

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEYDOĞU KARADENİZ'DE PİGMENTE DAYALI
FİTOPLANKTON BOY GRUPLARININ FOTİK BÖLGE
DİNAMIĞI

NAZLI GENÇ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. ERTUĞRUL AĞIRBAŞ

TEZ JÜRİLERİ

PROF. DR. ALİ MUZAFFER FEYZİOĞLU

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÜLGEN AYTAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

RİZE-2018

Her Hakkı Saklıdır

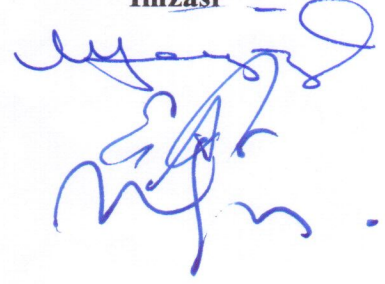
T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


**GÜNEYDOĞU KARADENİZ'DE PİGMENTE DAYALI FİTOPLANKTON BOY
GRUPLARININ FOTİK BÖLGE DİNAMİĞİ**


Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ danışmanlığında Nazlı GENÇ tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 14/05/2018 tarihinde Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı
Başkan	: Prof. Dr. Ali Muzaffer FEYZİOĞLU
Üye	: Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Ülgen AYTAN

İmzası




Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



ÖNSÖZ

“Güneydoğu Karadeniz’de Pigmente Dayalı Fitoplankton Boy Gruplarının Fotik Bölge Dinamiği” isimli bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı’nda “Yüksek Lisans Tezi” olarak hazırlanmıştır. Bu tezin yürütülmesindeki desteğinden dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu’na (TÜBİTAK) teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmayı yapma olanağı sağlayan, yüksek lisans öğrenimim boyunca, tez aşamasının her anında önerileri ve paylaşımlarıyla yardımını ve desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ’a teşekkürlerimi borç bilirim. Laboratuvar çalışmalarında her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen, Merve Nuriye KARADENİZ, Mustafa BAKIRCI ve Dr. Öğr. Üyesi Ülgen AYTAN’ın yürütücülüğünde 114Y232 nolu TÜBİTAK proje ekibine teşekkür ederim. Projenin başarıyla yürütülmesi için kurumsal desteğini esirgemeyen Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi ve Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü yönetimlerine teşekkür ederim. Deniz çalışmaları esnasında yardımlarından dolayı R/V SÜRAT ARAŞTIRMA I, R/V KTÜ-DENAR-1 ve R/V KARADENİZ ARAŞTIRMA kaptanları ve gemi adamlarına teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında, eğitimim sırasında ne zaman ihtiyaç duysam yanımda olan, maddi ve manevi desteklerinin esirgemeyen canım ailem; dedem Hasan Hüseyin KOÇOĞLU, babaannem Fatma Nazlı KOÇOĞLU, babam Baha Ertan KOÇOĞLU annem Arzu AKSOYLU, sevgili eşim Ferhat GENÇ ve yakın dostum Emire ARSLAN a tüm kalbimle teşekkür ederim.

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

Nazlı GENÇ

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Güneydoğu Karadeniz’de Pigmente Dayalı Fitoplankton Boy Gruplarının Fotik Bölge Dinamiği” 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.
05/04/2018


Nazlı GENÇ

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 PİGMENTE DAYALI FİTOPLANKTON BOY GRUPLARININ FOTİK BÖLGE DİNAMİĞİ

Nazlı GENÇ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ

Mayıs 2015-Nisan 2016 tarihleri arasında Güney Doğu Karadeniz'de yürütülen bu çalışmada pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının (FBG) zamansal ve alansal değişimi araştırılmıştır. Araştırma kapsamında 3 farklı istasyonda (0,5; 5 ve 20 deniz mili) yüzeyden itibaren 50 m derinliğe kadar aylık örnekleme yapılmıştır. Örnekleme SBE32 çoklu su örnekleycisi ile gerçekleştirilmiştir. HPLC ile pigment analizleri için alınan deniz suyu örnekleri 47 mm çaplı GF/F filtrelerden süzülerek analiz aşamasına kadar sıvı azot içerisinde (-196°C) muhafaza edilmiştir. İstasyonlara ait deniz suyu parametrelerinde ölçümler in-situ olarak SBE19 CTD kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bölgede baskın pigment klorofil-*a* olup (ortalama 2,50 µg/L) klorofil-*a*'dan sonra en baskın pigment fukoksantin olup (ortalama 0,63 µg/L) bunu sırasıyla peridinin pigmenti (ortalama 0,54 µg/L) ve 19'-Heksanoloksifukoksantin (ortalama 0,24 µg/L) takip etmiştir. Fitoplankton boy gruplarının toplam fitoplanktona yaptıkları katkı mikroplankton, nanoplankton ve pikoplankton, için sırası ile %8-91; %1-68 ve %2-70 arasında değişim göstermiştir. Kıyı istasyonlar genellikle mikroplankton tarafından domine edilirken açık istasyonlar ağırlıklı olarak nanoplankton veya pikoplankton tarafından temsil edilmiştir. Zamansal olarak bir değerlendirme yapıldığında ilkbahar döneminde bariz bir şekilde yüksek olan mikroplankton katkı oranlarının yaz mevsiminde azalarak yerini pikoplanktona bırakmıştır.

