

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEYDOĞU KARADENİZ'DE YÜZEYALTI KLOROFİL
MAKSİMUM TABAKASININ ZAMANSAL DEĞİŞİMİ

MERVE KARAAHMETOĞLU

TEZ DANIŞMANI

YRD. DOÇ. DR. ÜLGEN AYTAN

TEZ JÜRİLERİ

PROF. DR. ALİ MUZAFFER FEYZİOĞLU

YRD. DOÇ. DR. ERTUĞRUL AĞIRBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI




RİZE-2017

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEYDOĞU KARADENİZDE YÜZEYALTI KLOROFİL MAKSİMUM
TABAKASININ ZAMANSAL DEĞİŞİMİ**

Yrd. Doç. Dr. Ülgen AYTAN danışmanlığında Merve KARAAHMETOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 19/04/2017 tarihinde Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Ünvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan :	Prof. Dr. Ali Muzaffer FEYZİOĞLU	
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Ülgen AYTAN	
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ	


Doc. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



ÖNSÖZ

Güneydoğu Karadenizde Yüzealtı klorofil maksimum tabakasının zamansal değişiminin araştırıldığı bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda "Yüksek Lisans Tezi" olarak hazırlanmıştır.

Tezimin hazırlanmasında; Yüksek lisans eğitimim süresince her türlü desteği sağlayan ve hep yanımda olan tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ülgen AYTAN 'a teşekkür eder ve şükranlarımı sunarım. Deniz ve laboratuvar çalışmalarındaki katkılarından dolayı doktora öğrencisi F. Başak ESENSOY ŞAHİN, yüksek lisans öğrencisi Yasemen ŞENTÜRK ve Rıza USTA'ya, Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ'a, MATLAB grafikleri için Dr. Andre VALENTE'e, Doç. Dr Ahmet MUTLU GÖZLER'e, Yük. Müh. Dilek FİDAN'a manevi destekleriyle hep yanımda olan kız kardeşim Nimet CORDAN'a, iş arkadaşlarıma, Birim Amirim K. Akın ULUTAŞ' a, Mustafa ve Esra BAL' a,E. ÇİÇEK'e ve her zaman desteğini esirgemeyen bu günlere gelmemi sağlayan canım ailem; babam Yunus, annem Songül, kardeşlerim Emre ve Enes'e, kız kardeşim Feyza'ya ve yeğenim Zeynep KARAAHMETOĞLU'na teşekkürlerimi borç bilirim.

TÜBİTAK 114Y232 nolu "Güneydoğu Karadeniz Planktonik Besin Zincirinde Mikrozooplanktonun Rolü" başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilen bu tezin yürütülmesindeki desteğinden ötürü Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkürü bir borç biliriz.

Ayrıca deniz çalışmaları esnasında yardımlarından dolayı R/V SURAT I, R/V DENAR ve R/V KARADENİZ ARAŞTIRMA kaptanları ve gemi adamlarına teşekkür ederiz.

Hazırlanan bu Yüksek lisans tezi TÜBİTAK tarafından 114Y232 nolu proje ile desteklenmiştir.

Merve KARAAHMETOĞLU

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Güneydoğu Karadeniz’de Yüzeyaltı Klorofil Maksimum Tabakasının Zamansal Değişimi” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim.
19/04/2017

Merve KARAAHMETOĞLU

***Uyarı:** Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

ÖZET

GÜNEYDOĞU KARADENİZ'DE YÜZEYALTI KLOROFİL MAKSİMUM TABAKASININ ZAMANSAL DEĞİŞİMİ

Merve KARAAHMETOĞLU

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ülgen AYTAN

Güneydoğu Karadeniz'de Mayıs 2015-Nisan 2016 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada nehir ağzı ve kıyı sularında yüzey altı klorofil maksimum tabakasının varlığı, kalınlığı, sürekliliği ve çevresel faktörlerle etkileşimi araştırılmıştır. Ayrıca bu tabakaya fitoplankton boy gruplarının katkısı da incelenmiştir. Klorofil-*a* değerleri nehir ağzından açığa doğru azalma eğilimi sergilemiştir. Klorofil-*a* maksimum değerleri daima yüzey altı derinliklerde okunmuş ve termal tabakalaşma döneminde en belirgin halini almıştır. Nehir ağzında, yüzeyde klorofil-*a* değerleri 0,50 (Ağustos)-3,96 (Ekim) $\mu\text{g l}^{-1}$, yüzey altı klorofil maksimum tabakasında ise 1,13 (Şubat)-4,70 (Ekim) $\mu\text{g l}^{-1}$ arasında değişmiştir. Kıyı sularında ise yüzeyde klorofil-*a* değerleri 0,27 (Mart, Haziran)-3,43 (Mayıs) $\mu\text{g l}^{-1}$, yüzey altı klorofil maksimum tabakasında ise 1,12 (Şubat)-4,17 (Mayıs) $\mu\text{g l}^{-1}$ arasında değişmiştir. Nehir ağzında yüzey altı klorofil maksimum değerleri 3-26 m arasında tespit edilmiş ve genişliği ise 3- 38 m arasında değişim göstermiştir. Kıyıda ise yüzey altı klorofil maksimum değerleri 3-31 m arasında tespit edilmiş ve genişliği 6-48 m arasında değişim göstermiştir. Yüzey sularında fitoplankton biyoması 0,3-60,8 $\mu\text{g C l}^{-1}$, kıyıda ise 0,5-65,4 $\mu\text{g C l}^{-1}$ değişmiştir. Toplam biyomasa en yüksek katılımı mikrofitoplankton (%73) yaparken, onu nanofitoplankton (%18) ve pikofitoplankton (%9) takip etmiştir. Yüzey altı klorofil maksimum derinliğinde ise fitoplankton biyoması 0,3-60,8 $\mu\text{g C l}^{-1}$, kıyıda ise 0,5-65,4 $\mu\text{g C l}^{-1}$ değişmiştir. Toplam biyomasa en yüksek katılımı mikrofitoplankton (%72) yaparken, onu nanofitoplankton (%16) ve pikofitoplankton (%12) takip etmiştir. Yüzey altı klorofil maksimum değerleri fitoplankton biyoması ile istatistiksel olarak önemli korelasyon göstermiştir ($p<0,05$).

2017, 57 sayfa

Anahtar Kelimeler: Klorofil-*a*, Bolluk, Biyomas, Fitoplankton, Karadeniz.

ABSTRACT

TEMPORAL CHANGES OF SUBSURFACE CHLOROPHYLL MAXIMUM LAYER IN THE SOUTHEASTERN BLACK SEA

Merve KARAAHMETOGLU

**Recep Tayyip Erdoğan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Fisheries
Master Thesis
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ulgen AYTAN**

Subsurface chlorophyll maxima layer (SCML), its thickness and relation with environmental factors were investigated between May 2015 and April 2016 in river mouth and coastal waters of Southeastern Black Sea. The contribution of phytoplankton size groups to SCML were also assessed. Chlorophyll-*a* values tended to decrease from river mouth to coastal waters. Maximum Chlorophyll-*a* values were always recorded at subsurface layers and pronounced SCML were observed during thermal stratification. In river mouth, chlorophyll-*a* at surface and subsurface chlorophyll maximum layer ranged between 0,50 (August)-3,96 (October) $\mu\text{g l}^{-1}$, and 1,13 (February)-4,70 (October) $\mu\text{g l}^{-1}$, respectively. In coastal waters, chlorophyll-*a* at surface and SCML ranged between 0,27 (March, June)-3,43 (May) $\mu\text{g l}^{-1}$, and 1,12 (February) -4,17 (May) $\mu\text{g l}^{-1}$, respectively. SCML were observed at 3- 6 m depths, and its thickness varied from 3 to 38 m in river mouth. In coastal waters, SCML were detected at 3 and 31 m depths and its thickness varied from 6 to 48 m in coastal waters. During study period, surface phytoplankton biomass ranged between 0,3-60,8 $\mu\text{g C l}^{-1}$ and 0,5 to 65,4 $\mu\text{g C l}^{-1}$ in river mouth and coastal waters, respectively. At SCML, phytoplankton biomass ranged between 0,3-60,8 $\mu\text{g C l}^{-1}$ and 0,5-65,4 $\mu\text{g C l}^{-1}$ in river mouth and coastal waters, respectively. Microphytoplankton (72%) dominated phytoplankton biomass followed by nano-(16%) and picophytoplankton (12%) at surface and SCML in both stations. Subsurface chlorophyll maximum values showed statistically significant correlation with phytoplankton biomass ($p<0,05$).

2017, 57 pages

Key words: Chlorophyll-*a*, Abundance, Biomass, Phytoplankton, Black Sea.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Fitoplankton	1
1.3. Yüzey Altı Klorofil Maksimum Tabakası	3
1.4. Karadeniz	5
1.5. Önceki Çalışmalar	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	8
2.1. Çevresel Parametre Ölçümleri	8
2.2. Fitoplankton Örneklemeleri ve Analizleri.....	9
2.3. Yüzey Altı Klorofil Maksimum Derinliğinin Belirlenmesi	10
2.4. İstatistiksel Analizler	10
3. BULGULAR	11
3.1. Hidrografi	11
3.1.1. Sıcaklık	11
3.1.2. Tuzluluk.....	12
3.1.3. Çözünmüş Oksijen	13
3.1.4. Turbidite	15
3.1.5. Besin Elementleri	16
3.1.5.1. Nitrit+Nitrat	16
3.1.5.2. Fosfat	17
3.1.5.3. Silikat.....	18
3.1.5.4. Fotosentetik Aktif Radyasyon	19
3.2. Klorofil- <i>a</i>	21
3.3. Fitoplankton Bolluk ve Biyoması	21
3.4. Yüzey Altı Klorofil Maksimum Tabakası (YKMT).....	25

3.5.	Yüzey Altı Klorofil Maksimum Tabakasında Fitoplankton Boy Gruplarının Dağılımı.....	30
4.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	36
4.1.	Hidrografi	36
4.2.	Klorofil- <i>a</i>	38
4.3.	Fitoplankton Kalitatif ve Kantitatif Dağılımı.....	38
4.4.	Yüzey Altı Klorofil Maksimum Derinliğinin Değişimi	40
5.	ÖNERİLER	45
	KAYNAKLAR	46
	EKLER	53
	ÖZGEÇMİŞ	57



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Çalışma sahası ve örnekleme istasyonları.....	8
Şekil 2.	Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: K1y1) ait sıcaklık profilleri....	11
Şekil 3.	Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: K1y1) ait tuzluluk profilleri..	12
Şekil 4.	Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: K1y1) ait çözülmüş oksijen (mg l^{-1}) profilleri.....	14
Şekil 5.	Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: K1y1) ait turbidite profilleri..	15
Şekil 6.	Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: K1y1) ait nitrit+nitrat (μM) profilleri.....	16
Şekil 7.	Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: K1y1) ait fosfat (μM) profilleri.....	17
Şekil 8.	Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: K1y1) ait silikat (μM) profilleri.....	18
Şekil 9.	Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: K1y1) ait Fotosentetik Aktif Radyasyon derinlikleri (düz beyaz çizgi % 50 ışık derinliği, kesik beyaz çizgi % 1 ışık derinliği) ve klorofil- <i>a</i> profilleri.....	20
Şekil 10.	Örnekleme istasyonları (A: Nehir ağzı, B: K1y1) yüzey sularında fitoplankton boy gruplarının karbon biyomasları ($\mu\text{g C l}^{-1}$) ve klorofil- <i>a</i>	22
Şekil 11.	Örnekleme istasyonları (A: Nehir ağzı, B: K1y1) yüzey sularında fitoplankton boy gruplarının toplam fitoplankton biyomasına katılımı (%)......	23
Şekil 12.	Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: K1y1) ait fitoplankton biyoması ($\mu\text{g C l}^{-1}$) profilleri.....	25
Şekil 13.	Nehir ağzı istasyonunda klorofil- <i>a</i> ve sıcaklık profilleri (A: 15.06.2015; B: 07.10.2015, C: 27.04.2015)......	28
Şekil 14.	K1y1 istasyonunda klorofil- <i>a</i> ve sıcaklık profilleri (A: 15.06.2015; B: 07.10.2015, C: 27.04.2015)......	28
Şekil 15.	Örnekleme istasyonlarında (A: Nehir ağzı, B: K1y1) yüzey altı klorofil maksimum tabakasında fitoplankton boy gruplarının karbon biyomasları ($\mu\text{g C l}^{-1}$) ve klorofil- <i>a</i>	31
Şekil 16.	Örnekleme istasyonlarında (A: Nehir ağzı, B: K1y1) yüzey altı klorofil maksimum tabakasında fitoplankton boy gruplarının toplam fitoplankton biyomasına katılımı (%)......	32
Şekil 17.	Nehir ağzı istasyonunda yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilen küme analizi.....	33
Şekil 18.	Nehir ağzı istasyonunda yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilen çok boyutlu ölçeklendirme (MDS) analizi.....	33
Şekil 19.	K1y1 istasyonunda yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilen küme analizi.....	34

- Şekil 20.** K1y1 istasyonunda yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilen çok boyutlu ölçeklendirme (MDS) analizi. 35
- Şekil 21.** Örnekleme istasyonlarında (A: Nehir ağzı, B: K1y1) fitoplankton biyomasının yüzey ve yüzeyaltı klorofil maksimum tabakasındaki dağılımı. 43



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Örnekleme istasyonları ve örnekleme derinlikleri.	8
Tablo 2. Örnekleme süresince nehir ağızı istasyonunda yüzeyde klorofil- <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$), Yüzey altı klorofil maksimum tabakasında (YKMT) klorofil- <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$), Yüzey altı klorofil maksimum tabakasının derinliği ve genişliği (m), Öftotik bölge içinde ortalama klorofil- <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$) ve öfotik bölge derinliği (m).	26
Tablo 3. Örnekleme süresince kıyı istasyonlarda yüzeyde klorofil- <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$), Yüzey altı klorofil maksimum tabakasında (YKMT) klorofil- <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$), Yüzey altı klorofil maksimum tabakasının derinliği ve genişliği (m), Öftotik bölge içinde ortalama klorofil- <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$) ve öfotik bölge derinliği (m).	27
Tablo 4. Örnekleme istasyonlarında YKMT’de klorofil- <i>a</i> ile biyotik ve abiyotik faktörler arasında gerçekleştirilen Spearman-Rank korelasyonu sonuçları (* $p < 0,05$).	29
Tablo 5. Fitoplankton tür sayısının Karadeniz’de yapılan önceki çalışmalar ile karşılaştırılması.	39
Tablo 6. YKMT ile ilgili yapılmış çalışmalar.	44

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Klorofil-*a* siyanobakteri, alg ve bitkilerde bulunan ana fotosentetik pigmenttir. Güneş ışığını absorbe ederek kimyasal enerjiye dönüştüren bir moleküldür. Böylelikle fotosentez için gerekli enerji sağlanarak CO₂ ve sudan karbonhidratlar sentezlenir. Tüm fotosentetik canlılarda bulunması dolayısı ile sucul ortamlarda fitoplankton biyokütlesinin en önemli göstergesi olarak kabul edilir (Malkin vd., 2012). Klorofil-*a* değişimi, hem fitoplankton durumu hakkında basit bir bilgi almada hem de hücre sayısı veya hücre yoğunluğunun bir ölçütü olarak kullanılmaktadır (Dillon ve Rigler 1974). Bu özelliğinden ötürü su kütlelerinde en yaygın izlenen biyolojik parametredir. Klorofil-*a*'nın kullanılmasının diğer bir sebebi de analizinin kolay olması dolayısı ile fitoplankton hakkında kısa sürede bilgi sağlıyor olmasıdır (Polat ve Terbiyık, 2013).

Klorofil-*a* değişimi, fitoplankton biyokütlesinin bir göstergesi olmasının yanı sıra, yapılan birçok çalışmada birincil üretimin tahmin edilmesinde de kullanılmaktadır. Bu nedenle balıkçılıkta klorofil-*a* değerlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Fitoplanktona etki eden çevresel faktörler bu organizmalardaki klorofil-*a* miktarını da etkilemektedir. Bu faktörler besleyici element miktarları, ışık ve sıcaklık olabilir. Bunlardan sıcaklığın fitoplankton yoğunluğunu dolayısı ile klorofil-*a* ve birincil üretim düzeylerini en fazla etkileyen faktör olduğu yapılan birçok çalışmada ele alınmıştır (Kayaalp ve Polat 2011). Bundan dolayı pelajik ekosistemin dinamiklerini ve yapısını anlayabilmek için fitoplankton ve dolayısıyla sistemin trofik durumunun göstergesi olarak klorofil-*a* miktarının ve zamansal değişimi tahmin edilmesi önem arz etmektedir.

1.2. Fitoplankton

Fitoplankton sucul ortamlarda fototrofik büyüme gösteren sahip tek hücreliler ve koloniler olarak tanımlanmaktadır. Fitoplankton birincil üretim ve dünyanın küresel element döngüsünde anahtar bir rol oynamaktadır. Su sütununun üst kısmından başlayarak ışığın nüfuz ettiği alt sınıra kadar dağılım gösterir. Fitoplankton popülasyonunun yapısı ve bolluğu azot, fosfat, silikat ve demir gibi inorganik

nütrientler tarafından kontrol edilir (Roman vd., 1995; Rousseau vd., 2000). Fitoplankton tüm yeryüzü fotosentezinin %4-5 ini gerçekleştirir (Takahashi vd., 1992). Fitoplanktonik organizmalar besin zincirinde inorganik maddeden organik maddeyi üreten birincil üreticilerdir. Dünyanın büyük bir kısmını kaplayan okyanus ve denizlerde bulunan fitoplanktonik canlılar, denizel birincil üretimin %95 ini oluşturur (Valiela, 1984). Bu fonksiyonları sayesinde fitoplanktonik organizmalar, zooplanktondan başlayarak, sudaki tüm hayvansal organizmaların beslenmesinde doğrudan veya dolaylı olarak büyük öneme sahiptirler. Fitoplanktonik organizmalar büyüklük yönünden farklı özellikler göstermektedir. Bu nedenle, taksonomik çalışmalarda, ekolojik çalışmalarda ve birincil üretim çalışmalarında farklı boy aralıklarındaki organizmaların ayırt edilmesinde kolaylık sağlamak amacı ile boy gruplarına ayrılarak incelenmektedir.

Fitoplanktonik organizmalar boylarına göre;

1- pikoplankton (0,2-2 μm),

2- nanoplankton (2-20 μm),

3- mikropilankton (20 -200 μm),

olmak üzere üç kategori de incelenmektedir (Koray, 2002).

Bulunduğu ortamdaki değişikliklere karşı gösterdiği hassasiyet ve tepkiler göz önünde bulundurulduğunda, fitoplankton su kalitesindeki değişikliklere karşı iyi bir indikatör olarak kullanılabilir. Su Çerçeve Direktifi'nin (SÇD) 2000 yılında Avrupa'da yürürlüğe girmesinden bu yana, fitoplankton yüzey sularının ekolojik durumunu değerlendirmek üzere kullanılması önerilen dört kalite unsurundan biri olarak göz önünde bulundurulmaktadır (Çolak vd., 2005). Ayrıca deniz stratejisi çerçeve direktifinin iyi çevresel durumun tanımlanmasında kullanılan 11 göstergeden biri olan gösterge 5' Ötrofikasyon altında da takip edilmesi gereken en önemli biyolojik indikatörlerden biridir.

Fitoplankton toplulukları besin elementleri miktarını, besin zincirinin etkinliğini ve yapısını etkilediğinden ekosistem içerisinde önemli rol oynamaktadırlar (Sakshaug ve Thingstad, 1990). Fitoplankton çalışmaları deniz ekosistemiyle ilgili çalışmalar arasında fitoplanktonun besin zincirinin verimliliğinde ve yapısında önemli bir rol

oynamasından ve böylelikle bu ekosistemlerin dinamiklerinin ve organizasyonlarının anlaşılmasına sunduğu katkıdan dolayı çok kritik bir yere sahiptir (Silva vd., 2008).

Fitoplankton komünitesinin boy yapısının gelişimi çevrenin fiziko-kimyasal karakteristiklerine bağlıdır ve deniz ekosistemindeki besin zinciri dinamikleri ile ilgili önemli ayrıntılar hakkında fikir verir. Nutrient-boy ilişkisiyle ilgili olarak daha büyük boylu türlerin nutrient zengin sularda baskın olarak bulunduğu, daha küçük türlerin ise oligotrofik koşullarda baskınlık gösterdiği belirtilmektedir. (Roy vd., 2006). Karmaşık biyolojik ve fizikokimyasal süreçlerin anlaşılması ve yorumlanmasında bu derece etkin bir öneme sahip olmasına rağmen Karadeniz bölgesindeki sularda fitoplanktonun klorofil-*a*'ya dayalı boy yapısına ilişkin bilginin kısıtlı olduğu bilinmektedir (Ağırbaş, 2016).

1.3. Yüzey Altı Klorofil Maksimum Tabakası

Yüzey altı klorofil maksimum tabakası (YKMT) okyanus ve göllerde klorofil konsantrasyonunun yüzey altında maksimum düzeye ulaştığı derinliktir (Cullen, 1982). Yüzey altı klorofil maksimum tabakası her zaman gözlenmezken, bazen yüzeyde yüzey altı derinliklerden daha yüksek klorofil değerleri okunabilir. Ancak yine de birçok akuatik sistem için yaygın bir özelliktir. Yüzey altı klorofil maksimum tabakası, kalınlığı, yoğunluğu, kompozisyonu ve kalıcılığı oldukça değişkendir (Cullen, 1982). Genellikle oluşumunda ve sürekliliğinde yüksek büyüme hızı, fiziksel adaptasyon, hareketli fitoplankton hücrelerinin bir araya toplanma davranışı, batma ve piknoklinde akümülyasyon, farklı otlama davranışı, düzensiz karışım, iç dalgalar ve horizontal girişimler olabilir (Cullen, 1982).

Oligotrofik sistemler kalıcı derin yüzeyaltı klorofil maksimum tabakası ile nütriklin ve düşük klorofil-*a* ve birincil üretim ile temsil edilirken, üretken sistemler yüksek klorofil ile birincil üretim ve daha sık yüzey altı klorofil maksimum tabakası ve nütriklin sergiler (Estrada vd., 1993). Tropikal okyanus bölgelerinde kalıcı bir yapı olarak göze çarpan yüzey altı klorofil maksimum tabakası, ılıman bölgelerde ve kutuplarda daha değişken bir yapıdır. Ilıman bölgelerde yüzey altı klorofil maksimum tabakası kış karışımları esnasında ortadan kaybolurken, termal tabakalaşmanın

başlaması ile birlikte gerçekleşen ilkbahar bloomu ile yeniden gözlemlenir (Sournia, 1976; Estrada vd., 1993; Taylor ve Ferrari, 2011; Mignot vd. 2014). Yüzey altı klorofil maksimum tabakasının oluşumu düşük ışık düzeylerine fitoplanktonun adaptasyonun sağlanması (Anderson, 1995) veya besin elementi yönünden zengin suların öfotik bölge içine ulaşmasından kaynaklanmaktadır (Richardson vd., 2000). Yüzey altı klorofil maksimum tabakasında bulunan fitoplankton komuniteleri oldukça değişken ve çeşitlidir (Furuyo ve Morumo, 1983). Yüzey altı klorofil maksimum tabakası genellikle fitoplankton maksimum biyoması ile eşleşirken, bazı durumlarda da düşük ışık düzeyine güçlü bir şekilde adaptasyon gösteren, yüksek klorofil-düşük biyomasa sahip ve fitoplankton biyomas maksimumundan vertikal lokasyonda ayrılan hücrelerden oluşabilir (Miller, 2004). Dikey konumu genellikle öfotik bölge alt sınırına (%1 ışık seviyesi) yakın ya da altında (< %1 ışık seviyesi) bulunmaktadır (Cullen ve Eppley, 1981; Cullen, 1982). Öfotik bölge altında yer aldığı durumlarda fotosentetik aktif radyasyonun %1'in altına düşmesinden dolayı fotosentez oldukça sınırlıdır, genellikle bu durum yüzey sularının batması ya da hücrelerin batması yüzünden kaynaklanır.

