,76585	30	3	52
		41,138	40,74647			
Gerze	CB8	41,70608	35,34248	30	3	18
		41,71597	35,31502			
Gerze	CB9	41,72292	35,32253	30	2,9	29
		41,71333	35,35338			
Gerze	CB10	41,74837	35,37588	30	3	64
		41,75857	35,329			
Kızılırmak Doğu	SB4	41,733	36,09917	30	3	25,5
		41,69735	36,12263			
Kızılırmak Doğu	SA4	41,685	36,09893	30	3	17,5
		41,65425	36,11583			
Kızılırmak Doğu	SC4	41,74217	36,12238	30	3	61
		41,7194	36,1312			
Melet	CB11	41,02607	37,91145	30	3	57,5
		41,01283	37,94005			
Melet	CB12	40,9988	37,9558	30	3	25,9
		40,99422	37,98568			
Melet	CB13	40,9958	37,95933	30	3	14
		40,99582	37,94453			

İstasyon Bölgesi	İstasyon No	Koordinatlar		Çekim süresi (dk)	Çekim hızı (mil)	Derinlik (m)
		Başlangıç	Bitiş			
Samsun Azot	SB6	41,30847	36,50333	30	3	32
		41,29352	36,47127			
Samsun Azot	SA6	41,26483	36,50472	30	3	15
		41,2819	36,52827			
Samsun Azot	SC6	41,34372	36,42325	30	3	58
		41,335	36,4481			
Sürmene	CB4	40,92627	40,13975	30	3	52
		40,92578	40,11577			
Sürmene	CB5	40,93068	40,19765	30	2,8	45
		40,92462	40,15533			
Trabzon Havaalanı	CB1	40,99773	39,80437	30	3	16
		41,0085	39,7785			
Trabzon Havaalanı	CB2	41,01003	39,77978	30	3	30
		40,99848	39,80813			
Trabzon Havaalanı	CB3	41,00717	39,80768	30	3	50,3
		41,01418	39,77985			
Ünye	SC10	41,24048	37,15445	30	3	68
		41,22338	37,17435			
Ünye	SB10	41,17575	37,18822	30	3	33
		41,18782	37,15845			
Ünye	SA10	41,16998	37,13253	30	3	16,5
		41,16067	37,1605			
Yakakent	SB1	41,69567	35,46868	30	3	37,5
		41,66667	35,49615			
Yakakent	SC1	41,72667	35,44508	30	3	59
		41,70223	35,45843			
Yakakent	SA1	41,6777	35,44435	30	3	14,5
		41,65873	35,4735			
Yeşilirmak Doğu	SC8	41,4073	36,85552	25	3	60
		41,39367	36,88168			
Yeşilirmak Doğu	SB8	41,39312	36,83043	30	3	32,5
		41,38448	36,86007			
Yeşilirmak Doğu	SA8	41,37445	36,82957	30	3	17
		41,37087	36,87253			

### EK 3. Makro flora istasyon bilgileri

Sıra No	İst. Kodu	İst. Adı	Su Kütleli No	Örnekleme Yapılan Koordinat	
				Kuzey	Doğu
1	KDMA01	Şile	KAR01_2	41°10'47"N	29°36'42"E
2	KDMA02	Kilyos	KAR01_1	41°14'55"N	29°02'01"E
3	KDMA03	Sakarya	KAR02	41°07'40"N	30°39'00"E
4	KDMA04	Krd.Ereğli	KAR03	41°13'37"N	31°24'05"E
5	KDMA05	Zonguldak	KAR03	41°27'15"N	31°46'39"E
6	KDMA06	Filyos	KAR04	41°34'05"N	32°01'26"E
7	KDMA07	Cide	KAR05_1	41°53'58"N	32°59'09"E
8	KDMA08	İnebolu	KAR05_2	41°58'25"N	33°46'48"E
9	KDMA09	Sinop	KAR06	42°00'53"N	35°11'57"E
10	KDMA10	Yakakent	KAR07	41°38'45"N	35°28'36"E
11	KDMA11	Kurupelit	KAR07	41°22'23"N	36°13'53"E
12	KDMA12	Samsun	KAR08	41°17'26"N	36°20'32"E
13	KDMA13	Yeşilirmak	KAR10	41°11'48"N	37°01'34"E
14	KDMA14	Fatsa	KAR11	41°01'27"N	37°33'01"E
15	KDMA15	Ordu	KAR12_1	40°59'13"N	37°52'45"E
16	KDMA16	Giresun	KAR12_2	40°54'55"N	38°24'57"E
17	KDMA17	Tirebolu	KAR13	41°00'27"N	38°49'13"E
18	KDMA18	Trabzon	KAR14	41°00'08"N	39°45'55"E
19	KDMA19	Rize	KAR15	41°01'31"N	40°23'55"E
20	KDMA20	Hopa	KAR16	41°22'55"N	41°24'03"E