2018, 48 sayfa

Anahtar Kelimeler: Fitoplankton, Boy Grupları, HPLC, Güney Doğu Karadeniz

ABSTRACT

PHOTIC ZONE DYNAMICS OF PHYTOPLANKTON SIZE CLASSES DERIVED FROM PIGMENTS IN THE SOUTH-EASTERN BLACK SEA

Nazlı GENÇ

Recep Tayyip Erdoğan University
Graduate School of Naturel and Applied Sciences
Department of Fisheries
Master Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ

Spatial and temporal changes of phytoplankton size classes (PSC) derived from pigment analyses between May 2015 and April 2016 in the South-Eastern Black Sea were investigated. Within the scope of the study, monthly samples from surface to 50 m depth were collected from 3 different stations (0.5, 5 and 20 nautical miles). Samples were obtained by using SBE32 Carousel rosette sampler. Samples were filtered throughout a 47-mm diameter GF/F, and stored in liquid nitrogen (-196°C) until analyses.

The dominant pigment in the area was chlorophyll-*a* (mean 2,50 µg/L) revealed a consistency with phytoplankton cell numbers. The second prominent pigment was fucoxanthin (mean 0,63 µg/L) and followed by peridinin (mean 0,54 µg/L) and 19-Hexanoyloxifucxanthin (mean 0,24 µg/L). HPLC analyses revealed that the contribution of phytoplankton size classes to total phytoplankton community composition ranged from 8% to 91%, from 1% to 68%, and from 2% to 70% for microplankton, nanoplankton, and picoplankton respectively. Coastal stations were generally dominated by microplankton, however, offshore stations were mainly represented by nanoplankton or picoplankton. In terms of temporal changes, contribution of microplankton was generally high in spring, and their contribution decreased throughout summer, which picoplankton were characterised with high contribution.

2018, 48 pages

Keywords: Phytoplankton, Size Classes, HPLC, South-Eastern Black Sea

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Fotosentetik Pigmentler.....	2
1.3. Pigmente Dayalı Boy Gruplarının Tahmini ve Marker Pigmentler.....	3
1.4. Karadeniz Ekosistemi ve Yapılan Çalışmalar.....	4
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	8
2.1. Materyal ve Metot.....	8
2.1.1. Çalışma Bölgesi.....	8
2.1.2. HPLC ve Pigment Analizleri.....	10
2.1.3. Pigmente Dayalı Boy Fitoplanktonik Gruplarının Belirlenmesi.....	15
2.1.4. Besin Elementleri Analizi.....	15
2.1.5. İstatistiksel Analizler.....	16
3. BULGULAR.....	17
3.1. Hidrografi.....	17
3.2. In-situ-Floresan (Klorofil-a).....	18
3.3. Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR).....	19
3.4. Besin Elementleri.....	20
3.5. Pigment Kompozisyonu.....	22
3.6. Pigmente Dayalı Fitoplankton Boy Grupları.....	26
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	30
4. 1. Hidrografi.....	30
4. 2. Besin Elementi Dinamiği.....	31

4. 3.	Pigment ve Fitoplankton Boy Grupları	33
5.	ÖNERİLER	39
	KAYNAKLAR	41
	ÖZGEÇMİŞ	48



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Çalışma sahası ve örnekleme istasyonları: Nehir Ağzı, Kıyı, Açık.	8
Şekil 2.	İstasyonlarda gerçekleştirilen PAR ölçümleri.....	9
Şekil 3.	Örneklemeelerde kullanılan çoklu su örnekleme cihazı ve CTD prob.....	10
Şekil 4.	HPLC analizleri için deniz suyu örneklerinin GF/F filtrelerden süzülmesi...	11
Şekil 5.	Sıvı azot içerisinde GF/F filtrelerin muhafazası	11
Şekil 6.	Filtrelerin falkon tüplere yerleştirilmesi.....	12
Şekil 7.	Sonikatör yardımı ile ekstraksiyon işleminin yapılması	12
Şekil 8.	Analiz öncesi örneklerin santrifüj edilmesi.....	13
Şekil 9.	HPLC cihazı ile pigment analiz aşaması.....	14
Şekil 10.	Örnekleme istasyonlarına ait sıcaklık profilleri.	17
Şekil 11.	Örnekleme istasyonlarına ait tuzluluk profilleri.....	18
Şekil 12.	Örnekleme istasyonlarına ait in-situ floresan profilleri.....	19
Şekil 13.	İstasyonlara ait PAR derinlikleri	19
Şekil 14.	Örnekleme istasyonlarına ait nitrit+nitrat profilleri.	20
Şekil 15.	Örnekleme istasyonlarına ait fosfat profilleri.....	21
Şekil 16.	Örnekleme istasyonlarına ait silikat profilleri.	21
Şekil 17.	Örnekleme istasyonlarına ait pikoplankton katkı (%) oranları.	26
Şekil 18.	Örnekleme istasyonlarına ait nanoplankton katkı (%) oranları.....	27
Şekil 19.	Örnekleme istasyonlarına ait mikrop plankton katkı (%) oranları.	28

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Çalışma sahasına ait örnekleme istasyon derinlik ve koordinatları	8
Tablo 2. Nehir Ağzı istasyonu için ölçülen HPLC pigment konsantrasyonları	23
Tablo 3. Kıyı istasyonu için ölçülen HPLC pigment konsantrasyonları	24
Tablo 4. Açık istasyonu için ölçülen HPLC pigment konsantrasyonları	25
Tablo 5. Nehir Ağzı ist. için gerçekleştirilen Spearman Korelasyonu sonuçları.....	29
Tablo 6. Kıyı istasyonu için gerçekleştirilen Spearman Korelasyonu sonuçları.....	29
Tablo 7. Açık istasyonu için gerçekleştirilen Spearman Korelasyonu sonuçları.	29
Tablo 8. Karadeniz’de yürütölen klorofil-a çalışmaları	35