Andre (1992) Yüzey altı klorofil maksimum tabakasının uzaktan algılama çalışmalarına katkılarını kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Andre (1992) YKMT'nın su yüzeyinin birkaç metre altında olduğu durumlarda klorofil-*a*'nın vertikal profilinin uzaktan algılama gözlemlerini önemli şekilde etkilediği rapor edilmiştir. Klorofil-*a* dikey dağılımındaki heterojenlik uzaktan algılamada yüzey altı yansımada yaklaşık %70'inde bir hata oluşmasına neden olabilir (Stramska and Stramski, 2005; Xiu vd., 2008). Buna ek olarak, klorofilin homojen bir profil sergilediği durumlarda verimliliğin entegre heterojen profile göre %60 daha az hesaplanabilir (Hidalgo-Gonzalez and Alvarez-Borrego, 2000).

Yüzey altı klorofil maksimum tabakası planktonik ekosistemlerin ekolojik olarak önemli bir özelliğini temsil etse de, dünya denizleri arasında balıkçılık açısından önemli bir yeri olan Karadeniz'de YKMT oluşumu ve etkili faktörler üzerine kapsamlı bir çalışma yoktur. Kalıcı tabakalaşma ile karakterize olan Karadeniz ekosisteminde zooplankton için potansiyel avlanma bölgesi oluşturmasından dolayı yüzey altı klorofil maksimum tabakasının yıl içerisindeki oluşumu ve katkı yapan fitoplankton gruplarının anlaşılması önem arz etmektedir.

Güneydoğu Karadeniz’de gerçekleştirilen bu çalışmada, nehir ağzı ve kıyı sularında bir yıl süre ile fitoplankton biyomasının göstergesi olan klorofil-*a*’nın yıl içindeki derinliğe bağlı değişimi, yüzey altı klorofil maksimum tabakasını oluşumu, yapısı, sürekliliği, fitoplankton boy gruplarının katkısı ve ilişkili fiziko-kimyasal faktörler araştırılmıştır.

1.4. Karadeniz

Karadeniz’i diğer denizlerden ayrıcalıklı kılan en önemli özelliği, yüzeydeki oksijenli tabakanın altındaki derin basen sularının sürekli oksijensiz olması ve tabana doğru artan yüksek derişimlerde hidrojen sülfür (H_2S) içermesidir (Murray vd., 1989; 1995; Codispoti vd., 1991; Tuğrul vd., 1992; Saydam vd., 1993). Bu oluşumun temel nedeni, tüm dip baseni dolduran Akdeniz kökenli tuzlu suların (>22 ppt) yüzeydeki daha az tuzlu (18 ppt) sulardan kalıcı bir haloklin ile ayrılmasıdır (Codispoti vd., 1991; Oğuz vd., 1993). Karadeniz’de dikey karşımlar haloklinin üst sınırına kadar etkilidir. Bu nedenle oksijenli yüzey tabakasından sülfürlü derin sulara çözünmüş oksijen (ÇO) taşınması çok sınırlıdır. Oksijen girdisi havalı ortam bakterilerinin oksijen ihtiyacını karşıyamadığı için çöken organik maddenin parçalanması aneorobik bakterlerce, SO_4 indirgenmesi yoluyla olmakta ve H_2S ’li ortam oluşmaktadır. Haloklin üst derinliklerinde sürekli oluşan oksijence fakir ($\text{ÇO} < 20 \mu M$ ve $H_2S < 5 \mu M$) suboksik tabaka ile H_2S ’lü suların başlangıç sınırları tüm basende farklı derinliklerde fakat aynı su yoğunluklarında (sırasıyla $\sigma_t = 15,4 \pm 0,1$ ve $\sigma_t = 16,2 \pm 0,05$) yer almaktadır (Tuğrul vd., 1992; Saydam vd., 1993). Suboksik tabakanın sınırları (Murray vd., 1995) tarafından ÇO ’nin $< 10 \mu M$ ’ın altına düştüğü ve H_2S ’ün $< 10 nM$ olduğu tabaka olarak tanımlanmış ve karşılık gelen su yoğunlukları $\sigma_t = 15,65$ ve $\sigma_t = 16,15$ olarak verilmiştir.

Günümüz Karadeniz ekosisteminde H_2S ’li suların başlangıç sınırı siklonik döngülerin hâkim olduğu açık sularda 90-00 m, kıyılarda ise daha derinlerdedir (160-180 m). Karadeniz ekosisteminde son 30 yılda çarpıcı değişimler gözlenmiştir (Bologa, 1985; Vinagrodov vd., 1992; Mee, 1992; Bologave vd., 1999). 1960’lı yıllara ait ÇO ve H_2S bulguları 1980 ve 90’lı yılların bulgularıyla karşılaştırıldığında, geçmişte oksiklin’in daha kalın ve suboksik tabakanın daha ince olduğu belirlenmiştir (Murray

vd., 1989; Tugrul vd., 1992; Murray vd., 1995; Basturk vd., 1998; Konovalov ve Murray, 2001). Anoksik tabakanın üst sınırı ise bu süre içinde aynı yoğunluk düzleminde ($\sigma_t=16,2$) kalmıştır.

Karadeniz'de kıyısal alanlarda nehir girdilerine (Cociasu vd., 1997; Tuncer vd., 1998) paralel olarak düşey ve yatay taşınım mekanizmaları ile sedimandan olan girdiler besin tuzlarına kaynak oluşturmaktadır. Siklonik döngüsü sistemlerinin etkin olduğu derin basende ise besin tuzları ışıklı yüzey tabakasına daha çok düşey karışım ve nutriklinen difüzyon ile taşınmaktadır (Yılmaz vd., 1998). Nutriklinin alt sınırı ile çakışan subosik tabaka ve altından besin tuzu aktarımı yoğunluk tabakalaşması nedeniyle sınırlıdır. Karadeniz'de birincil üretim yıl boyunca ilkbahar ve sonbaharda olmak üzere iki kez pik değerlere ulaşmaktadır (Vedernikov ve Demidov, 1993).

1.5. Önceki Çalışmalar

Fitoplankton biyomasının tahmininde klorofil-*a* miktarlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar tüm dünya denizlerinde çok uzun yıllardır yapılmaktadır. Klorofil-*a* miktarının belirlenmesi birincil üretim, fitoplankton ekolojisi ve fizyolojisi gibi çalışmaların yanı sıra ikincil üretim, balık stok miktarlarının tahmini, ötrofikasyon düzeylerinin saptanması gibi farklı çalışmalarda kullanılan çok yaygın bir yöntemdir. Bu nedenle fitoplankton biyomasının belirlenmesine yönelik çalışmaların yanı sıra, farklı amaçlar için yürütülen çalışmalarda da klorofil-*a* düzeylerine yer verilmektedir. Yüzey altı klorofil maksimum derinliğinin ekolojik olarak önemi göz önünde bulundurulduğunda birçok çalışmaya konu olmuştur.

Cullen vd. (1982) yüzey altı klorofil maksimum tabakasının oluşumunu, kalınlığı, yoğunluğu, kompozisyonu ve kalıcılığını değerlendirmiştir. Estrada vd. (1993) tarafından fitoplankton biyomasının, yüzey altı derin klorofil maksimumunda akümüle olması Katalan ve Balarık Denizi'nin oşinografik yapısı ile birlikte Akdeniz üst besinsel seviyeleri desteleyen birincil üretiminde katkıda bulunduğu ortaya konmuştur. Nincevi vd. (2002) Adriatik Denizi'nde bir istasyonda yüzey altı derin klorofil maksimumu düzeylerini 1996-1998 yılları arasında incelemiştir. Çalışmada klorofil-*a* miktarının yanı sıra fitoplankton yoğunluğu, karbon miktarları, boy grupları ve fitoplankton

kommunitite yapısında incelenmiştir. Yılmaz vd. (1994) tarafından Kuzeydoğu Akdeniz’de 1988 ve 1989 yıllarında yaptıkları çalışmalarda fitoplankton biyomasını belirlemek üzere nispi floresans şiddetini ve klorofil-*a* analizlerinin sonuçları karşılaştırılmış ve klorofil maksimum derinliği değerlendirilmiştir.

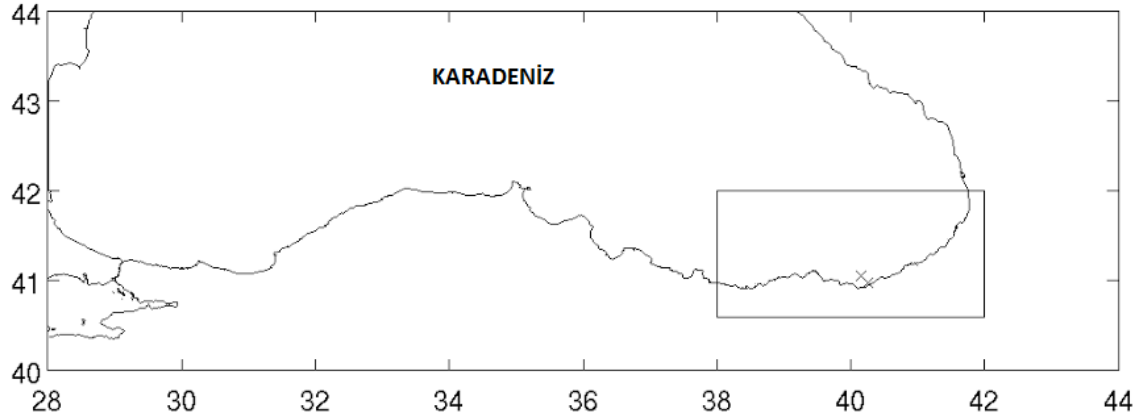
Karadeniz’de ise ekosisteminde meydana gelen hızlı değişimleri ve olumsuz yöndeki etkileri ortaya koyabilmek amacıyla klorofil-*a*’nın mevsimsel değişimini yerinde ve uzaktan algılama tekniği ile takip etmişlerdir (Chu vd., 2005; Kopelevich vd., 2004; Yunev vd., 2002). Karadeniz’de plankton biyokütlesi tespitine ait yapılan çalışmalarda, analiz hassasiyetlerinin artmasına bağlı olarak pigment, karbon içeriklerinin belirlenmesi ve birincil üretime yönelik çalışmalar da son yıllarda hız kazanmıştır (Behrenfeld vd., 2014).

Yerinde gerçekleştirilen çalışmalara bakıldığında ise Güney Karadeniz kıyılarında 1995-1996 ilkbahar-sonbahar periyodunda fotik bölge için klorofil-*a* değerleri Yılmaz vd., 2006 tarafından kayıt edilmiştir. Eker-Develi (2003) tarafından Karadeniz’in Anadolu sahillerini kapsayacak şekilde 1996 yılında Haziran-Temmuz, 1998 yılında Mart-Nisan, 1998 Eylül dönemlerinde Güney Karadeniz için yüzey suyu klorofil-*a* değerleri rapor edilmiştir. Yine Ağırbaş (2010) Güneydoğu Karadeniz de HPLC yöntemi kullanarak klorofil-*a*’nın değerlerini ilk 50 m’lik su kolonunda kıyısal bölge ve açık sularda rapor etmiştir. Kopuz (2012) tarafından Güneydoğu Karadeniz’de klorofil-*a*’nın dikey dağılımı 2010-2011 periyodunda bildirilmiştir. Bu iki çalışmada da amaç kapsamında olmasa da yüzeyaltı klorofil maksimum derinliğine değinilmiştir. Güneydoğu Karadeniz’de yapılan bir diğer çalışmada ise yüzey sularında klorofil-*a* ’nın uzun dönemli değişimi ve çevresel parametrelerle etkileşimi değerlendirilmiştir (Ağırbaş vd., 2015). Yine bölgede son dönemde yapılan bir çalışmada klorofil-*a*’nın fitoplankton boygruplarına katkısı HPLC yöntemi ile belirlenmiştir (Ağırbaş, 2016).

Karadeniz’de yerinde ve uzaktan algılama yöntemi ile birçok çalışma klorofil-*a* üzerine yoğunlaşsa da YKMT oluşumu, dağılımı ve katkı yapan fitoplankton komuniteleri ile ilgili kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışmalar Güneydoğu Karadeniz’de farklı fiziko-kimyasal (tuzluluk, turbidite) yapıya sahip olduğu düşünülen iki istasyonda (NA, nehirağzı ve K, kıyı) Mayıs 2015-Nisan 2016 tarihleri arasında aylık ve iki haftalık (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ekim aylarında) periyotlarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma sahası ve örnekleme istasyonları.

Örnekleme esnasında Karadeniz Teknik Üniversitesi’ne ait R/V DENAR, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü’ne ait R/V SÜRAT I ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi’ne ait R/V KARADENİZ ARAŞTIRMA araştırma gemileri kullanılmıştır. Örnekleme istasyonlarının koordinatları, toplam derinlikleri ve kıyıdan olan uzaklıkları Tablo1’de verilmiştir.

Tablo 1. Örnekleme istasyonları ve örnekleme derinlikleri.

İstasyon	Uzaklık(deniz mili)	Derinlik(m)	Koordinat
Nehir ağzı	0.5	120	40° 57’14’’ N; 40°11’31’’ E
Kıyı	5	700	41° 00’01’’ N; 40°10’33’’ E

2.1. Çevresel Parametre Ölçümleri

Örnekleme istasyonlarından Mayıs 2015-Nisan 2016 tarihleri arasında aylık ve iki haftalık (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ekim aylarında) periyotlarda fiziko-kimyasal parametreleri belirlemek amacı ile toplam 17 kez deniz suyu örnekleme yapılmıştır. Deniz suyuna ait sıcaklık, tuzluluk, iletkenlik ve turbidite Sea bird SBE-19

Plus CTD prop kullanılarak, çözülmüş oksijen konsantrasyonu ise CTD prop üzerinde yer alan SBE 63-DO sensörü kullanılarak optik olarak yerinde (0-50 m) ölçülmüştür. Yerinde floresan ölçümleri CTD üzerinde bulunan WETLAB flourometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öfotik bölgenin belirlenmesi amacıyla, PAR (Photosynthetically Active Radiation) ölçümleri Li-Core sualtı PAR Equipment (Li-193 SA Spherical Quantum Sensor, Li-1400 data logger, Li-190SAT su üstü Quantum Sensor) ile gerçekleştirilmiştir.

Besin elementleri (Nitrit, Nitrat, Silikat ve Fosfat) konsantrasyonları belirlemek amacı ile in-situ floresan profillerine göre belirlenen yüzey altı klorofil maksimum tabakasından toplanan deniz suyu örnekleri gemi üzerinde bulunan laboratuvarında 0.47 µm filtreden geçirilerek 100 ml'lik plastik (seyreltik HCL ile yıkanmış) şişelere alınmıştır. Koruyucu kimyasal eklemesi yapılmadan derin dondurucuda saklanan örnekler bir hafta içerisinde Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan SEAL marka Oto-Analizör kullanılarak analiz edilmiştir.

2.2. Fitoplankton Örneklemeleri ve Analizleri

Piko ve nanoplankton temini için gerekli olan deniz suyu örnekleri yerinde floresan profillerine göre belirlenen yüzey altı klorofil maksimum tabakasından Sea Bird Carusel 32 12'li su örnekleme cihazı üzerinde bulunan 5 litrelik Niskin örnekleme şişeleri ile alınmıştır. 50 ml alt örnekleme yapılarak alınan örnekler gemi üzerinde bulunan laboratuvarında hızlıca içerisinde %2'lik gluteraldehit bulunan cryoviallere aktararak analiz esnasına kadar -80 °C'de saklanmıştır. Örnekler, KTÜ Sürmene Deniz Bilimleri bünyesinde bulunan BD ACURI C6 Flowcytometer ile analiz edilmiştir. Analiz öncesinde ve esnasında Tarran ve Bruun (2015) tarafından tanımlanan metot takip edilerek, bu organizma gruplarına ait bolluk ve biyomas değerleri hesaplanmıştır. Pikofitoplankton *Synechococcus* spp. ve pikoökaryat karbon içeriği hesaplamalarında her bir µm³ için 123 fg C (Waterbury vd., 1986) ve nanofitoplankton karbon içeriği hesaplamalarında ise her bir µm³ için 220 fg C oranı (Borsheim ve Bratbak, 1987) kullanılmıştır.

Mikrofitoplanktonun kantitatif tespiti için deniz suyu örnekleri yerinde floresan profillerine göre belirlenen yüzey altı klorofil maksimum tabakasından SBE 32 Carousel 12 şişeli su örnekleme cihazı ile alınmıştır. 1 lt'lik deniz suyu örnekleri labotauvarda hızlıca 10 µm göz açıklığına sahip plankton ağı kullanılarak ters filtrasyon işlemi ile 10 ml'ye konsantre edilerek %2'lik lugol solüsyonu ile fikse edilmiştir. Örnekler analiz aşamasına kadar karanlık ortamda saklanmıştır. Örneklerin analizi Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi'nde bulunan Leica DMI 6000 Epifloresan mikroskobu ve Plymouth Marine Laboratory (İngiltere) bünyesinde bulunan FlowCAM ile 100–400x büyütmede gerçekleştirilmiştir. Diatom tür teşhisleri Hasle ve Syversten (1997), dinoflagellat tür teşhisleri Steidinger ve Tangen (1996)'e göre yapılmıştır. FlowCAM yazılımın hesapladığı hücre hacimleri (µm³) aşağıdaki konversiyon faktörleri kullanılarak her bir grup için karbon biyomasları hesaplanmıştır; Diatomlar için pg C cell⁻¹= 0.288 x hacim^{0.811}; dinoflagellatlar için pg C cell⁻¹=0.760 x hacim^{0.819} (Menden-Deuer and Lessard, 2000).

2.3. Yüzey Altı Klorofil Maksimum Derinliğinin Belirlenmesi

Yüzey altı klorofil maksimum derinliğinin belirlenmesinde yerinde floresan ölçümlerine dayalı klorofil-*a* kullanılmıştır. Yerinde floresan değerleri 7.5.2015, 21.10.2015 ve 18.02.2016 tarihlerde seçili derinliklerden alınan örneklerin HPLC yöntemi (Mantaura ve Llyewellyn, 1983) ile analiz edilmesi ile elde edilen klorofil-*a* değerleri ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Klorofil-*a* vertikal profilleri her bir örnekleme tarihi için incelenerek, klorofil değerlerinin maksimum değerlere ulaştığı derinlikler belirlenmiştir. Bu tabakanın kalınlığı su kolonunda klorofil-*a* 'nın >1 µg l⁻¹ olduğu derinliklerin toplamı olarak hesaplanmıştır.

2.4. İstatistiksel Analizler

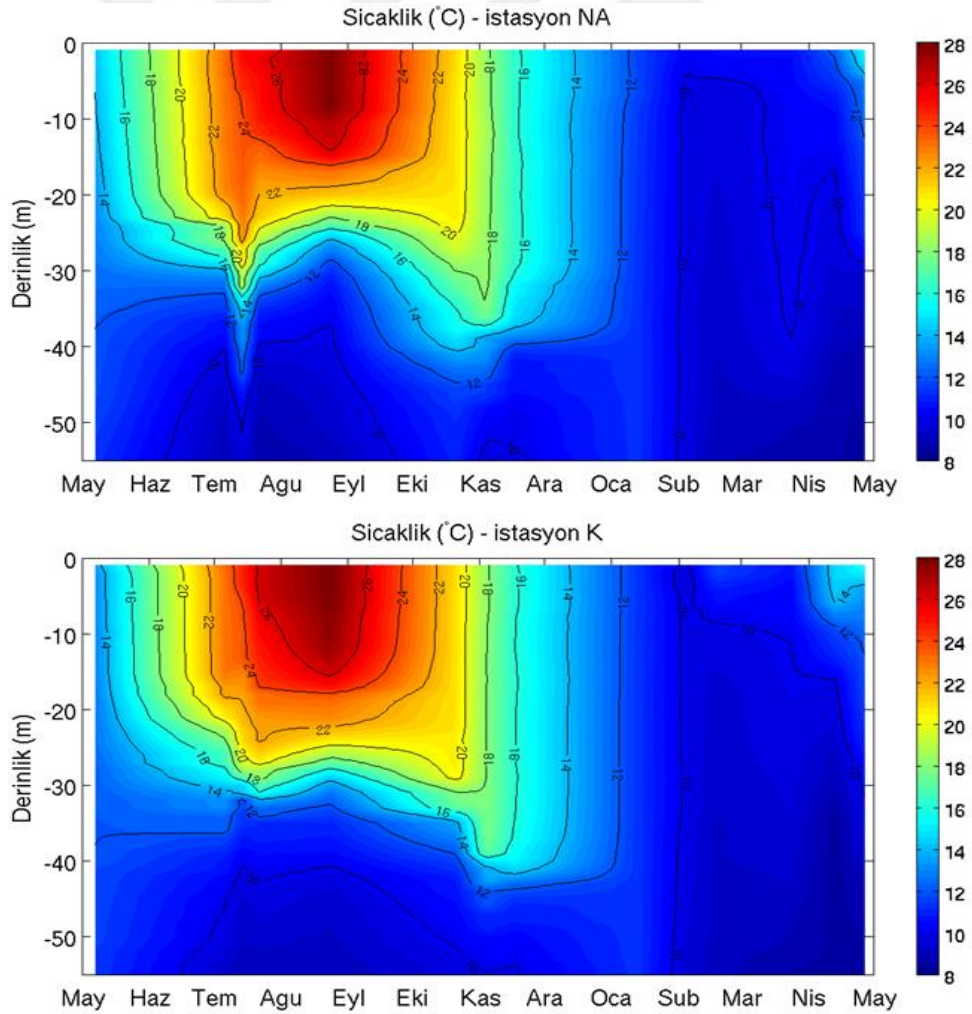
İstatistiksel analizlere başlamadan önce verilere logaritmik dönüşüm yapılarak normal dağılım gösterip göstermedikleri test edilmiştir. Biyolojik ve fiziko-kimyasal veriler arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesi için parametrik olmayan Spearman Rank-Order korelasyonu gerçekleştirilmiştir. İstasyonlar arasında biyolojik ve fiziko-kimyasal veriler bakımında farklılıkların olup olmadığı t-test ile p<0,05 güven aralığında test edilmiştir (Sigma Plot). Yüzey ve Yüzeyaltı klorofil maksimum tabakası fitoplankton kompozisyonu bakımından farklılık olmadığını test etmek amacı ile Primer 6,0 ile Bray-Curtis benzerlik ve çoklu küme analizi gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Hidrografi

3.1.1. Sıcaklık

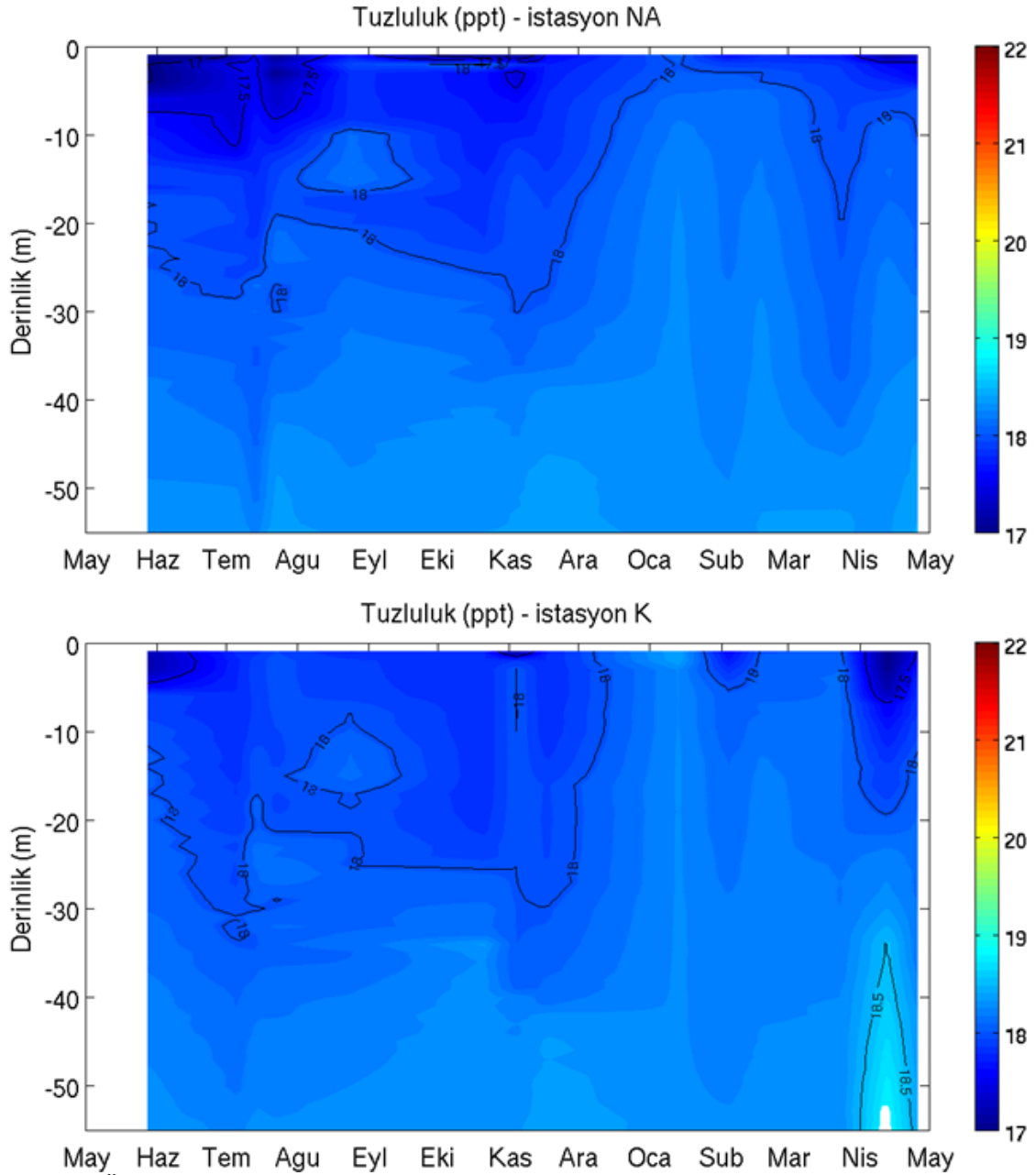
Örnekleme istasyonlarına ait sıcaklık profilleri Şekil 2’de verilmiştir. Genel olarak çalışma bölgesinde en düşük deniz suyu yüzey sıcaklığı (9,8°C) Şubat ve en yüksek deniz suyu yüzey sıcaklığı (28,1°C) Ağustos ayında kaydedilmiştir. Mevsimsel termoklin Mayıs ayında oluşmaya başlamış ve Ağustos ayında en belirgin halini almıştır. Kasım ayında ise termoklinin varlığı devam etmekle beraber, Aralık ayında belirginliğini yitirdiği görülmektedir. Ocak sonu, Şubat ve Mart aylarında dikey karışım gözlenmiştir.