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

% _o	Binde
°C	Santigrat Derece
µg	Mikrogram
µM	Mikromol
Allo	Alloksantin
But-fuco	19-Butanoloksifukoksantin
CO ₂	Karbondioksit
CTD	İletkenlik, Tuzluluk, Derinlik
DP	Diyagnostik Pigmentler
DAD	Diode Array Dedektör
f _{micro}	Mikroplanktonik Fraksiyon
f _{nano}	Nanoplanktonik Fraksiyon
f _{pico}	Pikoplanktonik Fraksiyon
Fuco	Fukoksantin
Hex-fuco	19 Heksanoloksifukoksantin
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
H ₂ S	Hidrojen Sülfür
Km	Kilometre
L	Litre
PAR	Fotosentetik Aktif Radyasyon, Deniz Yüzeyindeki Güneş Radyasyonunun %1'e düştüğü derinlik
Perid	Peridin
Chl b	Klorofil b
TChl b	Toplam Klorofil b
vb	Ve Benzeri
vd	Ve Diğerleri
Zea	Zeaksantin
Cp (µg L ⁻¹)	Pigment Konsantrasyonu
Ap (mAU*s)	Pik Alanı
Rf (ngmAU ⁻¹)	Kalibrasyon Eğrisinin Eğimi (ng kolon ⁻¹)
Vfilt (L)	Süzülen Su Hacmi

Vext (mL)	Ekstraksiyon için kullanılan çözücü hacmi
Vinj (μ L)	Kromatografi sistemine enjekte edilen örnek hacmi,
B	Tampon seyreltme faktörü
FBG	Fitoplankton Boy Grupları



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Pelajik ekosistem içerisinde organik üretimin büyük bir bölümünden sorumlu olan fitoplankton besin zinciri yolu ile zooplanktondan, balıklardan kuşlara ve memeli hayvanlara kadar enerjinin aktarılmasında önemli rol oynarlar (Tait ve Dipper, 2001). Sahip oldukları yüksek fotosentetik kapasiteleri sayesinde yeryüzündeki birincil üretimin yarısını oluştururken (Falkowski vd., 2007, Boyce vd., 2010) denizel ortamdaki üretimin neredeyse tamamını oluştururlar (Mackas, 2011). Diğer taraftan ekosistemin karbondioksit konsantrasyonunu etkileyerek pH dengesini sağlarken, antropojenik kaynaklı CO₂ salınımını büyük oranda (1/3) düşürerek sera gazı etkisini azaltmaya yardımcı olurlar (Takahashi vd., 2002; Sabine ve Felly, 2007). Bu önemli rollerinden dolayı fitoplankton topluluklarında meydana gelen değişimler pelajik ekosistemin verimliliğini ciddi anlamda etkiler (Nagata vd., 1996).

Fitoplanktonik çalışmalar geleneksel olarak mikroskop kullanılarak yürütülmektedir. Bu teknik klasik bir yöntem olup, türlerin taksonomik özelliklerinin kullanılarak teşhisi, hücre sayılarının sayılması ve biyomaslarının belirlenmesini kapsamaktadır (Utermohl, 1958; Booth, 1993; Eker-Develi vd., 2008). Ancak, zaman alan (örnek hazırlanması, çöktürülmesi vb.) ve ciddi manada uzmanlık gerektiren bir teknik olması nedeniyle mikroskopik hücre sayımı kısa zamanda fazla sayıda örnek çalışılmasına imkân vermemektedir. Ayrıca taksonomik olarak dış yapısal özellikleri bulunmayan pikoplankton ($\leq 2 \mu\text{m}$) gibi küçük fitoplanktonik grupların teşhisinde de sıkıntılar yaşanmaktadır (Mackey vd., 1996).

Fitoplankton biyokütle tahminlerinde kullanılan klorofil-*a*, denizel sistemlerde fitoplanktonun bölgesel dağılımı, taksonomik kompozisyonu ve fizyolojisini değerlendirmede uzun zamandır yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Klorofil-*a* fotosentezdeki temel pigment olup, diğer pigmentler yardımcı veya marker (belirteç) pigment olarak isimlendirilmektedir. Her pigment farklı dalga boyundaki ışığa duyarlı

olup, farklı dalga boyundaki ışığın ulaştığı derinliklerde fotosentezi meydana getirmektedir (Yücel, 2017).

Klorofil-*a* başta olmak üzere pigmentler geleneksel olarak spektrofotometrik ve florometrik yöntemlerle ölçülmektedir. Ancak bu yöntemlerin birbirlerine karşı dezavantajları (örneğin pigmentlerin bozunma ürünlerinden kaynaklanan spektral sapmalar ve yanlış absorbans okumaları vb) bulunmaktadır (Gibb vd., 2001). Diğer taraftan yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) tekniği ile fitoplankton toplulukları hakkında bilgi veren klorofil *a* ve diğer marker pigmentler hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilebilmektedir (Mantoura ve Llewellyn, 1983; Jeffrey vd., 1997). Aynı zamanda HPLC tekniği, açık denizler ve subtropikal bölgeler gibi verimliliğin düşük olduğu ortamlarda fitoplankton gruplarının ve oranlarının tespitinde daha başarılı ve hızlı bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Li vd., 1993; Partensky vd., 1993; Bell ve Kalff 2001).

1.2. Fotosentetik Pigmentler

Fotosentetik pigmentler, fotosentezde sahip oldukları önemli rollerinden dolayı yıllardır birçok araştırmacının ilgi konusu olmuştur (Vollenweider, 1974). Güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesi alglerin kloroplastlarında bulunan klorofil ve diğer yardımcı pigmentler sayesinde olur. Dominant pigment klorofil-*a* olmasına rağmen klorofil *b*, *c*, *d* ve yardımcı pigmentler (karotenler, ksantofiller ve fikobilinler)'de birçok türde bulunabilir. Bütün bu fotosentetik pigmentler 400-700 nm arasındaki görünür ışığı absorblar fakat her pigment farklı ışık spektrumuna sahiptir. Örneğin klorofil-*a* en çok mavi (430 nm) ve kırmızı dalga boyundaki (680 nm) ışığı absorblarken yeşil ışığı yansıtır. β -Karoten ve fukoksantin gibi karotenoid pigmentler ve klorofil-*b* 400-520 nm spektral aralıktaki ışığı absorblarken fikoeitrin 490-570 nm spektral aralıktaki ışığı en iyi şekilde kullanırlar. Fikosiyanın ve allofikosiyanın ise 550-630 nm spektral aralıktaki ışığı optimum düzeyde kullanırlar. Farklı pigment kompozisyonuna sahip olan fotosentetik organizmalar ışığı en iyi şekilde kullanabilmek için derinliğe bağlı olarak ışık adaptasyonu gösterirler (Kaiser vd., 2005).

Klorofil-*a* fitoplankton canlı kütlesinin (biyomas) tahmininde uzun zamandır kullanılan eşsiz bir pigmenttir (Boyce vd., 2010). Klorofil-*a*, dört pirol grubunun oluşturduğu porfirin halkasından meydana gelmiştir. Porfirin halkasının merkezinde ise magnezyum atomu bulunur. Ayrıca tetra pirol halka sisteminin 4. halkasında C7'ye bağlanan bir dallanmamış hidrokarbon zinciri, vinil-9-keto-10-karbometofetoksiforbin fitil -7- propiyonatın magnezyum atomu ile yaptığı bir bileşiktir. Tek hücreli ve diğer bitkisel organizmalarda yeşil renkli pigment olan klorofil-*a* özellikle deniz suyunda fitoplankton biyomasının bir göstergesidir. Klorofil-*a* pigmenti bütün bitkilerde ana pigment olarak mevcuttur. Klorofil-*b*, yeşil alglerin ve yüksek bitkilerin karakteristiği olan aksesuar bir pigmenttir. Doğrudan doğruya fotosenteze girmemekle birlikte güneş enerjisini absorbe ederek onu klorofil-*a*'ya taşır. Klorofil-*c*'de benzer şekilde aksesuar pigment olup fotosentetik pigmentlerin en az bilinenidir.

Klorofil-*a* ve diğer aksesuar pigmentlerin yanı sıra fitoplanktonik gruplara özgü olan marker pigmentler kullanılarak fitoplankton biyoması ve grupların katkısı da kolaylıkla ortaya konulabilmektedir (Uitz vd., 2006). Örneğin 19'-Heksanoloksifukoksantin (Heks), fukoksantin (Fuko) ve 19'-Butanoloksifukoksantin (But) pigmentleri sırasıyla prymnesiophyte, diatom ve *chrysophytes* için marker olarak kullanılabilir (Wright ve Jeffrey, 1987; Mantoura vd., 1993; Millie vd., 1993; Barlow 1997).

1.3. Pigmente Dayalı Boy Gruplarının Tahmini ve Marker Pigmentler

Deniz suyundaki fotosentetik pigmentlerin konsantrasyonunun bilinmesi fitoplankton grupları hakkında bilgi verebilmektedir. Bu bilgiyi kısmen klorofil ve feopigment analizlerinden elde etmek mümkün olsa bile bazı grupları için yetersiz kalmaktadır (Wright vd., 1996). Klorofil-*a* pigmentinin yanı sıra fitoplanktonik gruplara özgü olan marker pigmentler kullanılarak da fitoplankton biyoması ve fitoplanktonik grupların katkısı da kolaylıkla ortaya konulabilmektedir (Uitz vd., 2006). Örneğin Bacillariophyta (diatom) (Stauber ve Jeffrey, 1988), Cyanophyta (mavi-yeşil algler) (Guillard vd., 1985; Millie vd., 1993) ve Chlorophyta (yeşil algler) (Jeffrey ve Vest, 1997) için sırasıyla Fuko, Zea ve Klorofil-*b* marker pigment olarak kullanılmaktadır. Bunun ötesinde her bir marker pigmentin klorofil-*a*'ya oranları uygun faktörler ile

kıyaslanarak deniz suyu örneğindeki fitoplankton boy gruplarının (pikoplankton, nanoplankton ve mikropilankton) oransal dağılımı da belirlenebilir (Gieskes ve Kraay, 1983; Wright vd., 1987; Wright vd., 1996; Obayashi vd., 2001, Ediger vd., 2006).

Klorofil-*a* diğer pigmentlere göre daha çabuk sentezlenip parçalanabilen bir pigment olduğu için dış çevrede meydana gelen değişimlere çok hızlı tepki verebilmekte ve bundan dolayı temel pigment olarak değerlendirilmektedir. Diğer taraftan aksesuar pigmentler alg gruplarının fizyolojik durumu ve taksonomik kompozisyonu hakkında bilgi verebilmektedir. Pigmentlerin bu özelliklerden yola çıkılarak fitoplanktonik grupları taksonomik olarak tanımlamada çeşitli “pigment indeksleri” kullanılmaktadır. Bu amaçla fitoplanktonik grupları temsilen yedi ana pigment (Fuko, perid, 19-Heks, 19-But, Allo, Klorofil *b* ve Zea) kullanılır. Bütün bunların toplamı “diyagnostik pigment” olarak tanımlanır ve bu oranlar aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Uitz vd., 2006);

$$DP = (\text{Fuko}) + (\text{Perid}) + (19\text{-Heks}) + (19\text{-But}) + (\text{Allo}) + (\text{TChl } b) + (\text{Zea}) \quad (1)$$

Bu formülde DP tüm “diyagnostik pigmentlerin” toplamını ifade eder.