Şekil 2. Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: Kıyı) ait sıcaklık profilleri.

3.1.2. Tuzluluk

Derinlerde tuzlu su ve yüzeyde ise tatlı su girdisiyle oluşan az tuzlu suyla ayırt edici olarak Karadeniz kendine has bir tabakalaşma yapısı göstermektedir. Yüzeyde 17-18 ppt arasında değişen tuzluluk değerleri, derinliğe bağlı artış göstermiştir (Şekil 3). Özellikle yaz aylarında kar sularının erime ve yağışlarla birlikte artan nhir deşarjının etkisi kendisini yüzey sularında düşen tuzluluk değerleri ile göstermiştir.

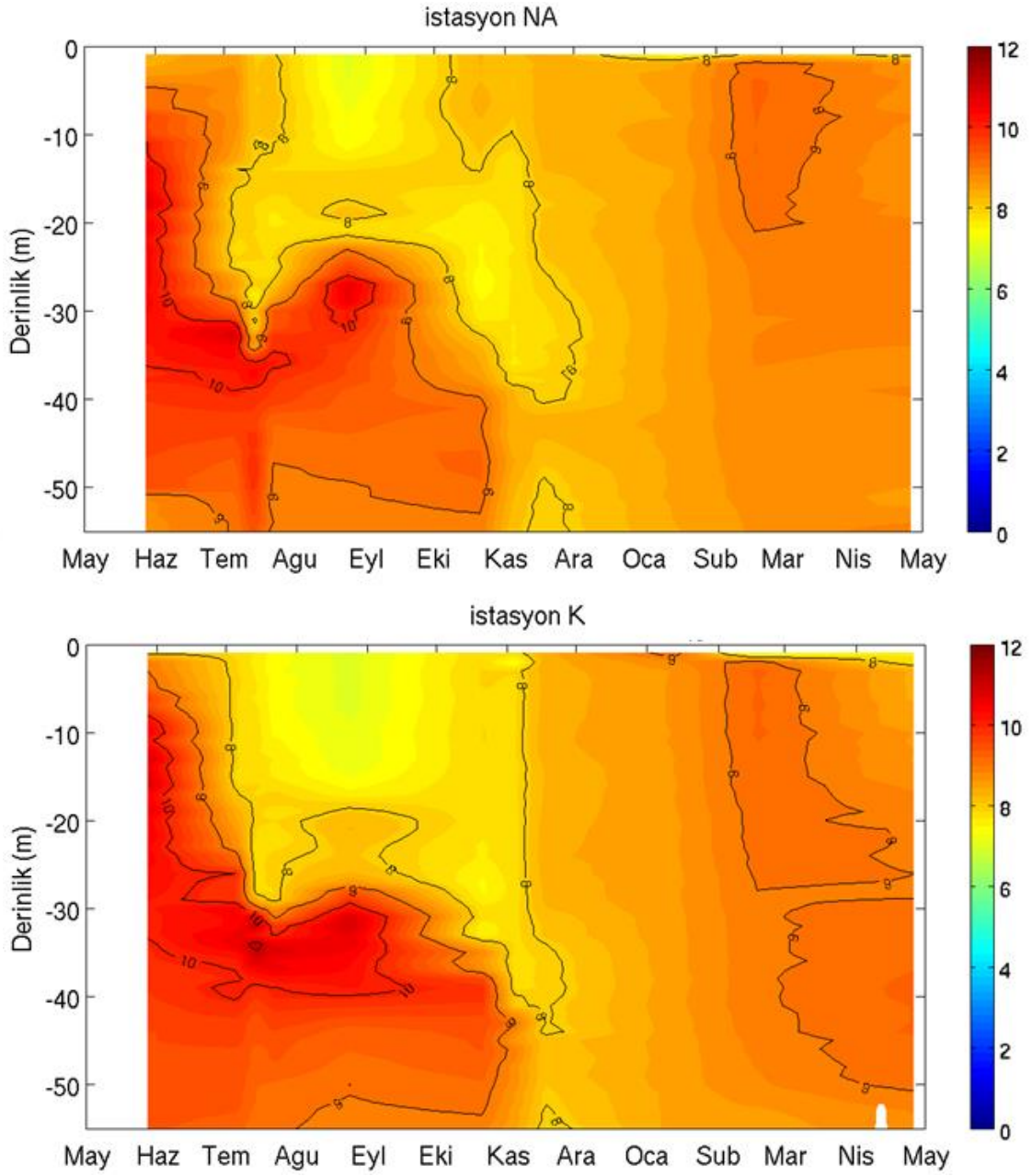


Şekil 3. Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: Kıyı) ait tuzluluk profilleri.

3.1.3. Çözünmüş Oksijen

Örnekleme istasyonlarında Karadeniz'in genel yapısına uygun çözünmüş oksijen (ÇO) gözlenmiştir (Şekil 4). Yaz aylarında öfotik bölge içindeki biyolojik aktivite ve artan su sıcaklığına bağlı olarak yüzeyde düşük ÇO değerleri ölçülürken öfotik bölge altında çözünmüş oksijence zengin sular düşüş gözlenmiştir. Kış aylarında ise dikey karışımın etkisi ile birlikte ÇO su kolonunda daha homojen bir yapı sergilemiştir.

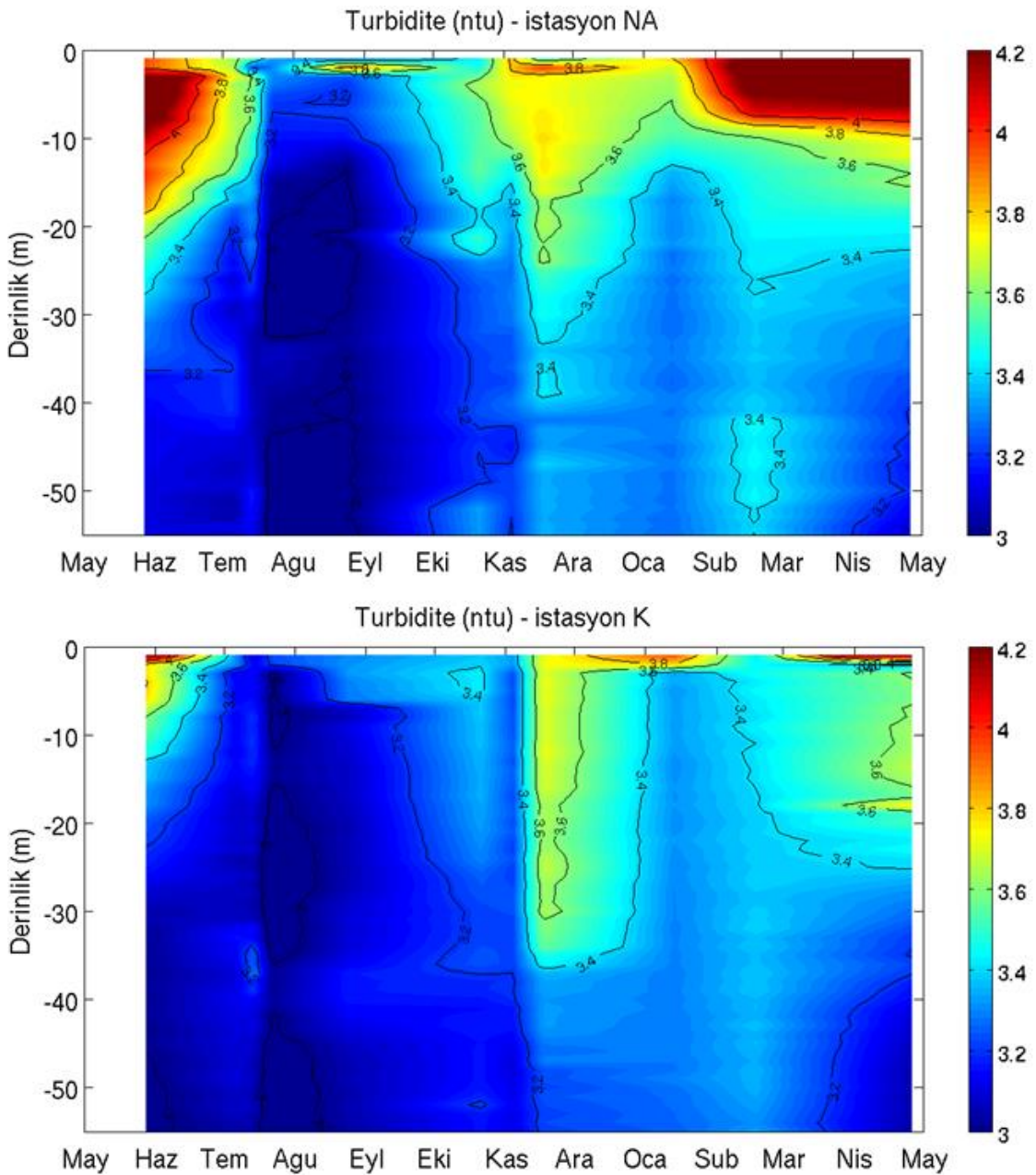
120 m'lik dip derinliğine sahip nehir ağzı istasyonunda ilk 50 m'lik su kolonunda ÇO konsantrasyonu örnekleme periyodu boyunca en düşük Ağustos ve en yüksek Mayıs aylarında olmak üzere 7,08-10,89 mg l⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Kıyı istasyonunda çözünmüş oksijen konsantrasyonu örnekleme periyodu boyunca en düşük Ağustos ve en yüksek Temmuz aylarında olmak üzere 7,05-11,22 mg l⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Yaz aylarında ÇO konsantrasyonu derinliğe bağlı olarak artmıştır, yüzeyde 7,05 mg l⁻¹ de iken derinlere inildikçe 11,22 mg l⁻¹ olarak ölçülmüştür.



Şekil 4. Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: Kıyı) ait çözünmüş oksijen (mg l^{-1}) profilleri.

3.1.4. Turbidite

Örnekleme istasyonlarında turbidite değerleri benzer yapı sergilemekle beraber, Ocak 2016- Nisan 2016 dönemi süresince en yüksek değerler nehir deşarjı etkisi altında olan nehir ağzı istasyonunda ilk 10-15 m'lik su kolonunda kaydedilmiştir (Şekil 5). Örnekleme istasyonlarında Mayıs-Haziran aylarında ölçülen yüksek değerlerin ve Ekim ayını takiben yüzey sularında artmaya başlayan turbidite değerlerinin yağışlarla beraber artan nehir deşarjından kaynaklandığı düşünülmektedir.

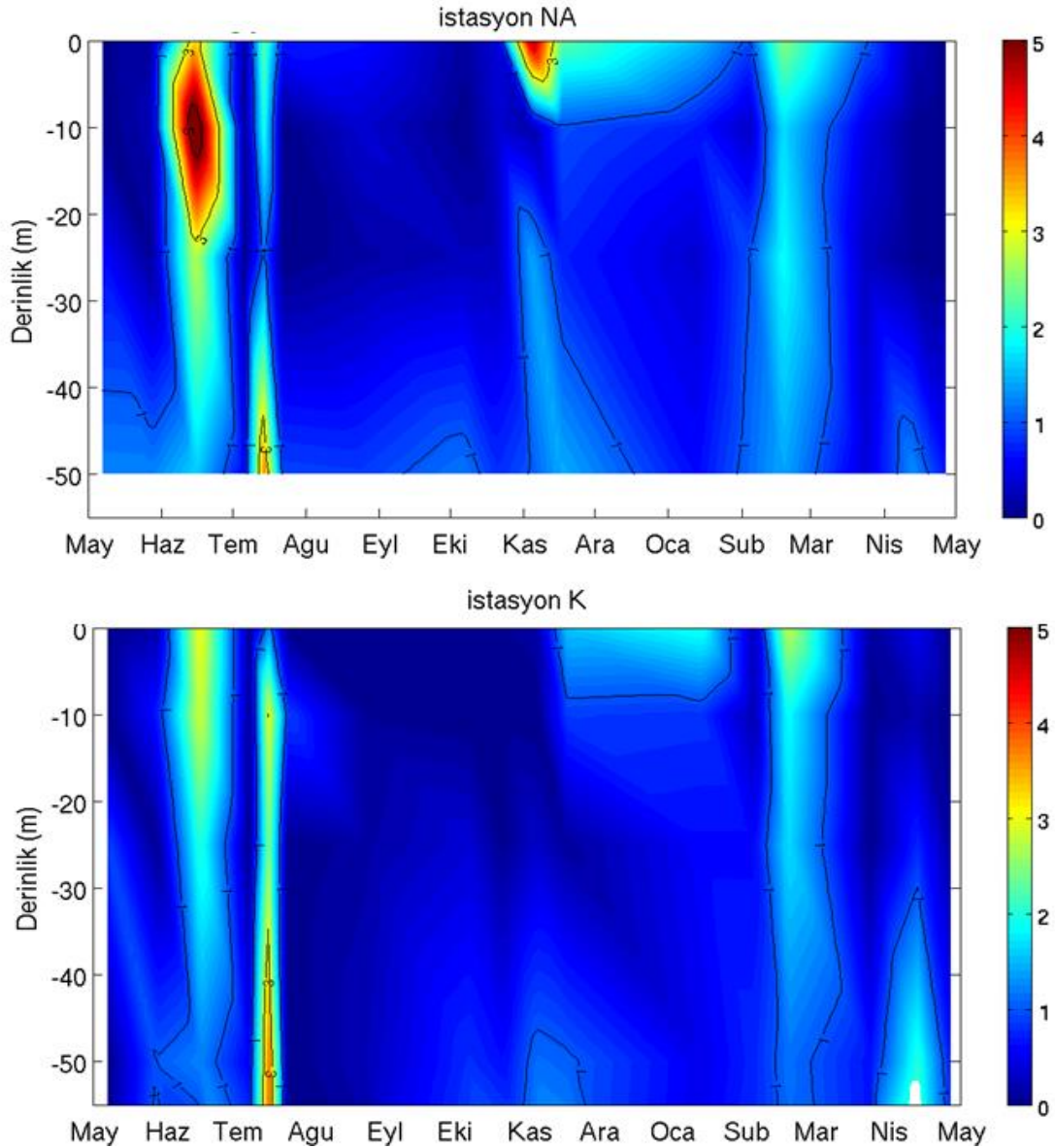


Şekil 5. Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: Kıyı) ait turbidite profilleri.

3.1.5. Besin Elementleri

3.1.5.1. Nitrit+Nitrat

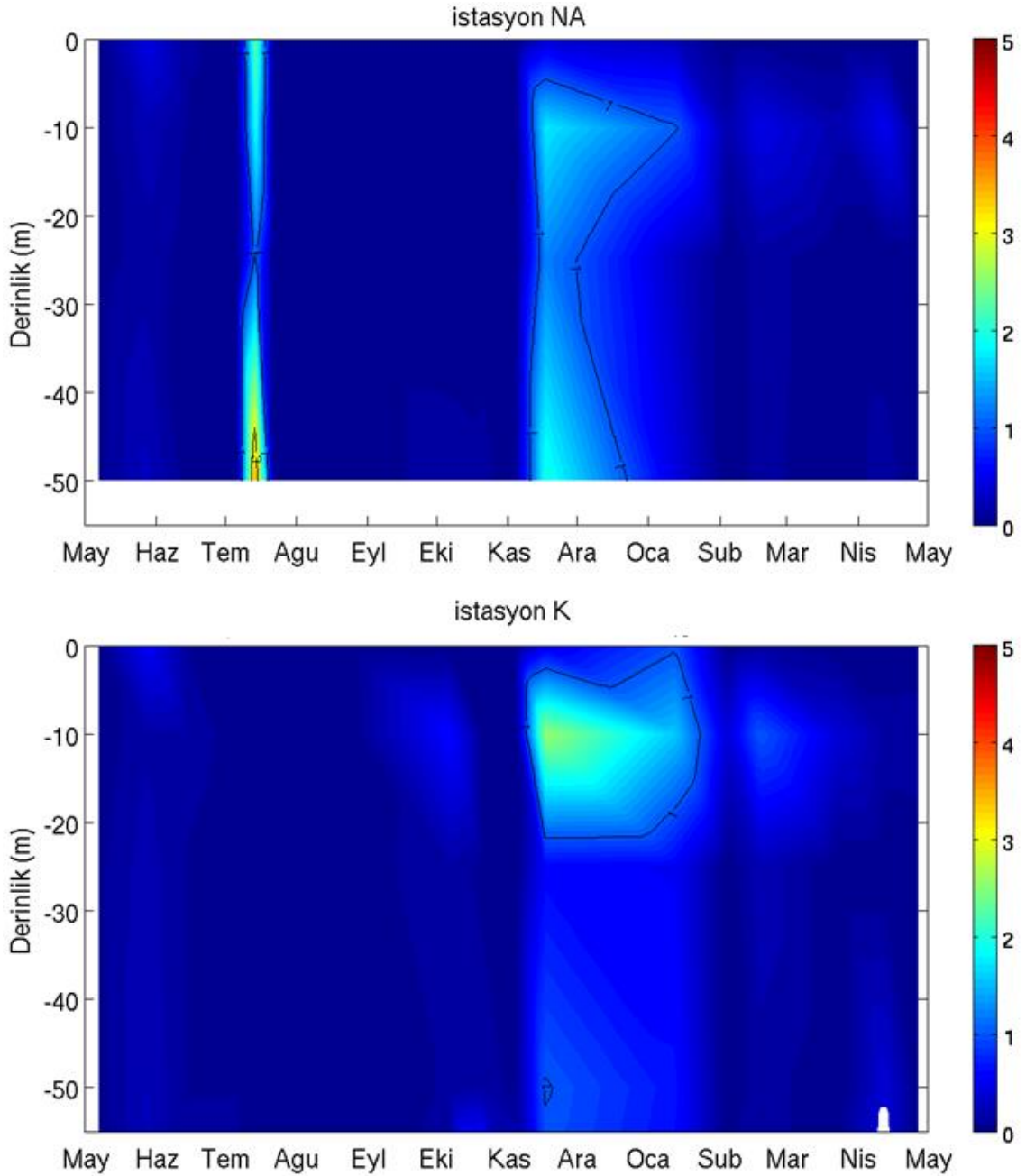
Örnekleme bölgesinde öfotik bölge NO_{2+3} ortalaması değerlendirildiğinde belirgin bölgesel ve mevsimsel değişimlerin olduğu gözlenmiştir. Örnekleme istasyonlarında öfotik bölge içerisinde yıl boyunca NO_{2+3} değerleri $<5 \mu\text{M}$ altında bulunmuştur. Nehir ağzı istasyonunda kısmen yüksek NO_{2+3} değerleri gözlenmiş ve 0,01 (Nisan 2016)-4,01 μM (Haziran 2015) arasında değişmiştir. Kıyı istasyonunda ise NO_{2+3} değerlerinin öfotik bölge ortalaması 0,04- 2,69 μM arasında değişim göstermiştir. (Şekil 6).



Şekil 6. Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: Kıyı) ait nitrit+nitrat (μM) profilleri.

3.1.5.2. Fosfat

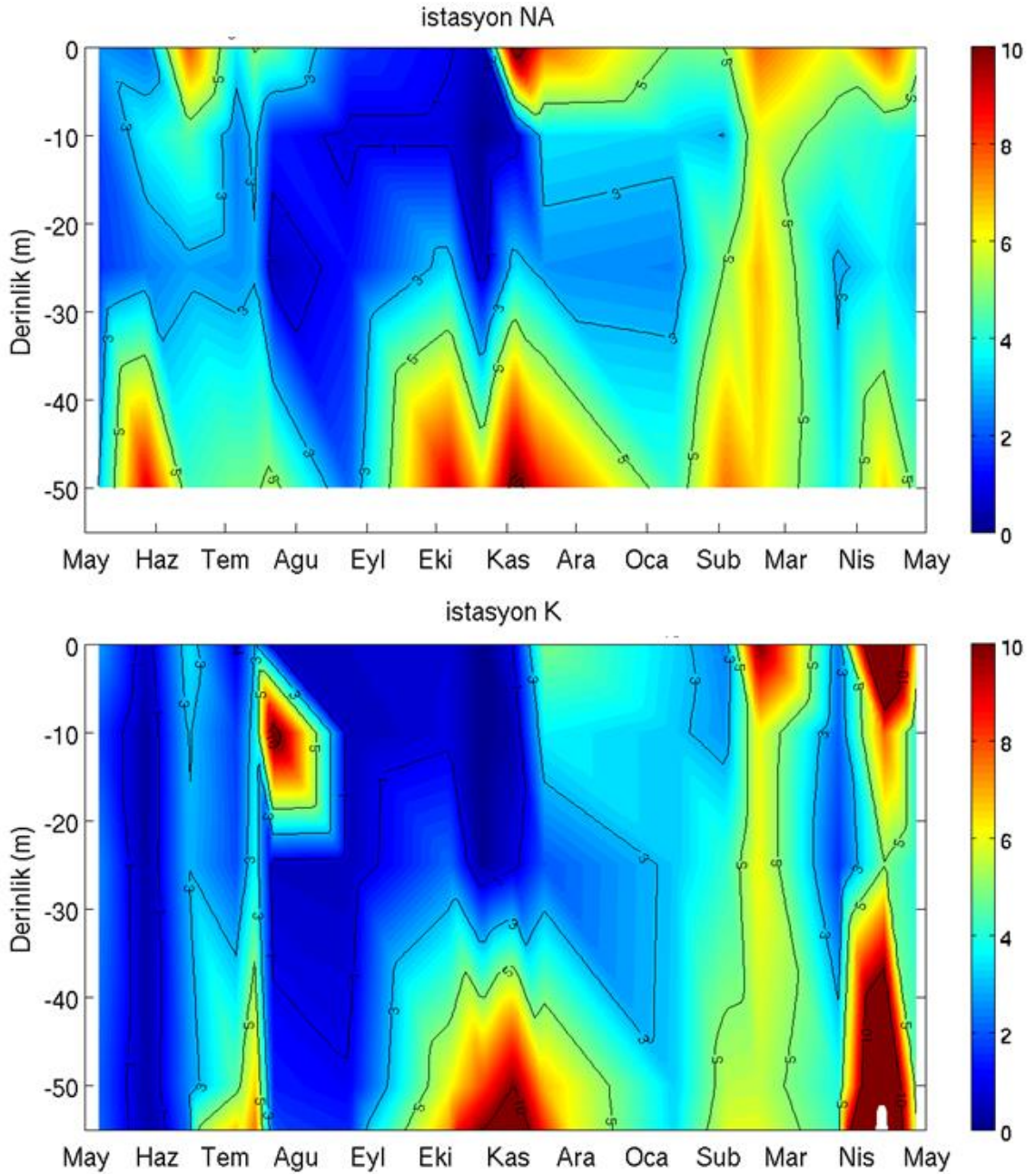
Öfotik bölge fosfat konsantrasyonu nehir ağzında 0,001-1,76 μM ve kıyı istasyonunda 0,001-1,20 μM arasında değişim göstermiştir. Özellikle Mayıs- Ağustos 2015 arasında yapılan haftalık/iki haftalık periyotta ölçümler bölgede besin elementi dinamiğinin ne denli değişken olduğunu ortaya koymaktadır. Fosfat profilleri kıyıdan açığa doğru gidildikçe farklılıklar sergilemiştir. (Şekil 7).