Fitoplankton boy gruplarını (mikropilankton, nanoplankton ve pikoplankton) tanımlamak için aşağıdaki eşitlikler kullanılır;

$$\text{Mikropilankton} = (\text{Fuko}) + (\text{Perid}) / DP \quad (2)$$

$$\text{Nanoplankton} = (19\text{-Heks}) + (19\text{-But}) + (\text{Allo}) / DP \quad (3)$$

$$\text{Pikoplankton} = (\text{TChl } b) + (\text{Zea}) / DP \quad (4)$$

1.4. Karadeniz Ekosistemi ve Yapılan Çalışmalar

Karadeniz; 40°-46° K enlemleri ile 27°-41° D boylamları arasında yer alan yarı kapalı bir iç denizdir. Güneybatıda Türk Boğazlar Sisteminin olanak verdiği ölçüde diğer denizlerle bağlantılıdır. Yüzeiden 150 m derinliğe kadar (toplam hacmin % 15'i kadar) oksijen içerir, daha derinlerinde ise hidrojen sülfür bulundurulur, bu da hemen hemen tamamı oksijensiz bir ortamın oluşmasına sebep olur. Dünyanın en büyük anoksik havzası olan Karadeniz'in yüzey alanı $4,2 \times 10^5 \text{ km}^2$ ve hacmi $5,3 \times 10^5 \text{ km}^3$ tür.

En derin yeri yaklaşık 2300 m iken ortalama derinliği 1240 m olarak rapor edilmiştir (Ross vd., 1974).

Tuna, Dinyeper, Dinyester ve Don gibi büyük nehirlerin denize döküldüğü Karadeniz'in kuzeybatı kıyıları geniş bir kıta sahanlığına sahiptir. Yüzey sularının karakteristiği temelde tatlı su girdisi tarafından kontrol edilmektedir ve sığ İstanbul Boğazından giren Akdeniz suları ile yakından ilişkilidir. Büyük bir kısmı Tuna, Dinyeper ve Dinyester nehirlerinden sağlanan tatlı su girdisi (yaklaşık $400 \text{ km}^3 \text{ yıl}^{-1}$) buharlaşma yolu ile gerçekleşen su kaybından ($350 \text{ km}^3 \text{ yıl}^{-1}$) daha yüksektir, bu sebepten Karadeniz pozitif bir su dengesine sahiptir. Soğuk ve az tuzlu suların yüzeyde, daha sıcak ve tuzlu sular ise daha derinlerde yer aldığı Karadeniz kendine has bir tabakalaşma yapısı gösterir. Yüzeyde az tuzlu suların yer alması tatlı su girdisinin fazla olması ile oluşmuştur, derinlerdeki tuzlu sular ise Akdeniz etkisini yansıtır.

Drenaj havzası oldukça geniş olan Karadeniz'in yüzey sularına hem karadan ve atmosferden hem de kendi ara tabaka sularından dikey karışım ve difüzyon yoluyla inorganik besin elementleri (fosfat, nitrat, amonyak) taşınmaktadır. Bu girdiler, fotosentez yoluyla hemen (kış koşulları hariç) kullanıldığından, Karadeniz yüzey tabakasında inorganik besin tuzları birikimi olmamaktadır (Kıdeyş vd., 2000). Besleyici elementlerden fosfatın, Karadeniz'de karasal kaynaklardan desteklendiği ve yoğunluğunun özellikle nehir girdilerinden ve bunun yanı sıra fitoplankton aktivitelerinden etkilendiği birçok araştırmacı tarafından vurgulanmaktadır (Brewer ve Murray, 1973; Bologna, 1986; Zaitsev, 1991). Karadeniz'e toplam tatlı su girdisinin %70'ini oluşturan Tuna nehrinden gelen reaktif silikat derişiminde 1970'li yıllarda baraj açılmasını takiben günümüze kadar 2/3 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda Karadeniz yüzey sularında reaktif silikatın %60 oranında azaldığı gözlenmiştir. Reaktif silikattaki bu azalma fitoplankton kompozisyonlarında 1990'lı yılların başında dramatik değişimlere neden olmuştur (Kıdeyş vd., 2000).

Tüm denizlerde olduğu gibi Karadeniz'de de fitoplanktonun yapısal ve fonksiyonel özellikleri ekosistem ile yakından ilgilidir. Bundan dolayı planktonik organizmalar ekosistemin mevcut durumunu tanımlamada indikatör olarak değerlendirilmektedir (Yunev vd., 2002). Madde döngüsünde, besin zincirinin

etkinliğinde ve enerji transferinde sahip oldukları önemli rollerinden dolayı fitoplankton komünite yapısının bilinmesi önemlidir. Karadeniz'in fotik bölgesi fitoplankton ve pigment karakterizasyonu çalışmaları için ideal bir çevre sağlamaktadır. Karadeniz planktonik açıdan son derece verimli bir deniz olmasına karşın yürütülen çalışmaların mikroskobik hücre sayımları ve türlerin tespitine yönelik çalışmalar olduğu görülmektedir. Araştırmalar ağırlıklı olarak Rusya ve Romanya kaynaklı olup Anadolu sahillerinde yürütülen çalışmalar ise daha çok geniş alanlarda mevsimlik ya da bölgesel fitoplankton türlerini izlemeye yönelik programlar şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Ağırbaş, 2010; 2016). Ancak pigment-fitoplankton boy grupları üzerine olan çalışmaların azınlıkta olduğu da dikkat çekicidir (Ağırbaş, 2016).

Birçok araştırma grubu Karadeniz ekosisteminde meydana gelen hızlı değişimleri ve ileriye dönük etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla klorofil-*a*'nın mevsimsel değişimini *in-situ* (yerinde) ve uzaktan algılama teknikleriyle takip etmişlerdir (Chu vd., 2005). Benzer şekilde Rus araştırmacılar tarafından yürütülen bir çalışmada kış ve sonbahar mevsimi klorofil-*a* değişimleri karşılaştırılmıştır (Krupatkina ve Berseneva, 1995). Ukrayna kıyılarında yapılan başka bir araştırmada ise yüzey fitoplanktonundaki fotosentetik parametrelerin değişimi 4 yıl boyunca takip edilmiştir (Finenko vd., 2002). Kopelevich vd. (2002) Karadeniz'de yüzey klorofil değişimini uydu ve *in-situ* ölçüm teknikleri ile 8 yıllık bir dönemde takip etmiş, klorofil-*a*'nın alansal ve zamansal dağılımını ortaya koymuşlardır. Diğer taraftan; 1997-2008 yıllarına ait aylık klorofil *a* verileri de ODTÜ deniz bilimleri enstitüsü tarafından hazırlanarak internet üzerinden kullanıma sunulmuştur (Ağırbaş, 2010).

Pigmente dayalı fitoplankton çalışmaları dünya denizlerinde uzun zamandır kullanılan bir teknik olup başarı ile uygulanmaktadır (Wright ve Jeffrey, 1987; Gieskes, 1991; Millie vd., 1993; Jeffrey ve Vesk., 1997, Gibb vd., 2000, 2001; Barlow vd., 2002, 2004; Aiken vd., 2009, Ağırbaş vd., 2015). Karadeniz'de pigmente dayalı yürütülen çalışmalar ağırlıklı olarak klorofil-*a* üzerine olup (Yılmaz vd., 1998; Yunev vd., 2002; Eker-Develi vd., 2003; Kopelevich vd., 2004; Yılmaz vd., 2006) HPLC-pigment çalışmaları ise son yıllarda giderek artmaktadır (Ediger vd., 2006; Eker-Develi vd., 2012; Ağırbaş, 2010; Koca, 2014; Türkmen, 2016; Ağırbaş vd., 2017). Ediger vd. (2006)'nin Güneybatı Karadeniz kıyılarında yaptıkları çalışmada tek mevsimde alınan

örneklerde HPLC tekniği ile pigment analizi yapılmış ve fitoplankton populasyonunun yapısı ortaya konmaya çalışılmıştır. Ağırbaş (2010) Güneydoğu Karadeniz sahillerinde pigment konsantrasyonlarının yıl içerisindeki değişimleri, fitoplankton gruplarına göre dağılımı ve derinliğe bağlı değişimlerini incelemiştir. Eker-Develi vd. (2012) ise Kuzeybatı kıta sahanlığında fitoplankton biyoması ve marker pigment oranlarını araştırmıştır. Güneydoğu Karadeniz Rize sahillerinde Koca (2014) tarafından aylık olarak yürütölen çalışmada diatom ve dinoflagellat oranları ile pigment kompozisyonunun zamansal ve alansal değişimi araştırılmıştır. Türkmen (2016), Güneydoğu Karadeniz kıyılarında (Artvin-Giresun) pigment kompozisyonunun mevsimsel değişimini araştırmış ve fitoplankton boy gruplarının zamansal ve alansal değişimini ortaya koymaya çalışılmıştır.

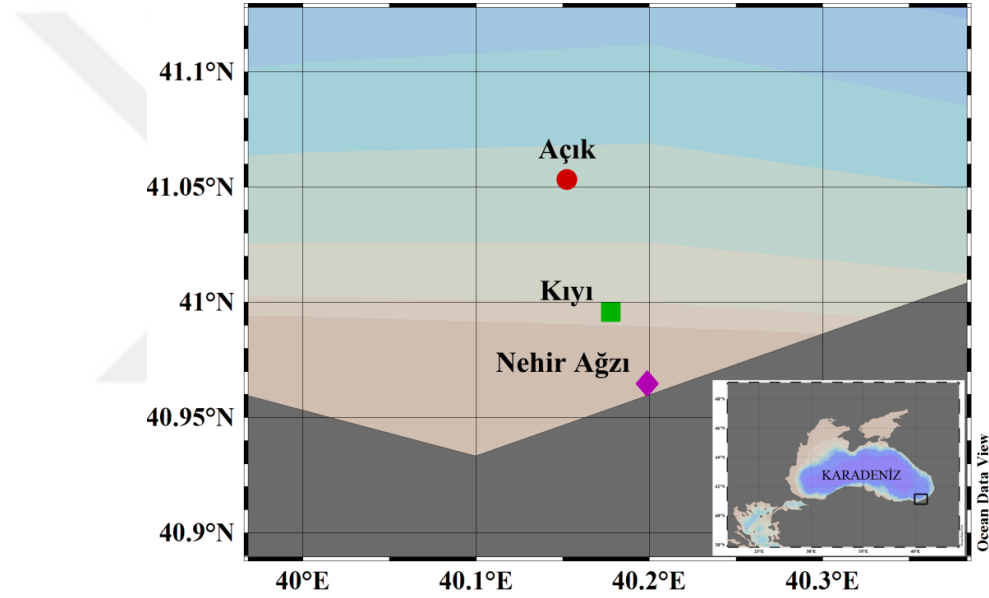
Özellikle son 30 yılda Karadeniz fitoplanktonunun yapısının önemli oranda değiştiği ve küçük boy grubundaki fitoplanktonik grupların sistem içerisinde baskın olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmektedir. Karadeniz'in öfotik bölgesi pigment karakterizasyonu çalışmaları için ideal bir çevre sağlamaktadır. Karadeniz'in Anadolu sahillerinde pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının dinamiğinin ortaya konulduğu çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışma ile balıkçılık açısından önemli bir bölge olan Güneydoğu Karadeniz'de HPLC tekniği ile pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının fotik bölge dinamiğinin zamansal ve alansal değişiminin ortaya konulması amaçlanmıştır. Aynı zamanda bölge için rapor edildiği gibi dinamik bir yapıya sahip olan fotik bölge içerisinde küçük boy gruplarının fitoplanktona yaptığı katkının artıp artmadığı da bu çalışma ile test edilmeye çalışılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntem

2.1.1. Çalışma Bölgesi

Deniz çalışmaları Güneydoğu Karadeniz kıyılarında belirlenen farklı karakterdeki 3 istasyonda (0,5-5 ve 20 deniz mili) Mayıs 2015-Nisan 2016 tarihleri arasında aylık dönemler halinde yürütülmüştür (Şekil 1, Tablo 1).



Şekil 1. Çalışma sahası ve örnekleme istasyonları: Nehir Ağzı (0,5 deniz mili), Kıyı (5 deniz mili), Açık (20 deniz mili).

Tablo 1. Çalışma sahasına ait örnekleme istasyon derinlik ve koordinatları

İstasyon	Mesafe (deniz mili)	İstasyon Derinliği (m)	Koordinat
Nehir Ağzı	0.5	120	40°57'14''K; 40°11'31''D
Kıyı	5	700	41°00'01''K; 41°10'33''D
Açık	20	1200	41°06'12''K; 41°09'08''D

Saha çalışmaları esnasında Karadeniz Teknik Üniversitesi'ne ait "R/V KTÜ-DENAR-1", Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü'ne ait "R/V SÜRAT ARAŞTIRMA I" ve Recep Tayyip Erdoğan

Üniversitesi'ne ait "R/V KARADENİZ ARAŞTIRMA" araştırma gemileri kullanılmıştır. Örneklemeler nehir ağzı, kıyı ve açık istasyonlarında fotik bölge içerisinde belirlenen derinliklerde (yüzey, 10 m, 25 m ve 50 m) gerçekleştirilmiştir. Örneklemeler sırasında istasyonlara ait sıcaklık, tuzluluk parametreleri Seabird SBE-19 Plus CTD prop kullanılarak yerinde ölçülmüştür. In-situ floresan ölçümleri CTD üzerinde bulunan WETLAB florometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Fotik bölgenin derinliğini belirlemek için, Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR, teorik olarak deniz yüzeyindeki güneş radyasyonunun %1'e düştüğü derinlik) ölçümleri Li-Core sualtı PAR cihazı (Li-193 SA Spherical Quantum Sensor, Li-1400 data logger, Li-190SAT su üstü Quantum Sensor) ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Pigment analizleri için gerekli olan deniz suyu örnekleri SBE 32 Carousel 12 şişeli su örnekleme cihazı ile belirlenen derinliklerden örneklenmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. İstasyonlarda gerçekleştirilen PAR ölçümleri



Şekil 3. Örneklemelerde kullanılan çoklu su örnekleyicisi ve CTD prob

2.1.2. HPLC ve Pigment Analizleri

HPLC ile pigment analizleri Mantoura ve Llewelyn (1983)'ün önerdiği yöntemle yapılmıştır. Önceden belirlenen derinliklerden koyu renkli polietilen şişelerle alınan deniz suyu örnekleri (1 L) düşük basınç altında (0,5 atm'den daha az) GF/F filtrelerden (47 mm) süzölmüştür (Şekil 4). Süzölen filtreler analiz aşamasına kadar sıvı azot içerisinde (-196°C) muhafaza edilmiştir (Şekil 5). Analiz öncesinde % 90'luk 5 ml HPLC cinsi aseton içerisinde bulunan filtreler sonikatör (1 dakika için 60 Hz, SonicPlus) ile parçalanarak ekstraksiyonun hızlanması sağlanmıştır (Şekil 6-7). Daha

sonra örnekler bir gece karanlık ortamda +4°C’de buzdolabında saklanarak ekstraksiyonun daha iyi olması sağlanmıştır. Daha sonra örnekler analiz öncesinde 3500 rpm devirde 10 dakika süreyle hücresel parçaları ortadan kaldırmak amacıyla santrifüj edilmiştir (Şekil 8).