Şekil 7. Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: Kıyı) ait fosfat (μM) profilleri.

3.1.5.3. Silikat

Silikat örnekleme bölgesinde Karadeniz'in besin elementi dinamiğine uygun olarak derinliğe bağlı artış sergilemiştir. Öfotik bölge silikat konsantrasyonu nehir ağzında $0,27\text{--}6,87\ \mu\text{M}$, kıyı istasyonunda $0,30\text{--}7,53\ \mu\text{M}$ ve açık sularda $0,52\text{--}5,94\ \mu\text{M}$ arasında değişim göstermiştir. Öfotik bölge içerisindeki en yüksek değerler tüm istasyonlarda dikey karışımların süregeldiği Şubat ayında belirlenmiştir (Şekil 8).

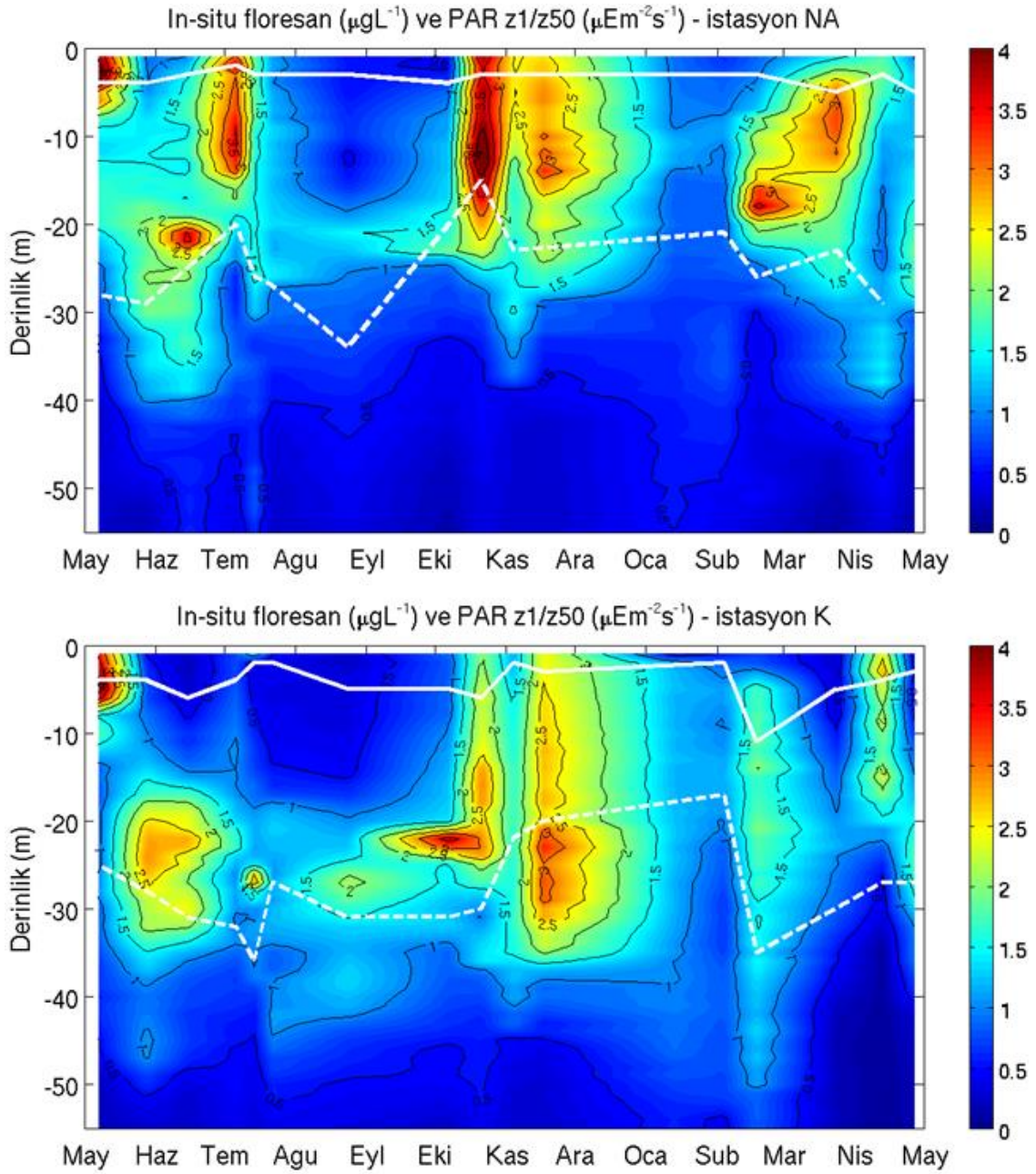


Şekil 8. Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: Kıyı) ait silikat (μM) profilleri.

3.1.5.4. Fotosentetik Aktif Radyasyon

Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR) derinliği yzeyeğeki gnez radyasyonunun %1'e dztuğu nokta olarak tanımlanmaktadır. Bir diğer deyişle kullanılabilir aktif gnez radyasyonunun yzeyden itibaren ışığın %1'lik değere dztuğu derinliğe kadar olan bølge "ışıklı bølge" ya da "ofotik bølge" olarak adlandırılmaktadır. Çalışma suresince nehir ağzı istasyonunda ofotik bølge derinliği 15-36 m arasında, kıyı istasyonunda ise 21-36 m arasında değişmiştir. Örnekleme istasyonlarında ofotik bølge derinliği Kasım-şubat periyodunda yzeye yaklaşmıştır. Yaz aylarında nehir ağzı ve kıyı istasyonunda, eriyen kar sularıyla birlikte kıyısal deşarj etkisinin ve birincil üretim artmasıyla birlikte ışık emiliminin daha hızlı olduğu gnrlmektedir. İstasyonlarda gerçekleştirilen fotosentetik aktif radyasyon (PAR) olmlerine göre, %50 ışık derinliği ise nehir ağzında 2-5 m ve kıyı istasyonunda 2-10 m arasında gözlenmiştir (şekil 9).





Şekil 9. Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: Kıyı) ait Fotosentetik Aktif Radyasyon derinlikleri (düz beyaz çizgi %50 ışık derinliği, kesik beyaz çizgi % 1ışık derinliği) ve klorofil-*a* profilleri.

3.2. Klorofil-a

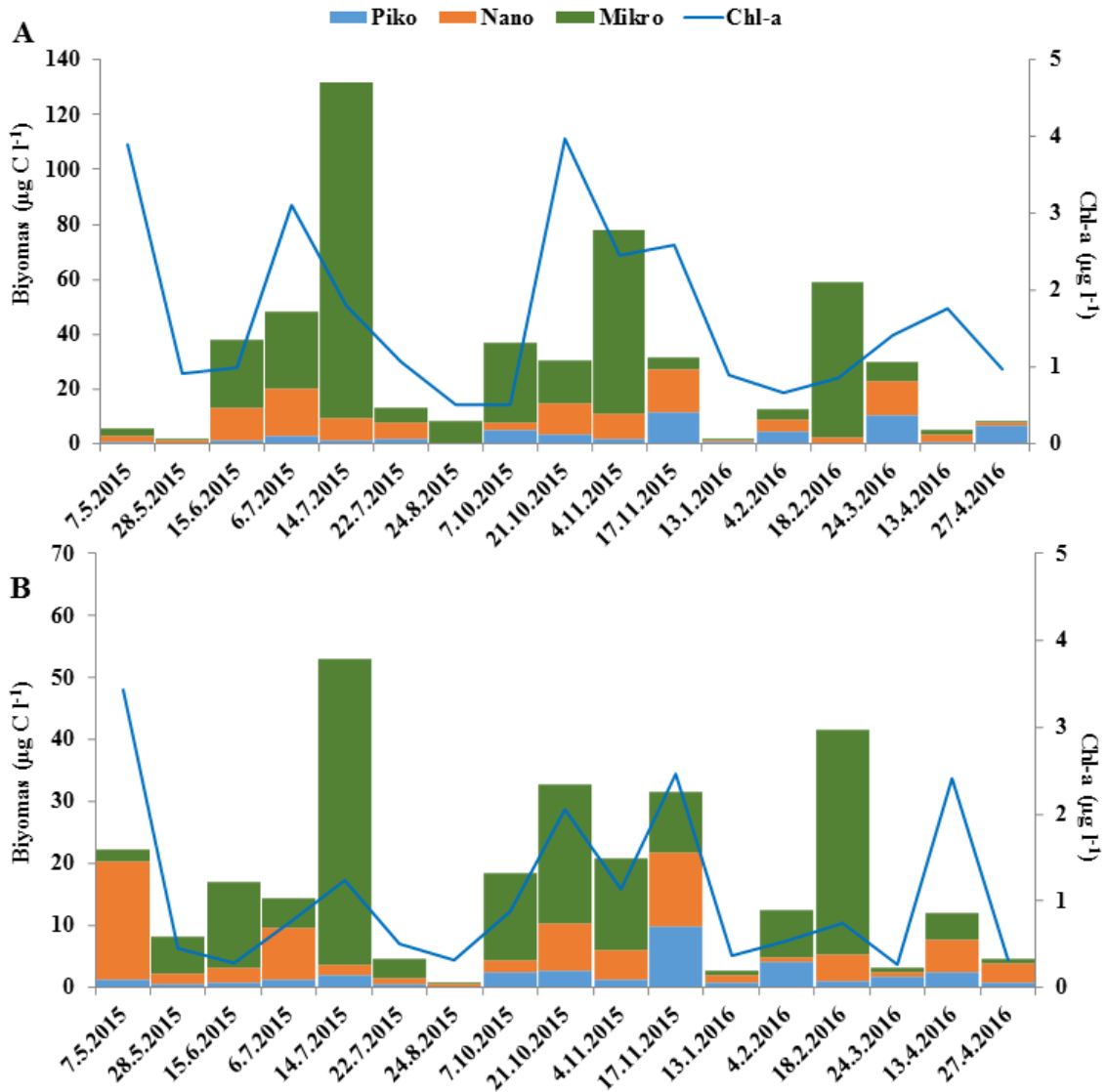
Yerinde floresan değerleri ile HPLC yöntemi ile elde edilen klorofil-a değerleri önemli şekilde korelasyon göstererek ($R^2=0,93$, $p < 0,01$), YKMT’de ölçülen floresan değerlerinin planktonik orijinli olduğu doğrulanmıştır. Örnekleme istasyonlarında yüzey sularında öfotik bölge klorofil-a değerleri yıl içerisinde bölgesel ve mevsimsel değişimler sergilemiştir. Örnekleme istasyonlarında en yüksek klorofil-a değerlerine yüzey altı derinliklerde, genellikle öfotik bölge alt sınırında (PAR %1) rastlanılmıştır (Şekil 9). Nehir ağzı istasyonu örnekleme süresince en yüksek klorofil-a değerlerini sergilerken, klorofil-a değerleri kıyıda açığa doğru azalma eğilimi göstermiştir. Nehir ağzında, yüzeyde klorofil-a değerleri 0,50 (Ağustos, Ekim)–3,96 (Ekim) $\mu\text{g l}^{-1}$, kıyı sularında ise yüzeyde klorofil-a değerleri 0,27 (Mart, Haziran)–3,43 (Mayıs) $\mu\text{g l}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. Öfotik bölge içerisinde ortalama klorofil-a değerleri nehir ağzı istasyonunda 0,78 (Ağustos)–4,05 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Ekim), kıyı istasyonunda 0,70 (Mart)–2,64 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Kasım) arasında değişim göstermiştir. Örnekleme istasyonları arasında klorofil-a’nın yüzey dağılımı bakımından istatistiksel önemli farklılık bulunmuştur (t-test, $p < 0.05$).

3.3. Fitoplankton Bolluk ve Biyomasi

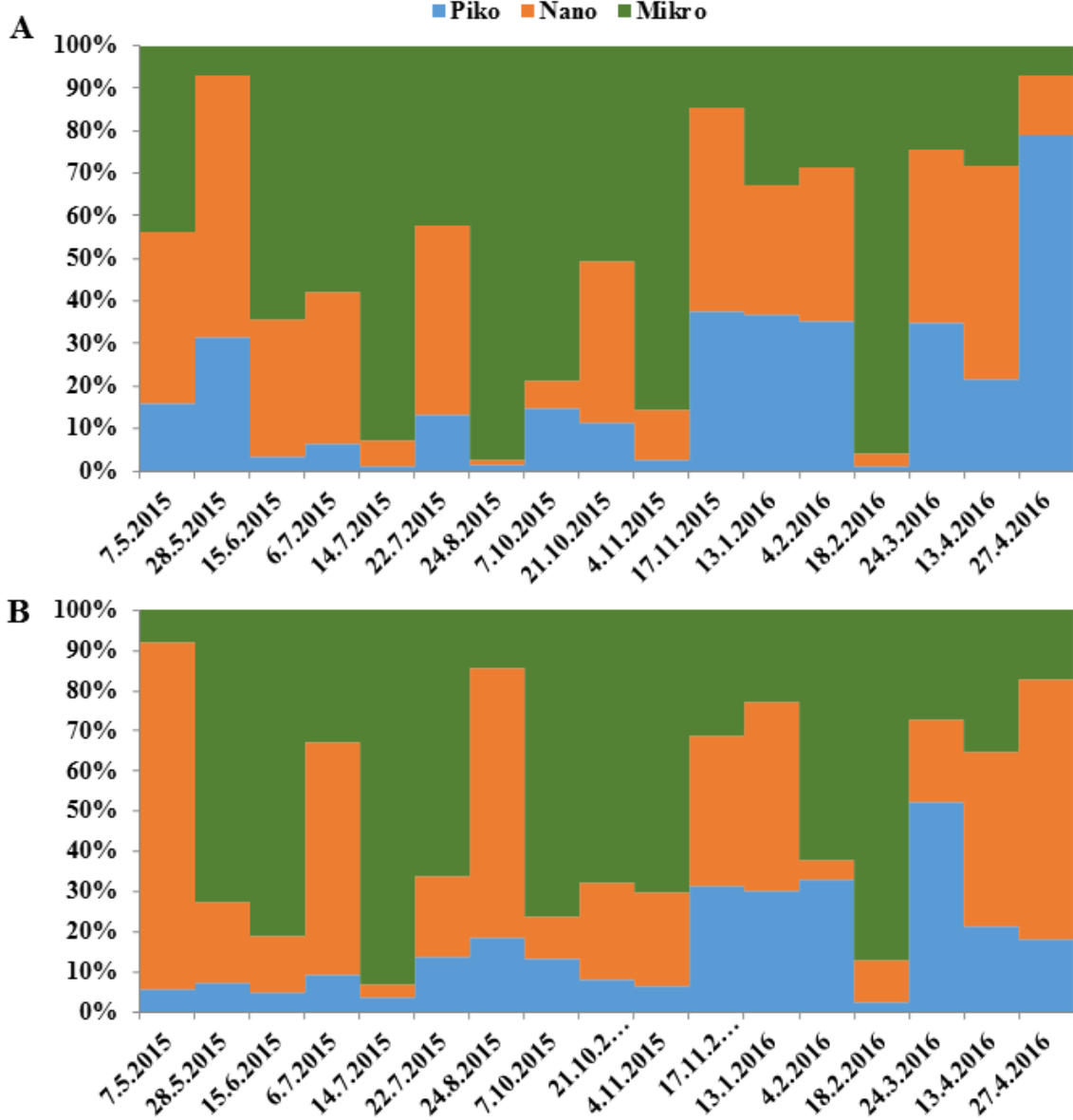
Güneydoğu Karadeniz’de yürütölen bu çalışmada fitoplankton boy gruplarına (piko-, nano- ve mikro) ayrılarak değerlendirilmiştir. Pikofitoplankton çalışma süresince bölgede *Synechococcus* spp. ve pikoökaryotlar, nanofitoplankton ise çoğunluğunu klorofitlerin oluşturduğu ototrofik nanoflagellatlar ve kokolitoforlar tarafından temsil edilmiştir. Çalışma süresince ilk 50 m’lik sulonunda mikrofitoplankton diatomlar ve ototrofik dinoflagellatlar tarafından oluşturulan toplam 201 mikrofitoplankton türü tarafından temsil edilmiştir.

Nehir ağzı yüzey sularında çalışma süresince pikoplankton bolluğu $1,13 \times 10^6$ - $1,01 \times 10^8$ hücre. l^{-1} , nanoplankton $3,14 \times 10^4$ – $5,46 \times 10^6$ hücre. l^{-1} , mikrofitoplankton ise $4,35 \times 10^2$ – $3,21 \times 10^5$ hücre. l^{-1} arasında değişmiştir. Kıyı istasyonunda yüzey sularında ise pikoplankton bolluğu $9,79 \times 10^5$ – $8,66 \times 10^7$ hücre. l^{-1} , nanoplankton $1,47 \times 10^5$ – $6,12 \times 10^6$ hücre. l^{-1} , mikrofitoplankton ise $2,8 \times 10^2$ – $6,95 \times 10^5$ hücre. l^{-1} arasında değişmiştir.

Mikrofitoplanktona ait en yüksek biyomas değerleri nehir ağzında tespit edilirken, açığa doğru gidildikçe bu biyomas değerleri azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 10). Nehir ağzında pikofitoplankton biyoması yüzey sularında 0,12–11,93 $\mu\text{g C l}^{-1}$, nanoplankton biyoması 0,10–17,15 $\mu\text{g C l}^{-1}$, mikrofitoplankton biyoması ise 0,1–122,2 $\mu\text{g C l}^{-1}$ arasında değişmiştir. Kıyı istasyonunda ise pikofitoplankton biyoması yüzey sularında 0,6–9,87 $\mu\text{g C l}^{-1}$, nanoplankton biyoması 0,46–19,20 $\mu\text{g C l}^{-1}$, mikofitoplankton biyoması ise 0,1–49,4 $\mu\text{g C l}^{-1}$ arasında değişmiştir.



Şekil 10. Örnekleme istasyonları (A: Nehir ağzı, B: Kıyı) yüzey sularında fitoplankton boy gruplarının karbon biyomasları ($\mu\text{g C l}^{-1}$) ve klorofil-*a*.



Şekil 11. Örneklem istasyonları (A: Nehir ağzı, B: Kıyı) yüzey sularında fitoplankton boy gruplarının toplam fitoplankton biyomasına katılımı (%).

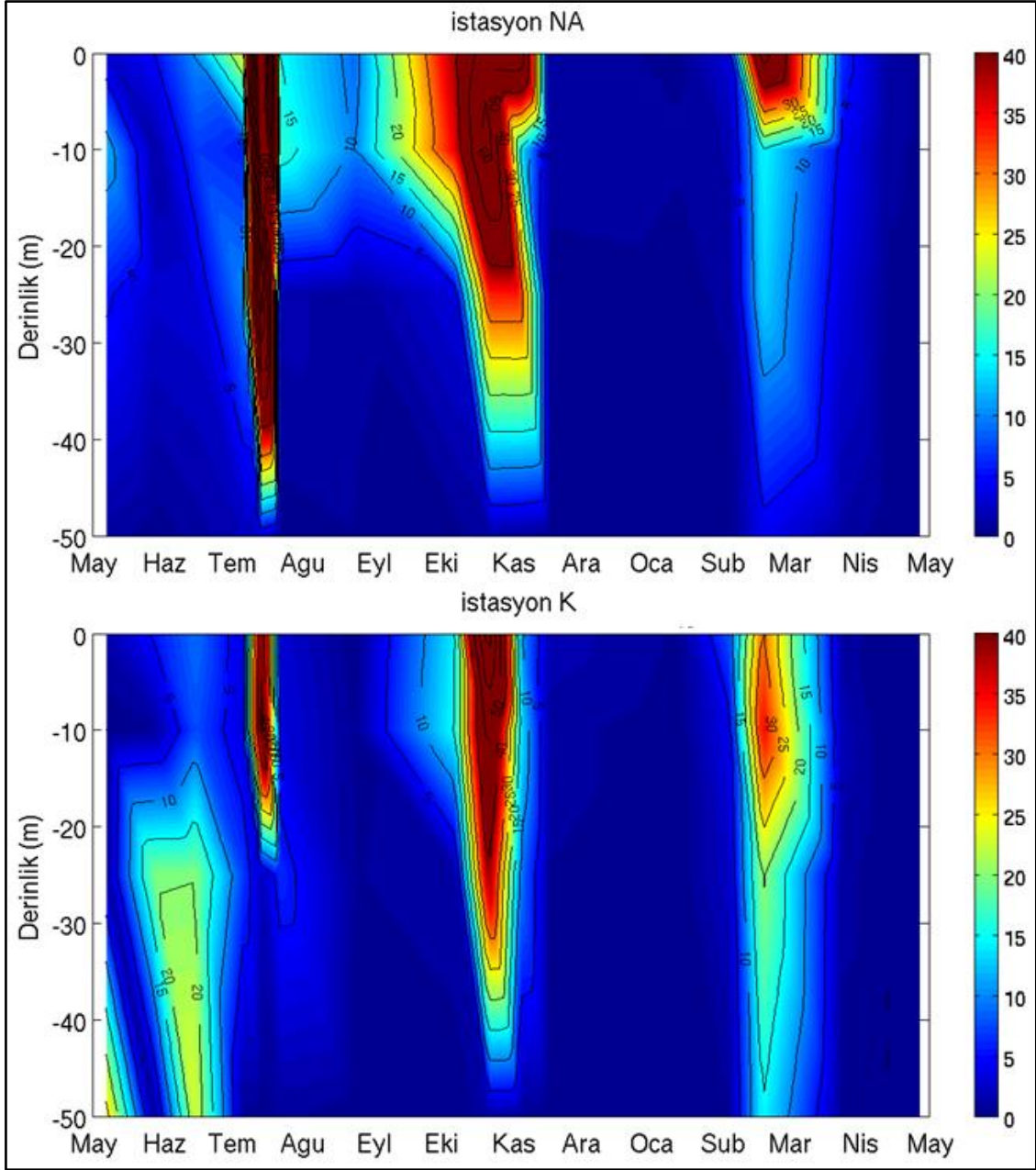
Nehir ağzı yüzey sularında fitoplankton karbon biyomasının klorofil-*a*'ya oranı (C:Chl-*a*) 1-73, kıyıda ise 2-56 arasında değişim göstermiştir. Örneklem istasyonları yüzey sularında fitoplankton biyoması ile klorofil-*a* arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmamıştır ($p < 0,05$).

Yüzey sularında fitoplankton boy gruplarının toplam biyomasa katılımı örneklem tarihleri arasında farklılıklar sergilemiştir (Şekli 11). Çalışma süresince toplam biyomasa en yüksek katılımı nehir ağzında mikrofitoroplankton (50 ± 31) yaparken, onu nanofitoroplankton (29 ± 19) ve pikofitoroplankton (21 ± 20) takip etmiştir (Şekil 15).

Kıyı istasyonunda da benzer şekilde mikrofitoplankton (%51±28) baskın grup olurken, onu nanofitoplankton (%33±25) ve pikofitoplankton (%16±14) izlemiştir (Şekil 15). Örnekleme istasyonları arasında yüzey fitoplankton biyoması bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır (t-test, $p<0,05$). Yüzey sularında fitoplankton boy gruplarının biyomaları ve toplam fitoplankton biyoması ile nutrient konsantrasyonları arasında da istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmamıştır ($p<0,05$).

Fitoplankton gruplarının öfotik bölge içindeki dağılımı değerlendirildiğinde Nehir ağzı istasyonunda pikoplankton bolluğu $2,07 \times 10^6 - 7,85 \times 10^7$ hücre. l^{-1} , nanoplankton $4,2 \times 10^4 - 3,8 \times 10^6$ hücre. l^{-1} , mikrofitoplankton ise $2,7 \times 10^2 - 2,4 \times 10^5$ hücre. l^{-1} arasında değişmiştir. Kıyı istasyonunda ise pikoplankton bolluğu $5,08 \times 10^6 - 9,76 \times 10^7$ hücre. l^{-1} , nanoplankton $1,72 \times 10^5 - 4,91 \times 10^6$ hücre. l^{-1} , mikrofitoplankton ise $2,2 \times 10^2 - 5,8 \times 10^5$ hücre. l^{-1} arasında değişmiştir. Mikrofitoplanktona ait en yüksek biyomas değerleri nehir ağzında tespit edilirken, açığa doğru gidildikçe bu biyomas değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Nehir ağzında pikofitoplankton biyoması öfotik bölge içinde $0,26 - 9,20 \mu g C l^{-1}$, nanoplankton biyoması $0,13 - 12,33 \mu g C l^{-1}$, mikrofitoplankton biyoması ise $0,5 - 107,1 \mu g C l^{-1}$ arasında değişmiştir. Kıyı istasyonunda ise pikofitoplankton biyoması $0,37 - 5,08 \mu g C l^{-1}$, nanoplankton biyoması $0,54 - 15,4 \mu g C l^{-1}$, mikrofitoplankton biyoması ise $0,1 - 56,4 \mu g C l^{-1}$ arasında değişmiştir.

Genel olarak, fitoplanktonun nehir ağzı ve kıyı istasyonları sularında üç belirgin biyomas artışı gözlenmiştir (Şekil 12). Fitoplankton biyoması nehir ağzından açığa doğru azalma eğilimi sergilemiştir. Tüm biyomas artışlarında sentrik diatomlar domine ettiği mikro boyutlu fitoplankton baskın grup olmuştur.



Şekil 12. Örnekleme istasyonlarına (NA: Nehir ağzı, K: Kıyı) ait fitoplankton biyoması ($\mu\text{g C l}^{-1}$) profilleri.

3.4. Yüzey Altı Klorofil Maksimum Tabakası (YKMT)

Klorofil-*a* maksimum değerleri çalışma süresince daima yüzeyaltı derinliklerde okunmuştur. Güneydoğu Karadeniz’de termal tabakalaşma döneminde YKMT belirgin şekilde gözlenmiştir (Şekil 9, 13, 14). Nehir ağzı istasyonunda yüzey altı klorofil maksimum tabakasında klorofil-*a* değerleri 1,13 (Şubat)–4,70 (Ekim) $\mu\text{g l}^{-1}$ arasında değişmiştir (Tablo 2). Nehir ağzında yüzey altı klorofil maksimum değerleri 3–26 m

arasında tespit edilmiş ve genişliği ise 3-38 m arasında değişim göstermiştir. Çalışma süresince yüzey sularında klorofil-*a* konsantrasyonunda üç belirgin artış (Mayıs başı, Temmuz başı ve Ekim sonu) söz konusu olmuştur. Bu tarihlerde yüzey YKMT'nin yüzeye yakın olduğu tespit edilmiştir. Nehir ağzında yaz, sonbahar 2015 ve ilbahar 2016 dönemlerine ait temsili grafikler Şekil 13'de sunulmuştur. Mayıs sonunda gerçekleştirilen örneklemede 20 ve 26 m'de iki adet klorofil-*a* maksimumu gözlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Örnekleme süresince nehir ağzı istasyonunda yüzeyde klorofil-*a* (Chl-*a*) ($\mu\text{g l}^{-1}$), Yüzey altı klorofil maksimum tabakasında (YKMT) klorofil-*a* ($\mu\text{g l}^{-1}$), Yüzey altı klorofil maksimum tabakasının derinliği ve genişliği (m), Öftotik bölge içinde ortalama klorofil-*a* ($\mu\text{g l}^{-1}$) ve öftotik bölge derinliği (m).

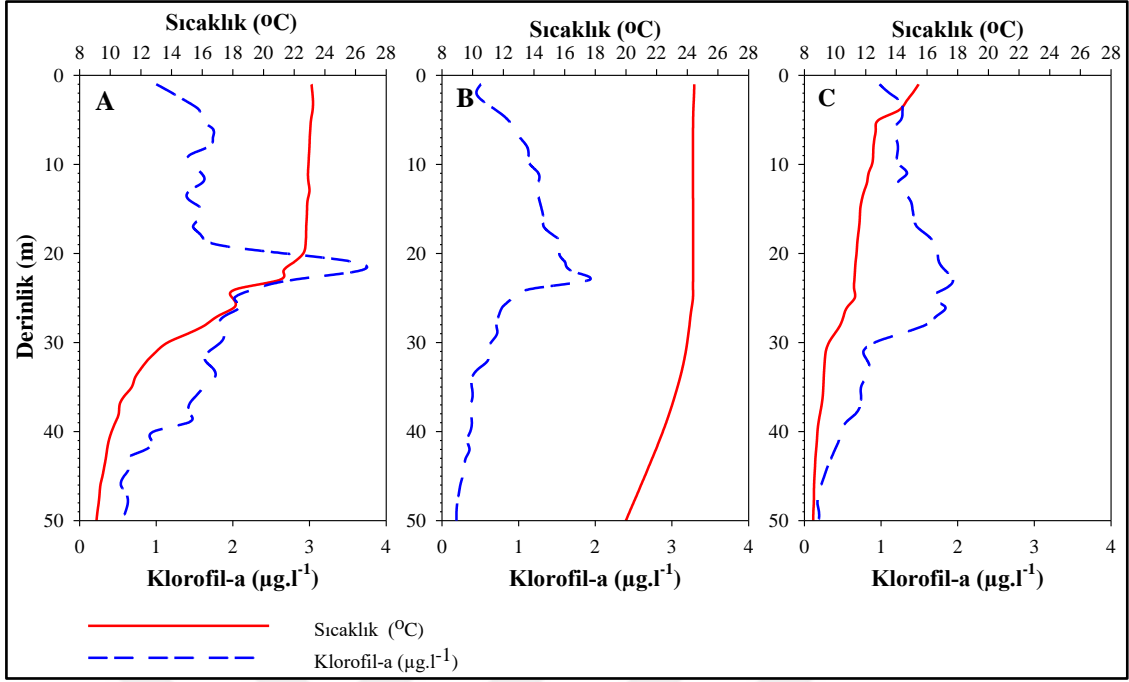
Tarih	YÜZEY		YKMT		ÖFOTİK BÖLGE	
	Klorofil- <i>a</i>	Klorofil- <i>a</i>	Derinlik	Genişlik	Klorofil- <i>a</i>	Derinlik
07.05.2015	3,90	4,30	3	24	1,89	28
28.05.2015	0,91	2,06	20-26	36	1,56	29
15.06.2015	0,99	3,63	22	38	1,83	25
06.07.2015	3,10	3,70	3	24	2,87	20
14.07.2015	1,81	1,87	2	30	1,64	26
22.07.2015	1,07	1,41	26	27	1,21	27
24.08.2015	0,50	1,48	21	7	0,78	34
07.10.2015	0,50	1,91	23	18	1,10	20
21.10.2015	3,96	4,70	13	27	4,05	15
04.11.2015	2,45	2,48	3	36	1,99	23
17.11.2015	2,58	3,33	14	28	2,78	20
13.01.2016	0,89	1,20	11	4	0,93	24
04.02.2016	0,66	1,13	9	3	0,89	21
18.02.2016	0,85	3,69	18	21	1,88	25
24.03.2016	1,41	3,21	8	30	2,41	23
13.04.2016	1,76	1,91	3	15	1,21	28
27.04.2016	0,97	1,93	23	27	1,42	31

Çalışma süresince kıyı istasyonunda yüzey altı klorofil maksimum tabakasında klorofil-*a* değerleri 1,12 (Şubat)-4,17 (Mayıs) $\mu\text{g l}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. Kıyı istasyonunda yüzey altı klorofil maksimum değerleri 3-31 m arasında tespit edilmiş ve genişliği ise 6-48 m arasında değişim göstermiştir (Tablo 3). Kıyı istasyonunda yüzeyde

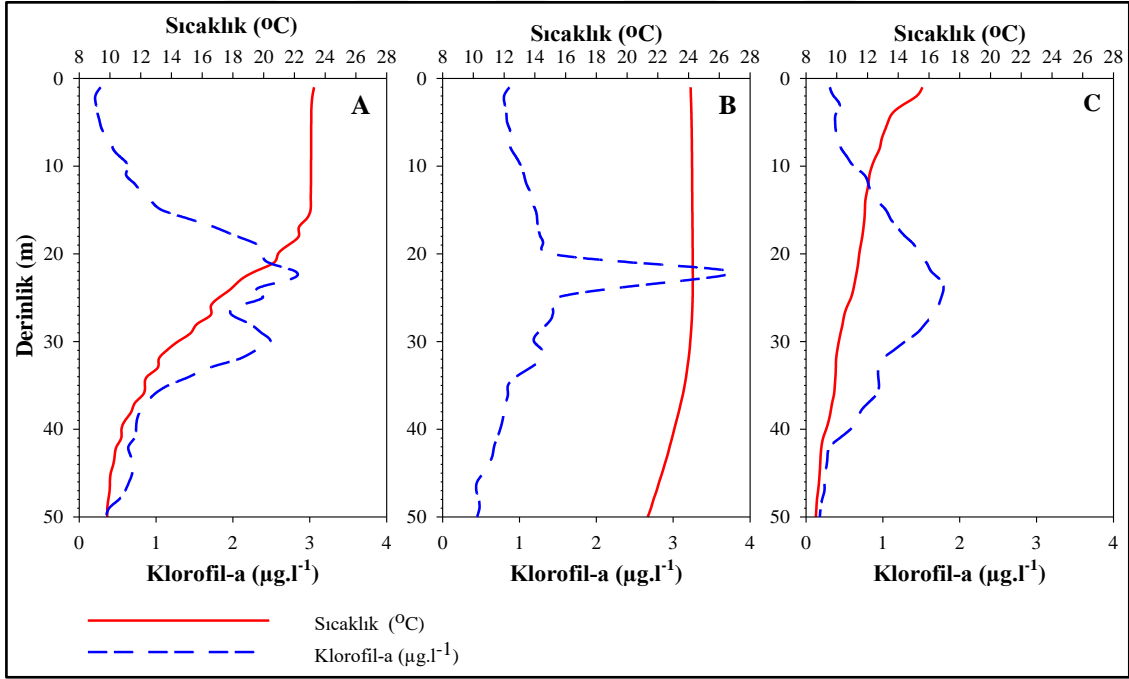
klorofil-*a* artışının görüldüğü tarihlerde (Mayıs başı, Ekim sonu, Kasım, Nisan ortası) YKMT'nin yüzeye yaklaştığı tespit edilmiştir. Kıyı istasyonunda yaz, sonbahar 2015 ve ilkbahar 2016 dönemlerine ait temsili grafikler Şekil 14'de sunulmuştur. Kasım başında gerçekleştirilen örneklemede 19 ve 31 m'de iki adet klorofil maksimumu gözlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Örnekleme süresince kıyı istasyonlarda yüzeyde klorofil-*a* (Chl-*a*) ($\mu\text{g l}^{-1}$), Yüzey altı klorofil maksimum tabakasında (YKMT) klorofil-*a* ($\mu\text{g l}^{-1}$), Yüzey altı klorofil maksimum tabakasının derinliği ve genişliği (m), Öfotik bölge içinde ortalama klorofil-*a* ($\mu\text{g l}^{-1}$) ve öfotik bölge derinliği (m).

Tarih	YÜZEY		YKMT		ÖFOTİK BÖLGE	
	Klorofil-a	Klorofil-a	Derinlik	Genişlik	Klorofil-a	Derinlik
07.05.2015	3,43	4,17	4	13	1,79	25
28.05.2015	0,44	2,93	25	29	1,64	28
15.06.2015	0,27	2,81	23	21	1,41	31
06.07.2015	0,73	1,65	24	24	1,05	33
14.07.2015	1,23	2,83	27	17	0,98	36
22.07.2015	0,49	1,29	21	27	0,72	27
24.08.2015	0,30	2,11	27	23	0,87	31
07.10.2015	0,87	3,74	23	24	1,35	31
21.10.2015	2,05	3,00	17	37	2,37	30
04.11.2015	1,13	1,65	19-31	40	1,48	22
17.11.2015	2,46	3,35	24	38	2,64	21
13.01.2016	0,36	1,25	21	37	1,17	30
04.02.2016	0,54	1,12	15	16	1,1	23
18.02.2016	0,74	2,00	14	48	1,64	35
24.03.2016	0,27	1,16	23	6	0,70	36
13.04.2016	2,40	2,77	3	22	1,72	27
27.04.2016	0,30	1,75	24	17	1	27



Şekil 13. Nehir ağzı istasyonunda klorofil-*a* ve sıcaklık profilleri (A: 15.06.2015; B: 07.10.2015, C: 27.04.2015).



Şekil 14. Kıyı istasyonunda klorofil-*a* ve sıcaklık profilleri (A: 15.06.2015; B: 07.10.2015, C: 27.04.2015).

Örnekleme istasyonlarında klorofil-*a* ile fiziko-kimyasal ve biyolojik parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman-Rank korelasyonu sonuçlarına göre (Tablo 4), nehir ağzı istasyonunda klorofil-*a* ile sıcaklık değişimi arasında istatistiksel açıdan önemli bir ilişki bulunmuşken ($R^2=0,49$, $p<0,05$), kıyı istasyonunda ise önemli bir ilişki bulunmamıştır. Kıyı istasyonunda klorofil-*a* ile Sigma-t arasında istatistiksel açıdan önemli bir ilişki bulunmuştur ($R^2=0,34$, $p<0,05$). Nehir ağzı ve kıyı istasyonlarında bulunan klorofil-*a* ile piko- ve nanofitoplankton bolluk ve biyomasları istatistiksel açıdan önemli ilişki bulunurken, mikrofitoplankton bolluk ve biyomasında önemli bir ilişki bulunmamıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Örnekleme istasyonlarında YKMT’de klorofil-*a* ile biyotik ve abiyotik faktörler arasında gerçekleştirilen Spearman-Rank korelasyonu sonuçları (* $p<0,05$).

	Klorofil- <i>a</i>	
	NA	KIYI
Sıcaklık	0,49*	0,22
Tuzluluk	0,13	-0,18
DO	-0,11	0,07
Sigma-t	0,18	0,34*
PAR	0,00	0,26
Turbidite	-0,12	-0,33
Nitrit+nitrat	0,14	0,07
Fosfat	0,24	0,35
Silikat	0,08	0,00
Pikofitoplankton bolluk	0,40*	0,45*
Pikofitoplankton biyomas	0,41*	0,43*
Nanofitoplankton bolluk	0,70*	0,45*
Nanofitoplankton biyomas	0,70*	0,45*
Mikrofitoplankton bolluk	0,07	0,05
Mikrofitoplankton biyomas	0,20	0,08
Toplam fitoplankton bolluk	0,43*	0,45*
Toplam fitoplankton biyomas	0,47*	0,43*

3.5. Yüze Altı Klorofil Maksimum Tabakasında Fitoplankton Boy Gruplarının Dağılımı

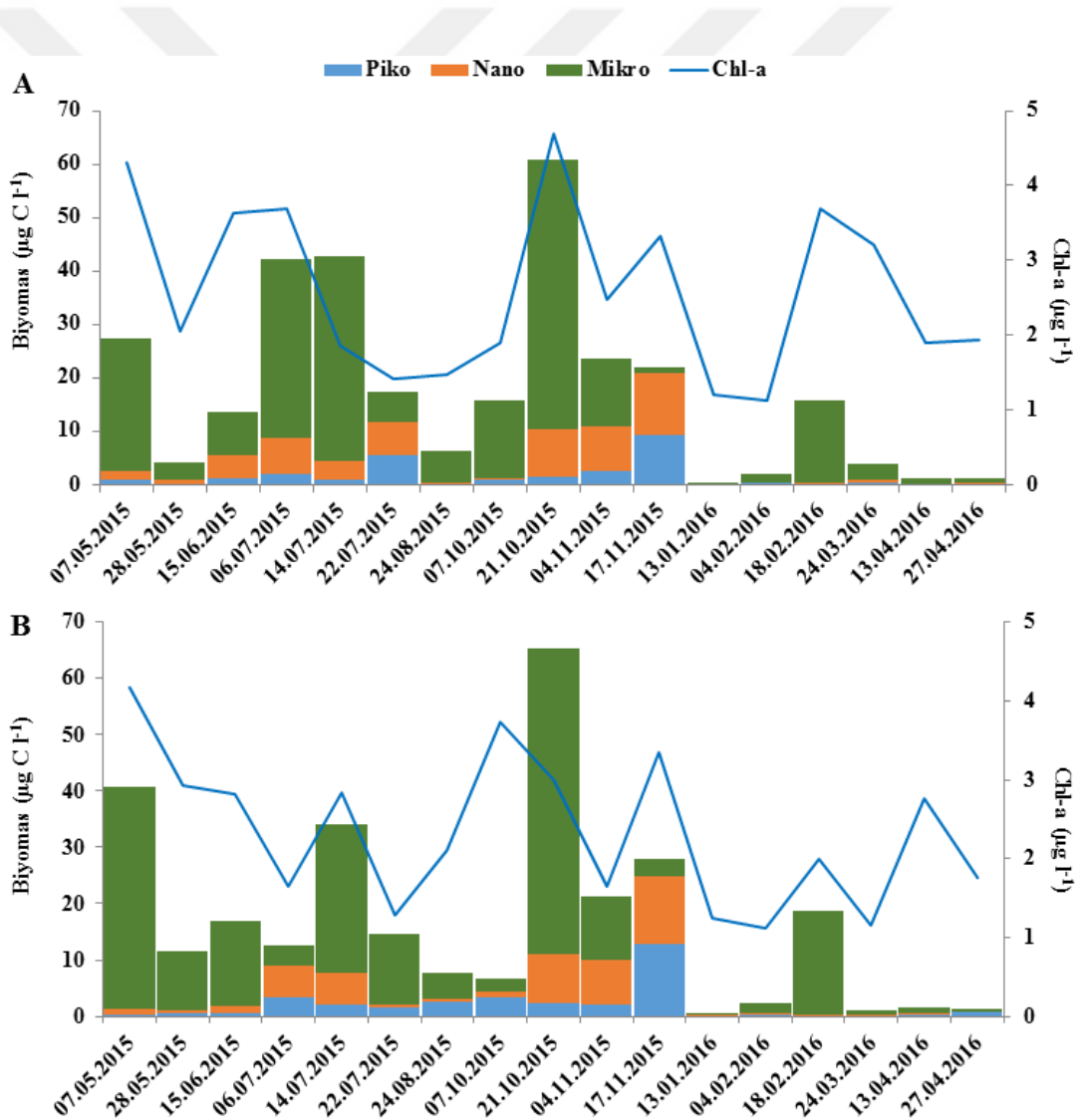
Yüze altı klorofil maksimum tabakasında fitoplankton boy gruplarına (piko-, nano- ve mikro) ayrılarak değerlendirilmiştir. Pikofitoplankton çalışma süresince bölgede *Synechococcus* spp. ve pikoökaryotlar, nanofitoplankton ise çoğunluğunu klorofitlerin oluşturduğu ototrofik nanoflagellatlar ve kokkolitoforlar tarafından temsil edilmiştir. Çalışma süresince nehir ağzı ve kıyı istasyonunda yüze altı klorofil maksimum tabakasında toplamda 104 mikrofıtoplankton türü tespit edilmiştir. Bu türlerin 18'i pennat, 34'ü sentrik olmak üzere toplamda 52'si diatomlar, 43'ü tekalı (zırhlı) ve 9'u tekasız (zırhsız) olmak üzere toplamda 52'si dinoflagellatlar oluşturmuştur (EK-1). Yüzealtı klorofil maksimum tabakasında mikrofıtoplankton komunitesi sentrik diatomlarca domine edilmiştir.

Örnekleme istasyonlarında yüze altı klorofil maksimum tabakasında fitoplankton biyoması çalışma süresince değişim sergilemiş ve en düşük kış karışımlarının başladığı Ocak ayı, en yüksek ise Ekim ayında tespit edilmiştir (Şekil 14). Nehir ağzı istasyonunda YKMT pikoplankton bolluğu $3,02 \times 10^5 - 8,09 \times 10^7$ hücre. l^{-1} , nanoplankton $3,3 \times 10^4 - 3,7 \times 10^6$ hücre. l^{-1} , mikrofıtoplankton ise $3,2 \times 10^2 - 7,86 \times 10^5$ hücre. l^{-1} arasında değişmiştir. Kıyı istasyonunda YKMT pikoplankton bolluğu $7,29 \times 10^5 - 3,02 \times 10^7$ hücre. l^{-1} , nanoplankton $3,3 \times 10^4 - 3,79 \times 10^6$ hücre. l^{-1} , mikrofıtoplankton ise $3,38 \times 10^2 - 1,04 \times 10^6$ hücre. l^{-1} arasında değişmiştir. Mikrofıtoplanktona ait en yüksek biyomas değerleri nehir ağzında tespit edilirken, açığa doğru gidildikçe bu biyomas değerleri azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 12). Nehir ağzında YKMT pikoplankton biyoması $0,1 - 9,4 \mu g C l^{-1}$, nanoplankton biyoması $0,1 - 8,9 \mu g C l^{-1}$, mikrofıtoplankton biyoması ise $0,1 - 50,3 \mu g C l^{-1}$ arasında değişmiştir. Kıyı istasyonunda ise pikofıtoplankton biyoması YKMT $0,1 - 12,8 \mu g C l^{-1}$, nanoplankton biyoması $0,1 - 11,9 \mu g C l^{-1}$, mikrofıtoplankton biyoması ise $0,2 - 54,4 \mu g C l^{-1}$ arasında değişmiştir.

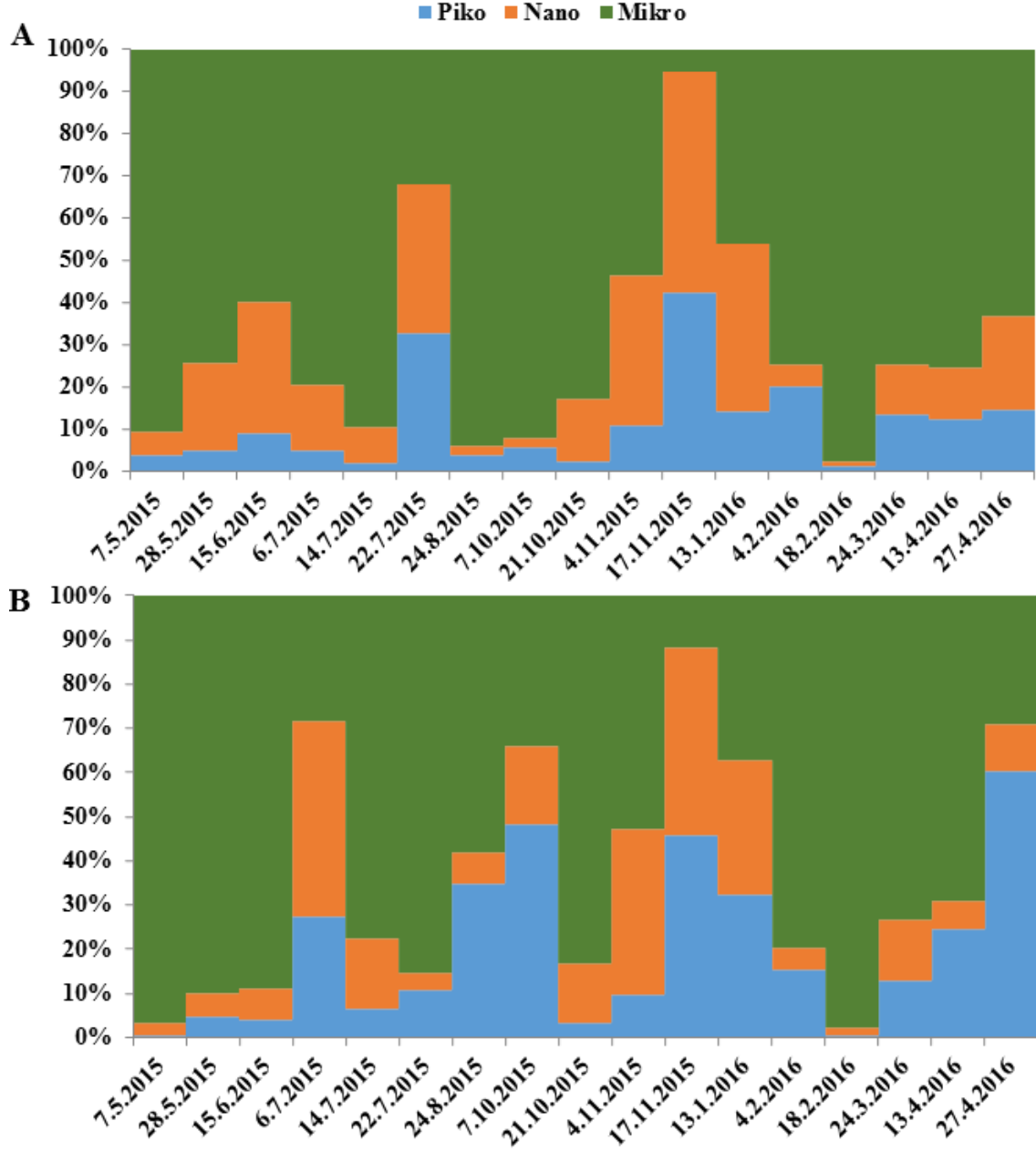
Fitoplankton boy gruplarının toplam biyomasa katılımı örnekleme tarihleri arasında farklılıklar sergilemiştir (Şekli 15). Çalışma süresince toplam biyomasa en yüksek katılımı nehir ağzında mikrofıtoplankton (%73) yaparken, onu nanofıtoplankton (%18) ve pikofıtoplankton (%9) takip etmiştir (Şekil 16). Kıyı istasyonunda da benzer şekilde mikrofıtoplankton (%72) baskın grup olurken, onu nanofıtoplankton (%16) ve pikofıtoplankton (%12) izlemiştir (Şekil 16). Örnekleme istasyonları arasında YKMT

fitoplankton biyoması bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır (t-test, $p>0,05$). Örnekleme istasyonlarında fitoplankton boy gruplarının yüzey ve yüzey altı klorofil maksimum tabakasındaki dağılımları arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır (t-test, $p>0,05$).

Nehir ağzında fitoplankton karbon biyomasının klorofil-*a*'ya oranı (C:Chl-*a*) 0,2-23, kıyıda ise 0,2-22 arasında değişim göstermiştir. Nehir ağzı istasyonunda fitoplankton biyoması ile klorofil-*a* arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunurken ($R^2=0,60$, $p<0,05$), kıyı istasyonunda benzer bir ilişki bulunmamıştır. Fitoplankton boy gruplarının biyomasları ve toplam fitoplankton biyoması ile nutrient konsantrasyonları arasında da istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmamıştır ($p<0,05$).



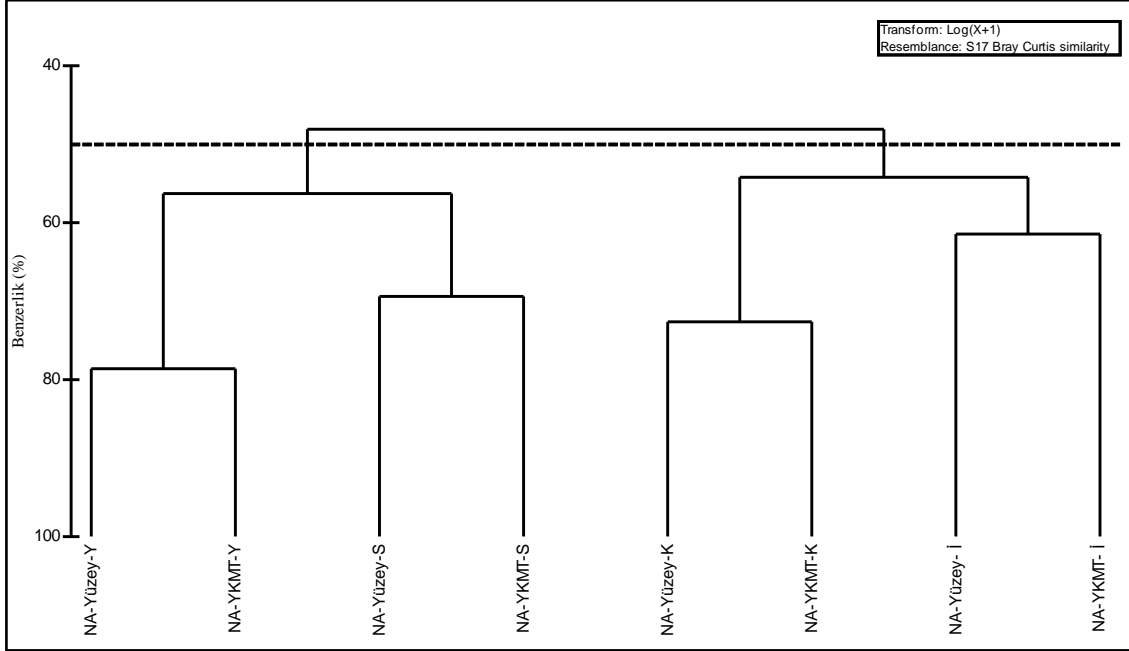
Şekil 15. Örnekleme istasyonlarında (A: Nehir ağzı, B: Kıyı) yüzey altı klorofil maksimum tabakasında fitoplankton boy gruplarının karbon biyomasları ($\mu\text{g C l}^{-1}$) ve klorofil-*a*.



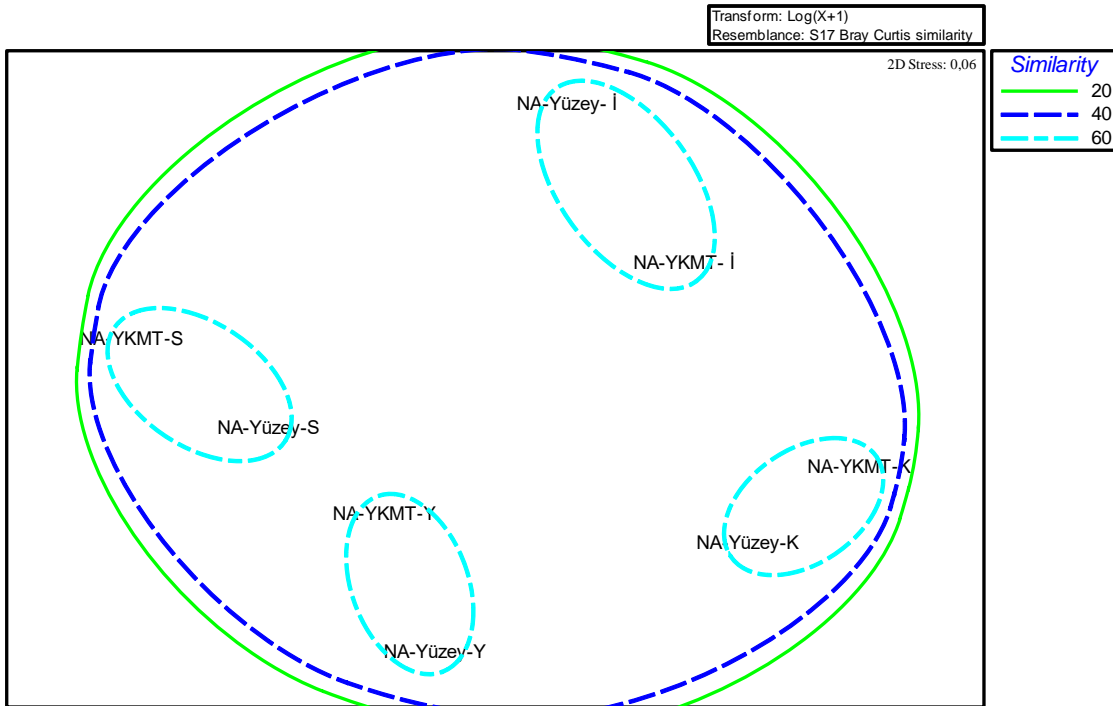
Şekil 16. Örnekleme istasyonlarında (A: Nehir ağzı, B: K1y1) yüzey altı klorofil maksimum tabakasında fitoplankton boy gruplarının toplam fitoplankton biyomasına katılımı (%).

Örnekleme istasyonlarında yüzey ve YKMT’de tespit edilen türlerin hücre bollukları Log (X+1) fonksiyonu ile transforme edilerek Bray-Curtis benzerlik küme ve çok boyutlu ölçeklendirme analizi gerçekleştirilmiştir. Buna göre, nehir ağzı istasyonunda %50 benzerliğe sahip iki küme tespit edilmiştir (Şekil 17). Küme 1, termal tabakalaşmanın başladığı ve süregeldiği yaz ve sonbahar periyodunda yüzey ve YKMT fitoplankton komunitelerini içermekte; küme 2, ilkbahar periyodunda ve kış periyodunda yüzey ve YKMT fitoplankton komunitelerini içermektedir (Şekil 18). Çok

boyutlu ölçeklendirme analizi sonuçlarında da her mevsimde yüzey ve YKMT'de fitoplankton komunitelerinin yaklaşık %60 benzerlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 18).

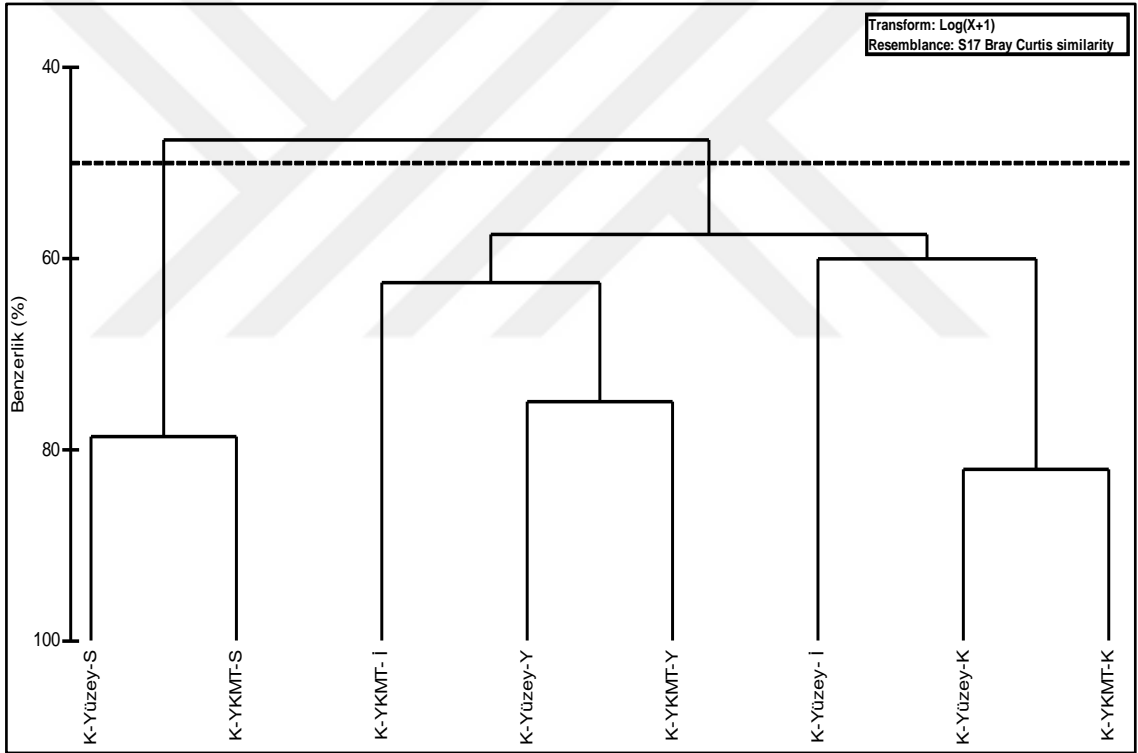


Şekil 17. Nehir ağzı istasyonunda yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilen küme analizi.

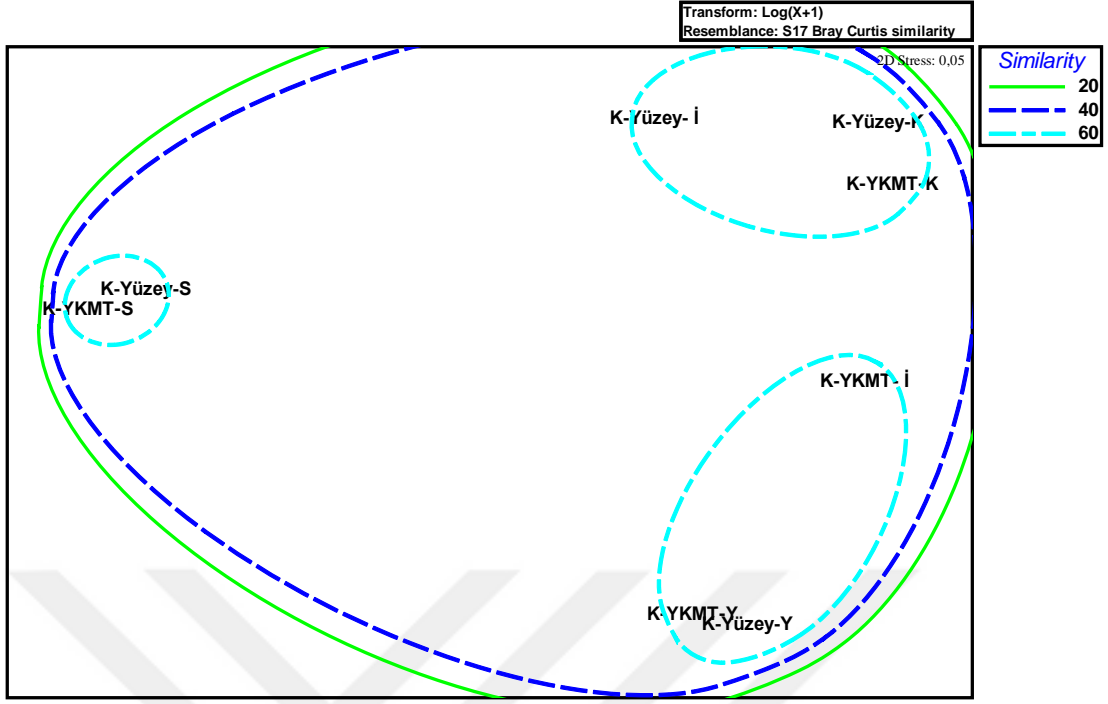


Şekil 18. Nehir ağzı istasyonunda yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilen çok boyutlu ölçeklendirme (MDS) analizi.

Kıyı istasyonunda gerçekleştirilen benzerlik analizi sonuçlarına göre de yaklaşık %50 benzerliğe sahip iki küme tespit edilmiştir (Şekil 19). Küme 1, sonbahar periyodunda yüzey ve YKMT fitoplankton komunitelerini içermekte; küme 2, ilkbahar, yaz ve kış periyodunda yüzey ve YKMT fitoplankton komunitelerini içermektedir (Şekil 20). Çok boyutlu ölçeklendirme analizi sonuçlarında ise sonbahar yüzey ve YKMT fitoplankton komunitelerini yaklaşık %60 benzerlik sergilemiştir. İlkbahar yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri ayrılık sergileyerek, ilkbahar YKMT komuniteleri, yaz periyodu yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri, ilkbahar yüzey komuniteleri ise sonbahar yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri ile %60'ın üzerinde benzerlik sergilemiştir (Şekil 20).



Şekil 19. Kıyı istasyonunda yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilen küme analizi.



Şekil 20. Kıyı istasyonunda yüzey ve YKMT fitoplankton komuniteleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilen çok boyutlu ölçeklendirme (MDS) analizi.

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

4.1. Hidrografi

Projede kapsamında seçilen istasyonlar Kuzeydoğu kıta sahanlığına göre daha az bozulmuş bir ekosisteme sahip (Oguz, 2012b) ve balıkçılık açısından önemli bir alanı temsil eden Güneydoğu Karadeniz (Oguz, 2012a) için temsil edici olarak kabul edilebilir. Kışın karışım ve yazın termal tabakalaşma ile hidrografi beklenen yapıyı sergilemiştir. İlkbahar-yaz periyodunda artması beklenen nehir deşarjları ile birlikte yüzey sularında düşük tuzluluk değerleri gözlenmiştir (Kara vd., 2008). Derinlerde tuzlu sular ve yüzeyde ise tatlı su girdisiyle oluşan az tuzlu sularla ayırt edici olarak Karadeniz kendine has bir tabakalaşma yapısı göstermektedir. Çalışmamız sonucunda yüzeyde 17-18 ppt arasında değişen tuzluluk değerleri, derinliğe bağlı artış göstermiştir.

Güney Karadeniz kıyılarından toplam nitrit-nitrat konsantrasyonu 0,11-0,59 μM arasında rapor edilmiştir (Eker-Develi, vd., 2003). Güneydoğu Karadeniz’de yürütülen bir çalışmada toplam nitrit-nitrat konsantrasyonlarının kıyısal bölge yüzey suyunda 0,37-4,71 μM aralığında rapor edilmiştir (Ağırbaş, 2010). Yine aynı bölgede Kopuz (2012) tarafından yürütülen çalışmada ise toplam nitrit-nitrat konsantrasyonu 0,12-16,99 μM seviyesinde olduğu bildirilmiştir. Koca (2014) tarafından Güneydoğu Karadeniz kıyısal bölgesinde yürütülen yakın zamandaki bir çalışmada ise nitrit+nitrat 0,52-9,88 μM arasında değişim göstermiştir. Bakırcı (2017) tarafından bölge için yakın zamanda nitrit+nitrat konsantrasyonu 0,001-2,12 μM arasında bildirilmiştir. Güney Karadeniz’de yürütülen bu çalışmada belirlenen nitrit+nitrat değerleri nehir ağız istasyonunda kıyı istasyonuna göre kısmen daha yüksek olmakla beraber çalışma süresince nitrit+nitrat konsantrasyonu $<5 \mu\text{M}$ altında bulunmuştur. Genel olarak Kopuz (2012) ve Koca (2014)’ya göre daha düşük bulunmuş olsa da Karadeniz’in nitrit+nitrat profiline ve yakın zamanda bölge için rapor edilen değerlere uyum gösterdiği gözlenmiştir (Eker-Develi ve Kideys, 2003; Ağırbaş, 2010; Kopuz, 2012; Koca, 2014; Ağırbaş vd., 2015; Bakırcı, 2017).

Karadeniz’de fosfat konsantrasyonu diğer besin elementlerine göre daha düşüktür. (Sorokin, 1986). Ağırbaş (2010) tarafından Güneydoğu Karadeniz’de gerçekleştirilen

çalışmada ortalama fosfat konsantrasyonu 0,002-0,052 μM arasında gözlenmiş olup, aynı bölgede Kopuz (2012) tarafından yürütülen çalışmada ise fosfat konsantrasyonu 0,01-0,06 μM arasında olduğu rapor edilmiştir. Koca (2014) tarafından ise fosfat konsantrasyonu 0,03-0,90 μM arasında değişim göstermiştir. Bakırcı (2017) tarafından bölge için yakın zamanda fosfat konsantrasyonu 0,001-0,28 μM arasında bildirilmiştir. Bu çalışmada ise fosfat konsantrasyonları 0,001-1,76 μM arasında gözlenmiştir. Fosfat konsantrasyonunun Karadeniz'in genel yüzey suyu profili (Sorokin, 1986) ve bölgede yapılan diğer çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür (Ağırbaş, 2010; Kopuz, 2012; Koca, 2014; Ağırbaş, 2015; Bakırcı, 2017).

Çalışmamızda silikat örnekleme bölgesinde ise Karadeniz'in besin elementi dinamiğine uygun olarak derinliğe bağlı artış sergilemiştir. Güney Doğu Karadeniz'de silikat konsantrasyonlarının yüzeyde 0,50 μM olduğu ve 100 m derinlikte bu değer 4,39 μM değerine ulaştığı bildirilmiştir (Anonim, 1990). Güney Doğu Karadeniz'de Ağırbaş (2010) tarafından silikat konsantrasyonunun 1,20-14,08 μM arasında değiştiği rapor edilmiştir. Yine aynı bölgede gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise silikat konsantrasyonu 0,37-16,63 μM arasında değişim göstermiştir (Kopuz, 2012). Güney Doğu Karadeniz'in kıyısal bölgesinde 2013-2014 arasında gerçekleştirilen çalışmada 1,92- 16,25 μM arasında tespit edilmiştir (Koca, 2014). Bakırcı (2017) tarafından bölge için yakın zamanda silikat konsantrasyonu 0,01-13,63 μM arasında bildirilmiştir. Bu çalışmada ise fosfat konsantrasyonları 0,001-1,76 μM arasında gözlenmiştir. Yapılan bu çalışmadan elde edilen silikat değerleri Karadeniz'in farklı bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalarla kıyaslandığında, bölgede yapılan diğer çalışmalarla ve Karadeniz'in genel yüzey suyu silikat dağılımı ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Ağırbaş, 2010; Kopuz, 2012; Koca, 2014; Ağırbaş, 2015; Bakırcı, 2017).

4.2. Klorofil-*a*

Karadenizde yapılan çalışmalar incelendiğinde, Güney Karadeniz’de 1995-1996 ilkbahar - sonbahar periyodunda yapılan çalışmada klorofil-*a* değerleri fotik bölge için 0,1-1,5 µg/L arasında tespit edilmiştir (Yılmaz vd., 1998). Eker – Develi vd., (2003), Karadeniz’in Anadolu Sahili boyunca Haziran-Temmuz 1996, Mart – Nisan 1998 ve Eylül 1998 tarihlerinde yapılan başka bir çalışmada ise yüzey klorofil-*a* değerleri sırasıyla 0,34±0,13 µg l⁻¹, 0,42±0,36 µg l⁻¹ ve 0,40±0,22 µg l⁻¹ olarak rapor edilmiştir. Güney Karadeniz’de Temmuz 1997 ve Eylül 1998 dönemlerinde yapılan çalışmada ise yüzey suyu klorofil-*a* değerlerinin <0,5-1,5 µg l⁻¹ arasında rapor etmişlerdir (Yayla vd., 2001). Ağırbaş (2010) tarafından Güneydoğu Karadeniz’de rapor edilen çalışmada yüzey suyu klorofil değerlerini kıyısız bölgede ortalama 1,97 µg l⁻¹, açık sularda ise ortalama 1,84 µg l⁻¹ olarak tespit etmiştir. Yürütülen bu çalışmada yıllık ortalama yüzey klorofil-*a* değerleri 0,69-0,56 µg l⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Çalışma bölgesinde Kopuz (2012) tarafından Ekim 2010- Aralık 2011 tarihleri arasında yapılan çalışmada 0,5 deniz milinde yer alan örnekleme istasyonunda yüzey klorofil değerleri 0,42-2,21 µg l⁻¹ arasında, 2 deniz milinde yer alan örneklemede ise yüzey klorofil değerleri 0,17-1,42 µg l⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Güneydoğu Karadeniz’de yapılan bu çalışma süresince bölgede daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, nehir ağızı istasyonu örnekleme süresince klorofil-*a* değerleri 0,50-3,96 µg l⁻¹, kıyı istasyonunda ise klorofil değerleri 0,30-3,43 µg l⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Yapılan önceki çalışmalara göre klorofil-*a* değerleri nispeten daha yüksek bulunmuştur. Karadeniz dinamik bir denizdir ve özellikle siklonik sırt akıntısı ve bununla ilişkili meso-ölçekli girdaplar, filament ve cephelerin etkisinde olan kıyısız ekosistemi oldukça değişkenlik sergiler. Bu dinamik yapı son yıllarda yapılan çalışmalarda sergilenen farklı baeisn elementi ve klorofil-*a* dinamiği ile de kendini göstermektedir.

4.3. Fitoplankton Kalitatif ve Kantitatif Dağılımı

Karadeniz’de yıl boyunca diatomların sorumlu olduğu ilkbahar bloomu ve kokkolitofor *Emiliana huxleyii* ve dinoflagellatların sorumlu olduğu sonbahar bloomu

gözlenmektedir (Sorokin, 1983; Honjo vd., 1987; Vedernikov vd., 1993; Ediger, 2006). Aynı şekilde son yıllarda dinoflagellatların yaz artışları da rapor edilmektedir (Bologa, 1985; Ağırbaş, 2010). Son yıllarda bölgede giderek azaldıkları gözlemlenen diatomların, yapılan bu çalışmada da geç ilkbahar ve sonbahar bloomunu domine ettiği tespit edilmiştir. Sık örnekleme periyoduna sahip çalışma süresince kokkolitoforların sorumlu olduğu bir yaz-sonbahar bloomuna rastlanılmamıştır. Dinoflagellatların yaz döneminde sayıca artış gösterdikleri bilinmektedir (Ağırbaş, 2010). Ancak gerçekleştirilen mikroskobik incelemeler sonucunda dinoflagellatların birçoğunun sanılanın aksine mikrozooplankton içinde yer alan miksotrofik ve heterotrofik dinoflagellatlar olduğu anlaşılmıştır.

Karadeniz’de daha önceki dönemlerde gerçekleştirilen ve mikrofitoplanktonu konu alan çalışmalar incelendiğinde (Tablo 5) yürütülen bu çalışmada tespit edilen tür sayısı oldukça yüksek bulunmuştur. Ancak bu çalışmada ilk 50 m’lik su kolonundan plankton kepçesi ile toplanan fitoplankton örnekleri mikroskobik yöntem ile FlowCAM teknolojisi birleştirilerek detaylı olarak çalışılmıştır. Bu farklılığın örnekleme metodolojisi (örnekleme derinliği, örnekleme cihazı, saklama ve analiz yöntemleri) ve dönemsel farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5. Fitoplankton tür sayısının Karadeniz’de yapılan önceki çalışmalar ile karşılaştırılması.

Bölge	Çalışma dönemi	Tür sayısı	Kaynak
Güneydoğu Karadeniz	Temmuz, 1989	104	Feyzioğlu, 1990
Tüm Karadeniz	Mart-Nisan, 1995	121	Eker vd., 1999
Güney Karadeniz	Ekim 1995	108	Eker vd., 1999
Tüm Karadeniz	Haziran-Temmuz, 1996	119	Eker vd., 2003
Tüm Karadeniz	Eylül, 1998	50	Eker vd., 2003
Güneybatı Karadeniz	Mayıs, 2001	62	Ediger vd., 2006
Güneydoğu Karadeniz	Mart-Nisan, 1993-1994	102	Feyzioğlu vd., 2007
Güneydoğu Karadeniz	Mart-Nisan, 2001-2002	68	Feyzioğlu vd., 2007
Güneydoğu Karadeniz	Mart-Nisan, 2013-2014	71	Ağırbaş, 2010
Güneydoğu Karadeniz	Mayıs-Nisan, 2013-2014	71	Koca, 2014
Güneydoğu Karadeniz	Kasım 2014-Ağustos 2015	132	Bakırcı, 2017
Güneydoğu Karadeniz	Mayıs 2015-Nisan 2016	Öfotik bölge, 201 YKMT, 103	Bu çalışma

Karadeniz genelinde yürütülen fitoplankton ekolojisi çalışmalarında genellikle sabit CTD derinliklerinde fitoplankton örneklemeleri yapılmaktadır. O yüzden yürütülen bu çalışmanın yüzey ve diğer sabit derinliklerden toplanmış örneklerle karşılaştırılması çok sağlıklı olmayacaktır. Ancak bölge hakkında fikir vermek adına son yıllarda Güneydoğu Karadeniz’de yürütülen çalışmalarla kıyaslandığında maksimum hücre bolluğunun yıllık maksimum hücre bolluğu değerleri Ağırbaş (2010) tarafından $9,3 \times 10^5$ hücre. l^{-1} , Koca (2014) tarafından $4,6 \times 10^4$ hücre. l^{-1} ve Bakırcı (2017) tarafından ise $4,1 \times 10^5$ hücre. l^{-1} olarak rapor edilmiştir. Yürütülen bu çalışmada yüzey sularında maksimum hücre bolluğu $6,95 \times 10^5$ hücre. l^{-1} olarak bulunmuştur ve önceki çalışmalara kıyasla yüksektir. Yürütülen bu çalışmada *Chaetoceros* gibi zincir formundaki diatomlar, zincir oluşturan bir hücre olarak değil, zinciri oluşturan hücreler tek tek göz önünde bulundurulurken hücre sayımları gerçekleştirilmiştir. Genellikle zincir formundaki türlerin bir hücre olarak sayıldığı çalışmalara oranla daha yüksek hücre bolluk değerlerinin hesaplanması normaldir. Bu tip metodolojik farklılıklar (örnekleme derinliği, periyodu, saklama ve analiz yöntemleri) çalışmalar arasında farklılıklar yaratabilmektedir. Ayrıca fitoplankton bolluğunda yıllar arasında da değişen çevre koşulları altında dalgalanmalar gözlemlenebilmektedir.

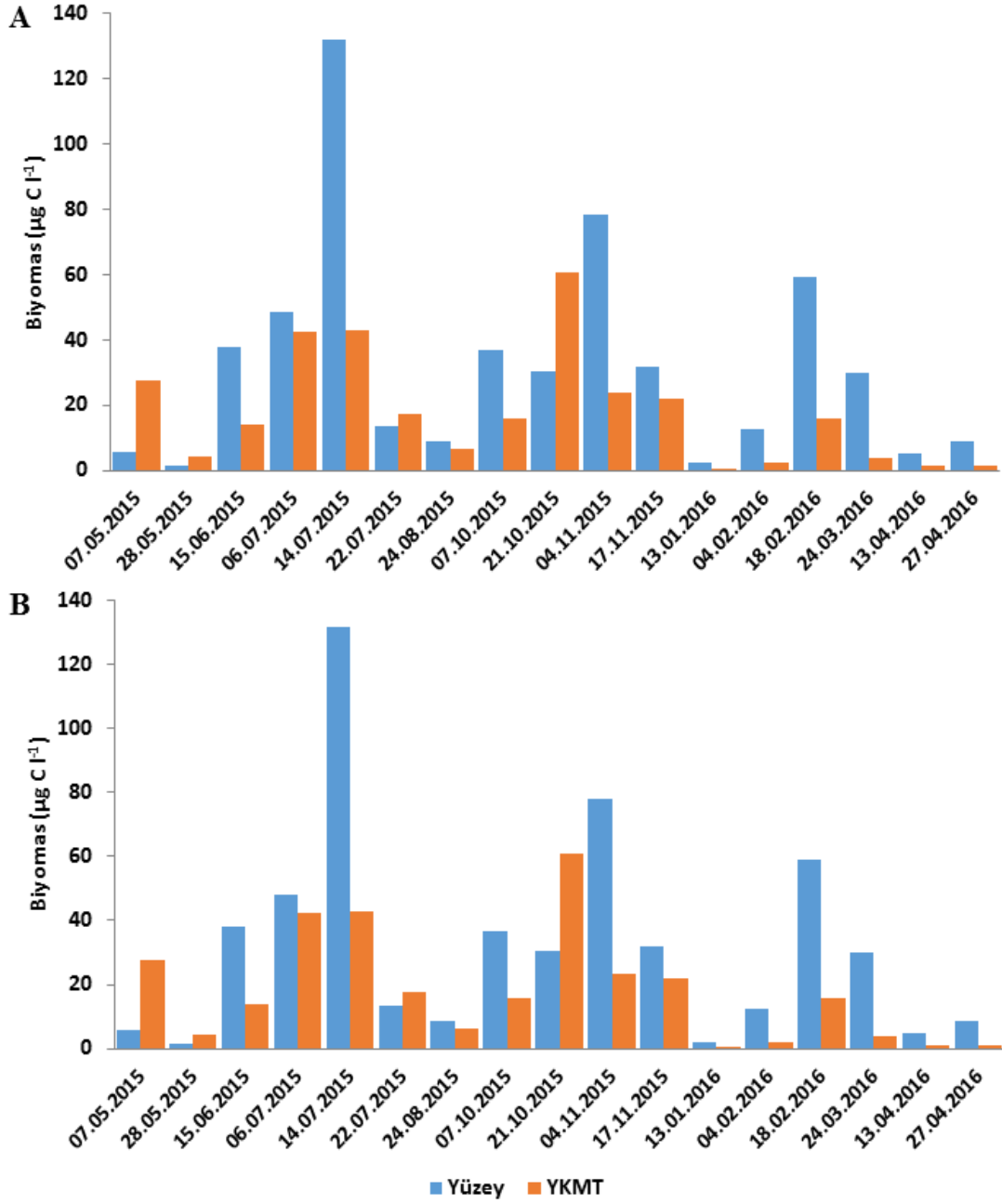
4.4. Yüzey Altı Klorofil Maksimum Derinliğinin Değişimi

Yüzey altı klorofil maksimum tabakası ılıman, verimli bölgelerde kış karışımları esnasında ortadan kaybolurken, ilkbahar bloomunu takiben termal tabakalaşmanın başlaması ile birlikte yeniden gözlemlenir (Estrada vd., 1993; Mignot vd., 2014). Güneydoğu Karadeniz’de yürütülen bu çalışmada da YKMT kışın dikey karışım süresince ortadan kaybolmuş ve termal tabakalaşma ile yeniden gözlemlenmiştir. Ancak termal tabakalaşma periyodunda bile nehir ağzı istasyonunda YKMT derinliği ve kalınlığı haftalık ölçekte farklılık sergilemiştir. Bu farklılığın örnekleme istasyonunun nehir deşarjı etkisinde olmasından kaynaklanıldığı düşünülmektedir. Çalışma bölgesinde gözlemlenen değişken nutrient dinamiği sistemin istikrarlı olmadığını göstermektedir. Çalışma süresince ne yüzey sularında ne de YKMT’de klorofil-*a* ile nutrientler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

İki farklı strateji sonucu YKMT'nin oluştuğu varsayılmaktadır. Bu tabaka düşük ışık yoğunluğu ve yüksek nütrient kaynağında yaşayan türlerce ve bazı türlerin nutrient ihtiyacına bağlı olarak vertikal göçü ile oluşabilir (Cullen ve MacIntyre, 1998). Washburnet vd. (1991) ise YKMT'nin fiziksel prosesler sonucunda yüzey sularının batması ile oluştuğunu gözlemlemiştir. YKMT ötrofik sularda, öncelikle büyüme ve bazen davranışsal birikim ve batma sonucu biyomasın zirve noktasına ulaştığı yerdir. Besin maddesi elde etmek için dikey göç, nütriklinin daha derin olduğu durumlarda YKMT'ye katkıda bulunabilir. Oligotrofik sularda ise YKMT, biyomasa oranla daha çok yüksek klorofil-*a* içeriğine sahip, düşük ışık düzeyine adapte olmuş fitoplankton birikimi nedeniyle, fitoplankton biyokütlesinden bağımsız olarak oluşturulmuştur (Cullen, 1982).

Örnekleme istasyonlarının yüzey sularında, yüzey altı klorofil maksimum tabakasında belirlenen karbon: klorofil-*a* oranlarına göre çok yüksek karbon: klorofil oranları hesaplanmıştır. Benzer şekilde yüzeye göre YKMT'de düşük C: Chl-*a* oranı Fukuyo (1990) tarafından da rapor edilmiştir. Yüksek C:Chl-*a* oranı yüzeyde kullanılabilir yüksek güneş radyasyonu durumunda yüksek biyomas düşük klorofil-*a* değeri ile açıklanırken, yüzey altı klorofil maksimumun da ise düşük biyomas yüksek klorofil-*a* içeren komunitelerin varlığına işaret etmektedir (Revelante ve Gilmartin, 1995). Güneş radyasyonunun yüzeye göre %1'e düştüğü derinliklere yakın gözlenen bu klorofil artışlarının, fotoadaptasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak, YKMT ile yüzey suları arasında fitoplanktonda taksonomik farklılıklar var ise genellikle düşük ışık koşullarına adapte olmuş türler tarafından YKMT'nin oluşturulduğu varsayılmaktadır (Rodriguez vd., 1998). Eğer bu iki derinlik arasında fitoplankton kompozisyonu arasında farklılık yok ise genellikle YKMT'nin batma ve akümülyasyon sonucu oluştuğu düşünülmektedir (Rodriguez vd., 1998). Güneydoğu Karadeniz'de yürütülen bu çalışmada örnekleme istasyonlarında fitoplankton kompozisyonu yüzey ve yüzey altı klorofil maksimum tabakasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık sergilememiştir (t-test, $p>0,05$). Ayrıca istasyonlarda mevsimsel olarak gerçekleştirilen Bray-Curtis benzerlik analizi sonuçları da yüzey ve YKMT fitoplankton komunitelerinin taksonomik bakımdan %60'dan fazla benzerlik gösterdiğini doğrulamaktadır. Güneydoğu Karadeniz'de gerçekleşen bu çalışmada düşük ışık koşullarına adaptasyon gösteren hücrelerden ziyade, YKMT'nin batma ya da

akümülyasyon sonucunda oluştuğu beklenmektedir. Ancak örnekleme süresince her iki istasyonda da yüzey biyomas değerleri genellikle YKMT biyomas değerlerinden yüksek bulunmuştur (şekil 21). Ayrıca YKMT’de klorofil-*a* değerleri toplam fitoplankton biyoması ile istatistiksel olarak önemli bir ilişki sergilemezken, piko- ve nanofitoplankton bolluk ve biyoması ile istatistiksel açıdan önemli ilişki sergilemiştir. Bu durum bu grupların YKMT’de klorofil-*a*’ya mikro boyutlu hücelere oranla daha yüksek katkı yaptığını göstermektedir. Siyanobakteri *Synechococcus* spp.’nin Karadeniz’de yapılan çalışmalarda derinliğe bağlı hücre büyüklüğu ve floresansında artış gösterdiği bilinmektedir (Kopuz, 2012). Oligotrofik okyanus bölgelerinde daha derinlerde belirlenen (80-150 m) YKMT’den (Cullen, 1981; Yılmaz vd., 1998) farklı olarak Güneydoğu Karadeniz gibi daha verimli bir bölgede sığ olarak gözlemlenen YKMT’de fitoplankton komunitelerinde piko- ve nano boyutlu hücelerin baskınlığı söz konusu olmasa da, bölge de genel olarak YKMT’nin fitoplankton komunitelerinin düşük ışık yoğunluğuna karşı klorofil-*a* konsantrasyonlarını arttırmaları sonucu oluştuğu düşünölmektedir.



Şekil 21. Örnekleme istasyonlarında (A: Nehir ağzı, B: Kıyı) fitoplankton biyomasının yüzey ve yüzeyaltı klorofil maksimum tabakasındaki dağılımı.

Bu çalışma esnasında klorofil maksimum değerleri Karadeniz’de beklendiği üzere (Yılmaz, 2002) ışıklı tabaka alt sınırına yakın belirlenmiştir. Her ne kadar klorofil-*a* fitoplankton biyomasının bir göstergesi olarak kullanılsa da, klorofil-*a* konsantrasyonu hücre içinde ışık, besin elementi konsantrasyonu vb. faktörlerin etkisi ile değişim gösterebilmektedir. 2010 yılında çalışma bölgesi bloom zamanlarında diatomlar tarafından domine edilirken (Ağırbaş, 2010), 2012 yılında göze çarpan bir fitoplankton

bloomuna ve diatomların baskınlığına rastlanmamıştır (Kopuz, 2012). Çalışma süresince de bölgede fitoplankton bloomlarında diatomların baskınlığı söz konusu olmuştur.

Fotoadaptasyon sonucu oluşan YKMT'de <3 µm'den küçük hücrelerin klorofil-*a*'yı temsil ettiği bilinmektedir (Rodriguez vd., 1998). Bu çalışmada verimli sulardan beklendiği üzere, YKMT mikro boyutlu hücreler (>20µm) tarafından domine edilmiştir. YKMT baskın olarak diatom (Scharek vd., 1999) ve pikosiyanobakteri ve pikoökaryotlar (Agawin ve Agusti 1997; Claustre vd., 1999) gibi diğer birçok türün oluşturduğu fitoplankton topluluklarınca temsil edildiği bilinmektedir. Güneydoğu Karadeniz'de yürütülen bu çalışmada da YKMT'de özellikle büyük boyutlu fitoplanktonda sentrik diatomların baskınlığı Scharek vd. (1999) ile uyum içerisindedir.

Birçok çalışmada, yüzeyaltı klorofil maksimum tabakası termoklinin alt sınırına yakın, öfotik bölge derinliğinde bulunmuştur (Venrick vd. 1973; Veldhuis ve Kraay 1990; Kononen vd., 1996). Bu çalışmada da önceki çalışmalarla uyumlu şekilde yüzeyaltı klorofil maksimum tabakası termoklinin alt sınırına yakın, öfotik bölge derinliğinde bulunmuştur. Oligotrofik bölgelerde yapılan çalışmalarda derin YKMT ve düşük klorofil-*a* değerleri rapor edilmiştir (Yılmaz vd., 1994; Nincevi vd., 2010). Bu çalışmada üretken bölgelerden rapor edildiği üzere, YKMT derinliği sığ ve klorofil-*a* değerleri yüksek bulunmuştur (Tablo 6).

Tablo 6. YKMT ile ilgili yapılmış çalışmalar.

Çalışma Bölgesi	Dönem	YKMD derinliği (m)	Kaynak
Kuzeydoğu Akdeniz	Yıl boyu	50-120	Yılmaz vd., 1994
Adriatik Denizi	Yıl boyu	50-75	Nincevi vd., 2010
Katalan ve Balarık denizi	Yaz	15	Estrada, 1993
Sargasso Denizi	Eylül	40	Cox vd., 1982
Kuzeydoğu Akdeniz	Yaz	100	Yılmaz vd., 1994
Kuzeydoğu Akdeniz	Mart	85	Yılmaz vd., 1994
Güneydoğu Karadeniz	Yıl boyu	30 (Kıyı), 5-35 (Açık)	Ağırbaş, 2010
Güneydoğu Karadeniz	Yıl boyu	3-26 (Nehir ağzı), 6-28 (Kıyı)	Kopuz, 2012
Güneydoğu Karadeniz	Yıl boyu	3-26 (Nehir ağzı), 3-31 (Kıyı)	Bu çalışma

5. ÖNERİLER

Yüzey altı klorofil maksimum tabakası tabakalı yüzey sularının hemen hemen hepsinde gözlemlenir. Güneydoğu Karadeniz’de yürütülen bu çalışmada ilk kez kapsamlı olarak yüzeyaltı klorofil maksimum tabakasının yıl içerisindeki değişimi ve fitoplankton boy ve komünite yapısı verilmiştir.

Dünyanın en büyük anoksik basenini temsil eden Karadeniz, kalıcı tabakalaşma ile karakterize olmuştur. Dolayısı ile fotosentetik aktivitenin aktif olarak süregeldiği öfotik bölgenin dinamiğinin ve işleyişinin anlaşılması ekosistemin değerlendirilebilmesi için çok önemlidir. Zooplankton için potansiyel beslenme bölgesi olmasından dolayı, YKMT’nin ekolojik olarak önemi Karadeniz gibi canlılığın sınırlı bir tabakada süregeldiği ekosistemde daha da artmaktadır. İleride yapılacak çalışmalarda yüzey altı klorofil maksimum tabakasında birincil üretimin belirlenmesi sağlanmalıdır.

İzleme çalışmalarında genellikle büyük boy fitoplanktonun takip edildiği Karadeniz’de piko- ve nano- boyutlu fitoplankton da yürütülen çalışmalarda izlenmelidir. Bu grupların özellikle YKMT’nin oluşumuna katkısı araştırılmalıdır.

Günümüzde denizel ekosistemler yaygın olarak uydular aracılığı ile uzaktan algılama yolu ile izlenmektedir. Ancak Karadeniz gibi yoğun nehir deşarjı dolayısı ile yüksek renkli çözünmüş organik maddenin bulunduğu tip 2 sularda bu yöntem genellikle varolandan yüksek klorofil hesaplamalarına neden olarak hata verebilmektedir. Validasyon için yerinde ölçümlere ihtiyaç duyulan uzaktan algılama çalışmalarının da doğrulanması için, Karadeniz’de klorofili-*a*’nın yalnızca yüzey sularında değil yüzeyaltı derinliklerde de takip edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Agawin, N.S.R. and Agusti, S., 1997.** Abundance, frequency of dividing cells and growth rates of *Synechococcus* sp. (cyanobacteria) in the stratified Northwest Mediterranean Sea. *Journal of Plankton Research* 19 (11), 1599–1615.
- Agawin, N.S.R., Agusti, S. and Duarte, M., 2002.** Abundance of antarctic picophytoplankton and their response to light and nutrient manipulation. *Aquat. Microb. Ecol.* 29.161–172.
- Ağırbaş, E., 2010.** Güneydoğu Karadeniz’de Pigment Konsantrasyonu ve Birincil Üretimin Çevre Koşulları İle Etkileşimi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 181s.
- Ağırbaş, E., Feyzioglu, A.M., Kopuz, U. and Llewellyn, C.A., 2015.** Phytoplankton community composition in the south-eastern Black Sea determined with pigments measured by HPLC-CHEMTAX analyses and microscopy cell counts. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95 (1), 35-52.
- Ağırbaş, E., 2016.** Fitoplankton pigment konsantrasyonunun ve boy gruplarının HPLC tekniği ile belirlenmesi (Güneydoğu Karadeniz, Rize). *Yunus Araştırma Bülteni*, (2), 81-90.
- Anderson, D.M., Fukuyo, Y. and Matsuoka, K., 1995.** Cyst Methodologies. In *Manual on Harmful Marine Microalgae*, (Hallegraeff, G. M., Anderson, D.M and Cembella, A.D. eds.) pp.229-249. IOC Manuals and Guides No.33
- Andre, J.M., 1992.** Ocean color remote sensing and the subsurface vertical structure of phytoplankton pigments, *Deep Sea Res Part A*, 39, 763-779.
- Arin, L., Estrada, M., Salat, J. and Cruzado, A., 2005.** Spatio-temporal variability of size fractional phytoplankton on the shelf adjacent to the ebro river (NW Mediterranean), *Continental Shelf Research*, 25, 1081-1095.
- Bakırcı, M., 2017.** Güneydoğu Karadeniz Kıyıları (Artvin-Giresun) Birincil Üretim Miktarlarının Mevsimsel Değişimi. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 73s.
- Baştürk, Ö., Tuğrul, S., Konovalov, S. and Salihoğlu, İ., 1998.** Effects of circulation on the spatial distribution of principal chemical properties and unexpected short and long -term changes in the black sea. nato tu-black sea project: Ecosystem modeling as a management tool for the black sea. L. Ivanov & T. Oğuz (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, Vol. 1, 39-54.
- Behrenfeld, M.J. and Boss, E.S. 2014.** Resurrecting the ecological underpinnings of ocean plankton blooms, in *Annual Review of Marine Science*, vol. 6, edited by C.

- A. Carlson and S. J. Giovannoni, pp. 167–U 208, Annual Reviews, Palo Alto, Calif.
- Bologa, A.S., 1985.** Planktonic Primary Productivity Of The Black Sea: Review. *J. Thalassia Jugoslavica*, 21/22(1/2), 1-22.
- Bologave, A.S., 1999.** Romanian Contributions To Ongoing Black Sea Research And Management Programmes. In: S. Besiktepe, U. Unluata & A.S. Bologa (Eds.), *Environmental Degradation Of The Black Sea: Challenges And Remedies*, Kluwer Acad. Publ., The Netherlands, 367-376.
- Børsheim, K.Y., and Bratbak, G., 1987.** Cell volume to cell carbon conversion factors for a bacterivorous *Monas* sp Enriched from seawater. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 36, 171–175. doi: 10.3354/meps036171.
- Chu, P.C., Ivanov, L.M. and Margolina, T.M., 2005.** Seasonal Variability of the Black Sea Chlorophyll-a Concentration, *Journal of Marine Systems*, 56, 243-261.
- Claustre, H., Marty, J.C., Cassiani, L. and Dagaut, J., 1999.** Fatty Acid Dynamic In Phytoplankton And Microzooplankton Communities During A Spring Bloom In The Coastal Ligurian Sea: Ecological Implications. *Mar. Microb. Food Webs*, 3, 51-66.
- Cociasu, A., Diaconu, V., Popa, L., Nae, I., Buga, L., Dorogan, L. and Malciu, V., 1997.** Nutrient Stock of the Romanian Shelf of the Black Sea in the Last Three Decades", In: Ozsoy, E., and Mikaelyan, A.(eds.), *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic and North Sea*, NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 27, 49-63.
- Codispoti, L.A., Friederich, G.E., Murray, J.W. and Sakamoto, C.M., 1991.** Chemical Variability in the Black Sea: Implications of Continuous Vertical Profiles that Penetrated the Oxidic/Anoxic Interface. *Deep-Sea Research*, 38, 691-710.
- Coste, B., Minas, H.J., and Bonin, M.C., 1984.** Propriétés Hydrologiques et Chimiques des Eaux du Bassin Occidental de la Méditerranée", *Publ. Cent. Natl. Explor., Océans Result Campagnes Mer (Fr.)*, 26, 106.
- Cox, J.L., Wiebe, P.H., Ortner, P. and Boyd, S., 1982.** Seasonal Development of Subsurface Chlorophyll Maxima in Slope Water and Northern Sargasso Sea of the Northwestern Atlantic Ocean, *Biological Oceanography*, 1:3, 271-285.
- Cullen, J.J., 1982.** The Deep Chlorophyll Maximum: Comparing Vertical Profiles of Chlorophyll a. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 39.
- Cullen, J.J. and MacIntyre, J.G., 1998.** Behavior, physiology and the niche of depth-regulating phytoplankton. *NATO ASI Series, Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*, Vol. G 41.

- Cullen, J.J. and Eppley, R.W., 1981.** Chlorophyll maximum layers of the Southern California Bight and possible mechanisms of their formation and maintenance *Oceano. Acta*, 4,1, 23-32.
- Çolak-Sabancı, F. and Koray, T., 2005.** İzmir Körfezi'nde 1998-2001 yılları arasında fitoplanktonik tür çeşitliliği değişimi. *Ege J Fish Aqua Sci*, 22(3-4), 273-280.
- Dillon, P.J. and Rigler, F.H., 1974.** The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes. *Limnology. And. Oceanography*, 19(5), 2.
- EC, 2008.** EC Directive, 2008/56/EC of the European Parliament and 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 Union*, L 164/19.
- Ediger, D., Soydemir, N. and Kideys, A.E., 2006.** Estimation of Phytoplankton Biomass Using HPLC Pigment Analysis in the Southwestern Black Sea, *Deep-Sea Research Part II*, 53, 1911-1922. DOI:10.1016/J.DSR2.2006.04.018.
- Eker, E., Georgieva, L., Senichkina, L. and Kideys, A.E., 1999.** Phytoplankton Distribution in the Western and Eastern Black Sea in Spring and Autumn 1995, *ICES Journal of Marine Science*, 56, 15–22. DOI:10.1006/jmsc.1999.0604.
- Eker-Develi, E. and Kideys, A.E., 2003.** Distribution of Phytoplankton in the Southern Black Sea in Summer 1996, Spring and Autumn 1998, *Journal of Marine Systems*, 39, 203-211. DOI:10.1016/S0924-7963(03)00031-9.
- Estrada, A., Coates-Estrada, R., Meritt, D., Montiel Jr, S. and Curiel, D., 1993.** Patterns of frugivore species richness and abundance in forest islands and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico *Vegetatio* June, Volume 107, Issue 1, pp 245–257.
- Feyzioğlu, A.M., 1990.** Doğu Karadeniz Fitoplankton Türlerinin Kalitatif ve Kantitatif Yönünden Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 52 s.
- Feyzioğlu, A.M. and Seyhan, K., 2007.** Phytoplankton Composition of South East Black Sea Coast, *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 13, 61-71.
- Furuya, K. and Marumo, R., 1983.** Size distribution of phytoplankton in the western Pacific Ocean and adjacent waters in summer. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 30, 21–32.
- Honjo, S., Hay, B., Manganini, S.J., Degens, E.T., Kempe, S., Ittekkot, V.A., Izdar, E., Konuk, T. and Benli, H.A., 1987.** Seasonal Cyclicity of Lithogenic Particle Fluxes at a Southern Black Sea Sediment Trap Station, *Mitt. Geol.-Palaont. Inst., University of Hamburg, F.R.G.*, 19-39.

- Hidalgo-Gonzalez, R.M. and Alvarez-Borrego, S., 2000.** Chlorophyll profiles and the water column structure in the Gulf of California. *Oceanologica Acta* 24, 19–2.
- Kara, A.B., Barron, C.N., Wallcraft, A.J., Oguz, T. and Casey, K.S., 2008.** Advantages of fine resolution SSTs for small ocean basins. Evaluation in the Black Sea, *Journal Of Geophysical Research*, 113, 8013, doi:10.1029/2007JC004569.
- Koca, L., 2014.** Güney Doğu Karadeniz Kıyıları (Rize) Diatom/Dinoflagellat Oranları Ve Pigment Kompozisyonunun Zamansal Değişimi, Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 40s.
- Kononen, K., Kuparinen, J., Makela, K., Laanemets. J., Pavelson, J. and Nammann, S., 1996.** Initiation of Cyanobacterial Blooms in a Frontal Region at the Entrance to the Gulf of Finland, Baltic Sea, *Limnol. Oceanogr.*, 41(1), 98-112.
- Konovalov, S.K. and Murray, J.W., 2001.** Variations In The Chemistry Of The Black Sea On A Time Scale Of Decades (1960-1995). *Journal Of Marine Systems* 31, 217-243.
- Kopelevich, O.V., Burenkov, V.I., Ershova, S.V., Sheberstov, S.V. and Evdoshenko, M.A., 2004.** Application of SeaWiFS data for Studying Variability of Bio-Optical Characteristics in the Barents, Black and Caspian Seas, *Deep Sea Research II*, 51, 1063-1091.
- Kopuz, Ü., 2012.** Doğu Karadeniz Pikoplankton (Cyanobakteri Ve Heterotrofik Bakteri) Biyomas Ve Dinamikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 170s.
- Koray, T. and Cihangir, B., 2002.** Denizlerde Ağır Plankton Üremesi (Red-Tide), Balık Ve Balıkçılığa Etkileri; İzmir Körfezi Örneği. Türkiye'nin Kıyı Ve Deniz Alanları IV. Ulusal Konferansı Tebliğleri, Türkiye Kıyıları 02, 05-08.
- Malkin S.Y., Silsbe G. M., Smith, R.E.H., 2012.** A deep chlorophyll maximum nourishes benthic filter feeders in the coastal zone of a large clear lake. *Limnol. Oceanogr.*, 57(3), 2012, 735–74.
- Mee, L.D., 1992.** The Black Sea in crisis: Call for concerned international action. *Ambio* 21, 278-286.
- Menden-Deuer, S. and Lessard, E.J., 2000.** Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. *Limnol Oceanogr.*, 45, 569-579.
- Miller, C., 2004.** Biological oceanography. Blackwell, ISBN:978-1-118-40954-1, 504 s.
- Mignot, A., Claustre, H., Uitz, J., Poteau, A., D'Ortenzio, F. and Xing X., 2014.** Understanding the seasonal dynamics of phytoplankton biomass and the deep chlorophyll maximum in oligotrophic environments: A Bio-Argo float

- investigation. A Bio-Argo float investigation, *Global Biogeochem. Cycles*, 28, 856–876.
- Murray, J.M., Codispoti, L.A. and Freiderich, G.E., 1995.** Oxidation-Reduction Environments: The Suboxic Zone in the Black Sea", In: *Aquatic Chemistry*, Huang, C.P., OMelia, C.R., and Morgan, J.J. (eds.), ACS Advances in Chemistry Series, 244, 157-176.
- Murray, J.M., Jannasch, H.W., Honjo, S., Anderson, R.F., Reeburgh, W.S., Top, Z., Friederich, G.E., Codispoti, L.A. and Izdar, E., 1989.** Unexpected Changes in the Oxic/Anoxic Interface in the Black Sea. *Nature*, 338, 411-413.
- Nincevic, Z., Marasovic, I. and Kuspilic, G., 2002.** Deep Chlorophyll maximum at one station in the middle Adriatic Sea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 82, 9-19.
- Nincevic Gladan, Z., Marasovic, I., Grbec, B., Skejic, S., Buzancic, M., Kuspilic, G., Matijevic, S. and Matic, F., 2010.** Inter-decadal variability in phytoplankton community in the Middle Adriatic (Kastela Bay) in relation to the North Atlantic Oscillation. *Estuaries and Coasts* 33 (2), 376-383.
- Oguz, T., Akoglu, E. and Salihoglu, B., 2012a.** Current state of overfishing and its regional differences in the Black Sea. *Ocean and Coastal Management*, 58, 47-56.
- Oguz, T., Salihoglu, B., Moncheva, S. and Abaza, V., 2012b.** Regional peculiarities of communitywide trophic cascades in strongly degraded Black Sea food web. *J. Plankton Res.*, 34, 338-343.
- Oguz, T., Latun, V.S., Latif, M.A., Vladimir, V.V., Sur, H.I., Markov, A.A., Ozsoy, E., Kotovhchikov, B.B., Ereemeev, V.V. and Unluata, U., 1993.** Circulation in the Surface and Intermediate Layers of the Black Sea. *Deep-Sea Research*, 40, 1597-1612.
- Polat, S. and Kayaalp, T., 2011.** Seasonal Changes Of Cell Volume Of Four Diatom Species In The Iskenderun Bay, Northeastern Mediterranean Sea. *Int.Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 13, 93-107.
- Polat, S. and Terbiyik, T., 2013.** Variations Of Planktonic Chlorophyll-A In Relation To Environmental Factors In A Mediterranean Coastal System (Iskenderun Bay, Northeastern Mediterranean Sea). *Sains Malaysiana*, 42, 1493-1499.
- Revelante, N. and Gilmartin, M., 1995.** The relative increase of larger phytoplankton in a subsurface chlorophyll maximum in Northern Adriatic Sea. *J. Plankton Res.*, 17, 1535–1562.
- Richardson, D.M. and Pysek, P., 2000.** Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6, 93–107.

- Rodriguez, F., Zapata, M. and Garrido, J.L., 1998.** High performance liquid chromatographic separation of chlorophyll c forms from marine phytoplankton on octylsilica bonded phases. *Chromatographia*, 48, 9-10.
- Roman, M.R., Caron, D., Kremer, A., Lessard, P.E.J., Madin, L.P., Malone, T.C., Napp, J.M., Peele, E.R. and Youngbluth, M.J., 1995.** Spatial and temporal changes in the partitioning of organic carbon in the plankton community of the Sargasso Sea off Bermuda, *Deep-Sea Research I*, 42, 973- 992.
- Rousseau, V., Becquevort, S., Parent, J.Y., Gasparini, S., Daro, M. H., Tackx, M. and Lancelot, C., 2000.** Trophic efficiency of the planktonic food web in a coastal ecosystem dominated by *Phaeocystis* colonies. *Journal of Sea Research*, 43, 357-372.
- Roy, R., Pratihary, A., Mangesh, G. and Naqvi, S.W.A., 2006.** Spatial variations of phytoplankton pigments along the southwest coast of India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 69, 189-195.
- Sakshaug, E. and Thingstad, T.F., 1990.** Control of phytoplankton growth in nutrient recycling ecosystems. Theory and terminology. *Marine Ecology Progress Series*, 63, 261-272.
- Saydam, C., Tugrul, S., Basturk, O. and Oguz, T., 1993.** Identification of the Oxidic/Anoxic Interface by Isopycnal Surfaces in the Black Sea. *Deep-Sea Research I*, 40 (7), 1405-1412.
- Scharek, R., 1999.** Spring development of phytoplankton biomass and composition in major water masses of the Atlantic sector of the Southern Ocean. *Deep Sea Research II*, 44, 1-2, 51-67.
- Silva, A., Mendes, C.R., Palma, S. and Brotas, V., 2008.** Short-time scale variation of phytoplankton succession in Lisbon bay (Portugal) as revealed by microscopy cell counts and HPLC pigment analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79, 230-238.
- Sorokin, Y.U., 1986.** *The Black Sea in: Ecosystem of the World, 26 Estuaries and Enclosed Seas.* Elsevier Publishing, New York, 253-292.
- Sournia, A., 1976.** *Phytoplankton Manual.* Muséum National d'Historie Naturelle, Paris. ISBN 92-3-101572-9, 337 s.
- Steidinger, K.A. and Tangen, K., 1996.** Dinoflagellates. In: C.R. Tomas (ed), *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*, Academic Press, New York: 387-598.
- Stramska, M. and Stramski, D., 2005.** Variability of particulate organic carbon concentration in the north polar Atlantic based on ocean color observations with Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS). *Journal of Geophysical Research*, 110, C10018. <http://dx.doi.org/10.1029/2004jc002762> .

- Takahashi, T., Tans, P.P. and Fung, I., 1992.** Balancing the Budget. *Oceanus* Volume 35, Number 1, 18-28.
- Tarran, G.A. and Bruun, J.T., 2015.** Nanoplankton and picoplankton in the Western English Channel: abundance and seasonality from 2007-2013. *Progress in Oceanography*, 137, 446-455.
- Taylor, J.R. and Ferrarib, R., 2011.** Shutdown of turbulent convection as a new criterion for the onset of spring phytoplankton blooms. *Limnol. Oceanogr.*, 56(6), 2011, 2293–2307.
- Tugrul, S., Basturk, O., Saydam, C. and Yilmaz, A., 1992.** Changes in the Hydrochemistry of the Black Sea Inferred from Water Density Profiles. *Nature*, 359, 137-139.
- Tuncer, G., Karakas, T., Balkas, T.I., Gokcay, C.F., Aygun, S., Yurteri, C. and Tuncel, G., 1998.** Land-Based Sources of Pollution Along the Black Sea Coast of Turkey: Concentrations and Annual Loads to the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 36 (6), 409-42.
- Valiela, I., 1984.** Marine ecological processes. Springer-Verlag, New York and Heidelberg, 346 p.
- Vedernikov, V.I. and Demidov, A.B., 1993.** Primary Production and Chlorophyll in the Deep Regions of the Black Sea, *Oceanology*, 33, 229-235
- Veldhuis, X.M.J. and Kraay, G.W., 1990.** Vertical distribution and pigment composition of apico planktonic prochlorophyte in the subtropical North Atlantic: A combined study of HPLC analysis of pigment and flow cytometry. *Mar. EcoLProg.Ser.*, 68, 121.
- Venrick, E.L., 1973.** Phytoplankton In An Oligotrophic Ocean: Observations And Questions. *Ecol. Monogr.* 52, 129-154.
- Vinogradov, M.E. and Shushkina, E.A., 1992.** Temporal Change In Community Structure In The Open Black Sea. *Oceanology*, 32, 485-491.
- Venrick, E.L., 1990.** Phytoplankton in an Oligotrophic Ocean: Species Structure and Interannual Variability. *ESA Headquarters*, 71, 4, 1547–1563.
- Washburn, L., Kadko, D.C., Jones, B.H., Hayward, T., Kosro, P.M., Stanton, T.P., Ramp, S. and Cowles, T., 1991.** Water mass subduction and the transport of phytoplankton in a coastal upwelling system. *J. Geophys. Res.*, 96, 14, 927-945.
- Waterbury, J.B., Valois, F.W. and Franks, D.G., 1986.** Biological and ecological characterization of the marine unicellular cyanobacterium *Synechococcus*. In: T. Platt and W. K. W. Li (Eds), *Photosynthetic picoplankton*, *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Science*, 214, 71- 120.

- Xiu, P., Liu, Y.G. and Tang, J.W., 2008.** Variations of ocean colour parameters with nonuniform vertical profiles of chlorophyll concentration. *International Journal of Remote Sensing* 29, 831–849.
- Yayla, M., Yılmaz, A. and Morkoç, E., 2001.** The Dynamics of Nutrient Enrichment and Primary Production Related to Recent Changes in the Ecosystem of the Black Sea. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 4, 33- 49.
- Yılmaz, A., 2002.** Türkiye Denizlerinin Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler, *Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences*, 26, 219- 235.
- Yılmaz, A., Ediger, D., Baştürk, Ö. and Tuğrul, S., 1994.** Phytoplankton fluorescence and deep chlorophyll maxima in the Northeastern Mediterranean. *Oceanologica Acta*, 17(1), 69-77.
- Yılmaz, A. and Tugrul, S., 1998.** The Effect of Cold- and Warm- Core Eddies on the Distribution and Stoichiometry of Dissolved Nutrients in the Northeastern Mediterranean. *Journal of Marine Systems*, 16(3-4), 253-268,
- Yılmaz, A., Çoban-Yıldız, Y., Karakoç, F.T. and Bologa, A., 2006.** Surface and Mid-Water Sources of Organic Carbon by Photoautotrophic and Chemoautotrophic Production in the Black Sea. *Deep-Sea Research II*, 53, 1988-2004.
- Yuney, O.A., Vladimir, I.V.A., Baştürk, Ö., Yılmaz, A., Kideys, A.E., Moncheva, S. and Kononov, S. K., 2002.** Long-term Variation of Surface Chlorophyll-a and Primary Production in the open Black Sea, *Marine Ecology Progress Series*, 230, 11-28.

EKLER

EK-1. Çalışma süresince YKMT’de rastlanılan fitoplankton türlerine ait bolluk değerleri (hücre. l⁻¹) ve rastlanma sıklığı (%).

	Nehir ağızı		Kıyı	
	Bolluk	%F	Bolluk	%F
DİATOM				
Pennat				
<i>Achnanthes</i> sp.	0-10	6	0-0	0
<i>Aulacoseira</i> sp.	0-0	0	0-95	6
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0-80500	19	0-52000	25
<i>Cymbella</i> sp.	0-0	0	0-5	6
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0-0	0	0-5	6
<i>Fragilaria</i> sp.	0-5	6	0-0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	0-0	0	0-5	6
<i>Navicula</i> sp.	0-15	6	0-5	6
<i>Nitzschia longissima</i>	0-46000	50	0-14000	38
<i>Nitzschia</i> sp.	0-11000	6	0-0	0
<i>Pleurosigma</i> sp.	0-5	31	0-10	25
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	0-25500	50	0-48500	44
<i>Pseudonitzschia seriata</i>	0-26000	50	0-17000	50
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0-99500	75	0-40000	69
<i>Thalassionema</i> sp.1	0-0	0	0-0	0
<i>Thalassionema</i> sp.	0-0	0	0-0	0
Sentrik				
<i>Biddulphia alternans</i>	0-30	25	0-25	19
<i>Cerataulina pelagica</i>	0-13000	44	0-15500	50
<i>Chaetoceros aequatorialis</i>	0-8500	6	0-20	13
<i>Chaetoceros affinis</i>	0-650	25	0-14000	25
<i>Chaetoceros compressus</i>	0-14500	19	0-40500	31
<i>Chaetoceros danicus</i>	0-9500	38	0-20500	38
<i>Chaetoceros densus</i>	0-0	0	0-32000	6
<i>Chaetoceros desipiens</i>	0-51000	44	0-18500	25
<i>Chaetoceros diadema</i>	0-25	25	0-40	6
<i>Chaetoceros didymus</i>	0-445	6	0-500	13
<i>Chaetoceros eibonii</i>	0-995	31	0-135	31
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0-940	50	0-19500	38
<i>Chaetoceros louderii</i>	0-340	13	0-0	0
<i>Chaetoceros muelleri</i>	0-0	0	0-10	6
<i>Chaetoceros</i> sp. 1	0-20	13	0-90	6
<i>Chaetoceros</i> sp. 2	0-90	19	0-20	6
<i>Chaetoceros</i> sp. 3	0-215	13	0-285	6

<i>Chaetoceros</i> sp. 4	0-0	0	0-1050	6
<i>Chaetoceros</i> sp. 5	0-185	6	0-0	0
<i>Chaetoceros</i> sp. 6	0-25	13	0-0	0
<i>Chaetoceros</i> sp. 7	0-0	0	0-190	6
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	0-20	19	0-20	19
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	0-0	0	0-5	6
<i>Ditylum brightwielli</i>	0-160	6	0-55	13
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0-50	19	0-140	13
<i>Hemiaulus siensis</i>	0-30	6	0-75	6
<i>Lauderia annulata</i>	0-0	0	0-0	0
<i>Rhizosolenia calcaravis</i>	0-33000	56	0-37500	63
<i>Rhizosolenia</i> sp. 1	0-85	19	0-160	19
<i>Proboscia alata</i>	0-26000	75	0-27500	63
<i>Proboscia</i> sp.	0-700	6	0-415	13
<i>Rhizosolenia</i> sp. 2	0-525	13	0-315	31
<i>Skeletonema costatum</i>	0-108000	44	0-262500	31
<i>Thalassiosira</i> sp.	0-305	69	0-95	56
<i>Thalassiosira anguste-linata</i>	0-0	0	0-0	0
<i>Triceratium</i> sp.	0-30	19	0-40	31
DINOFLAGELLAT				
Tekah				
<i>Alexandrium minutum</i>	0-45	44	0-225	44
<i>Akashiwo sanguinea</i>	0-0	0	0-0	0
<i>Alexandrium</i> sp.	0-25	38	0-85	31
<i>Alexandrium tamarense</i>	0-30	13	0-10	13
<i>Azadinium spinosum</i>	0-70	38	0-105	31
<i>Ceratium furca</i>	0-565	81	0-385	81
<i>Ceratium fusus</i>	0-440	56	0-545	38
<i>Ceratium minutum</i>	0-0	0	0-10	6
<i>Ceratium tripos</i>	0-680	56	0-205	88
<i>Ceratium</i> sp. 1	0-75	6	0-0	0
<i>Ceratium</i> sp. 2	0-95	63	0-240	88
<i>Ceratium</i> sp. 3	0-5	13	0-0	0
<i>Ceratium</i> sp. 4	0-20	25	0-0	0
<i>Ceratium</i> sp. 5	0-115	31	0-235	44
<i>Ceratium</i> sp. 6	0-35	13	0-40	31
<i>Ceratium</i> sp. 7	0-5	6	0-15	6
<i>Dinophysis acuminata</i>	0-20	38	0-35	31
<i>Dinophysis acuta</i>	0-70	38	0-90	31
<i>Dinophysis caudata</i>	0-120	38	0-115	31
<i>Dinophysis constricta</i>	0-5	6	0-5	6

<i>Dinophysis fortii</i>	0-25	38	0-125	44
<i>Dinophysis ovata</i>	0-20	6	0-40	19
<i>Glenodinium pilula</i>	0-0	0	0-0	0
<i>Gonyaulax digitale</i>	0-5	6	0-0	0
<i>Gonyaulax grindleyi</i>	0-60	19	0-15	25
<i>Gonyaulax polyedra</i>	0-65	19	0-95	31
<i>Gonyaulax spinifera</i>	0-125	56	0-130	69
<i>Gonyaulax</i> sp. 1	0-10	6	0-10	6
<i>Gonyaulax</i> sp. 2	0-0	0	0-5	6
<i>Gonyaulax</i> sp. 3	0-5	6	0-20	6
<i>Gonyaulax</i> sp. 4	0-0	0	0-20	6
<i>Gonyaulax</i> sp. 5	0-5	6	0-5	6
<i>Heterocapsa ratundata</i>	0-10	6	0-10	6
<i>Lingulidinium polyhedra</i>	0-170	6	0-0	0
<i>Prorocentrum compressum</i>	0-440	94	0-595	94
<i>Prorocentrum micans</i>	0-170	75	0-365	81
<i>Prorocentrum minimum</i>	0-1390	88	0-660	88
<i>Prorocentrum robustum</i>	0-15	31	0-15	13
<i>Protoperidinium</i> sp.	0-0	0	0-20	13
<i>Pyrophacus steinii</i>	0-5	6	0-0	0
<i>Scripsiella trochoidea</i>	0-85	38	0-310	69
<i>Scripsiella</i> sp. 1	0-40	19	0-20	6
<i>Scripsiella</i> sp. 2	0-30	6	0-10	13
Tekasız				
<i>Cochlodinium</i> sp.	0-5	6	0-0	0
<i>Dissodinium</i> sp.	0-10	6	0-0	0
<i>Gymnodinium</i> sp.	0-30	6	0-40	6
<i>Gyrodinium</i> sp.	0-85	63	0-240	44
<i>Heterocapsa triquetra</i>	0-135	56	0-140	38
<i>Karenia</i> sp.	0-120	25	0-125	31
<i>Mesoporous perforatus</i>	0-10	13	0-180	31
<i>Pyrophacus horologium</i>	0-5	6	0-5	6
<i>Torodinium</i> sp.	0-45	44	0-30	38
Kist	0-20	63	0-80	44
Tanımlanamayan tür	0-10	6	0-10	6

ÖZGEÇMİŞ

Merve KARAAHMETOĞLU, 14/11/1986 tarihinde Trabzon ili Of ilçesinde doğdu. İlkokulunu 1997 yılında Zonguldak ilinde Yayla İlkokulunda, orta öğretimini 2000 yılında Zonguldak ilinde Fener Ortaokulu'nda ve lise öğrenimini 2003 yılında Zonguldak ili Fener Lisesi'nde tamamladı. 2005 yılında başladığı lisans eğitimini 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Rize Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Bölümü'nde 3,24 diploma notu ile bölüm 2.si olarak tamamladı. 2014 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans öğrenimi halen devam ettirmektedir. Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumunda Ödeme Talep Biriminde, Kıdemli Ödeme Talep Uzmanı olarak 2012 yılı itibariyle görev yapmaktadır. Orta seviyede İngilizce bilmektedir. İyi düzeyde bilgisayar kullanmaktadır.