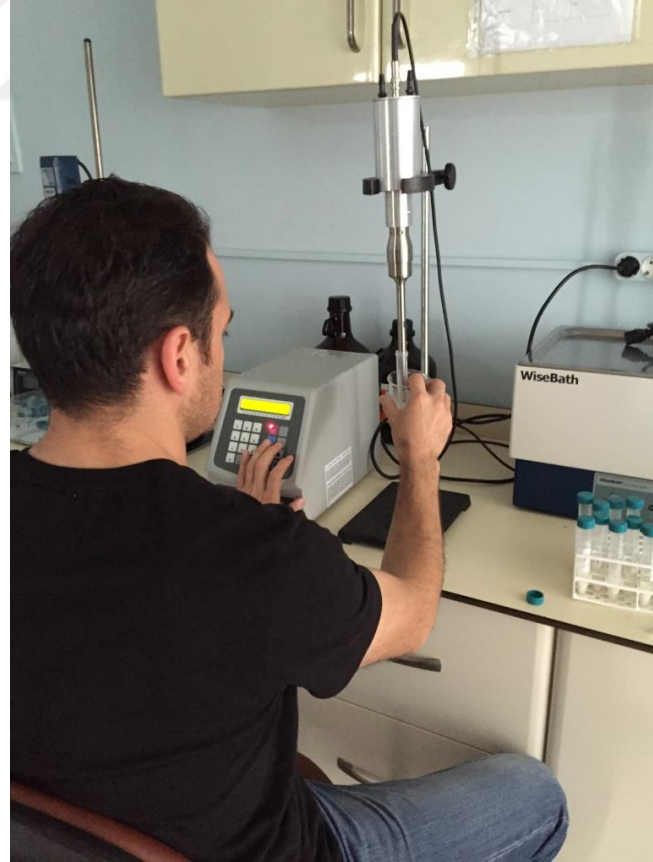
Şekil 4. HPLC analizleri için deniz suyu örneklerinin GF/F filtrelerden süzülmesi



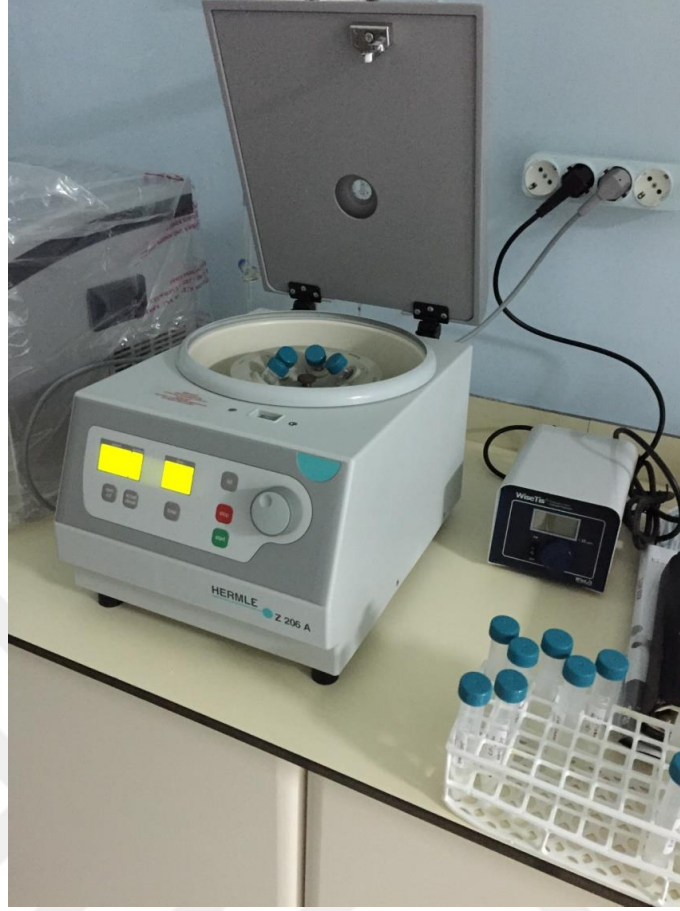
Şekil 5. Sıvı azot içerisinde GF/F filtrelerin muhafazası



Şekil 6. Filtrelerin falkon tüplere yerleştirilmesi



Şekil 7. Sonikatör yardımı ile ekstraksiyon işleminin yapılması



Şekil 8. Analiz öncesi örneklerin santrifüj edilmesi

Analizler C8 kolon ve DAD detektör kullanılarak SHIMADZU marka HPLC cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 9). Ölçüm için, ekstrakt içerisinde 500 µl örnek alınarak 0,2 µm'lık millipore filtrelerden süzülüp ve 500 µl 1M Amonyum Asetat İyon çözeltisiyle karıştırılmıştır. Tamponlu ekstraktan 100 µl alınarak Thermo Hypersil MOS-2 C8 kolonuna (150 x 4,6 mm, 3 µm particle size, 120 Å pore size ve % 6,5 carbon loading) ve 50 µl loop'a sahip HPLC sistemine enjekte edilmiştir. Pigmentlerin linear eğimli çift mobil faz sistem kullanılarak ayrılması sağlanmıştır. Mobil fazlar metanol ve 1 M amonyum asetattan (80:30 v/v) oluşan mobil faz A ve % 100 metanol'den oluşan mobil faz B'den oluşmaktadır. Pigmentlerin pik alanları 1 ml/dk'lık düşük akım altında linear eğimle belirlenmiştir (dakika, % mobil faz A, % B mobil faz): (0; 75; 25), (1; 50; 50), (20; 30; 70), (25; 0; 100), 32; 0; 100). Analiz sonrası veri toplanması ve entegrasyonu LC solution yazılımı ile yapılmıştır.

HPLC sistemi ticari standartlar (Klorofil *a*, *b*: Sigma; Klorofil *c2*, klorofil *c3*, Peridin, 19-Butanoloksifukoksantin, Fukoksantin, 19 Heksanoloksifukoksantin, Diadinoksantin, Alloksantin, Lutein, Zeaksantin, Divinil Klorofil-*a* ve β Karoten: VKI, Danimarka) kullanılarak kalibre edilmiştir. Klorofil-*a* ve marker pigmentler için belirleme sınırı 0,005-0,007 $\mu\text{g/l}$ 'dir.

Pigment konsantrasyonları aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır;

$$C_p = \frac{A_p \times V_{ext} \times 10}{B \times V_{filt} \times V_{inj} \times 1000 \times R_f}$$

C_p (μgL^{-1}) = Pigment konsantrasyonu

A_p (mAU*s) = Pik alanı

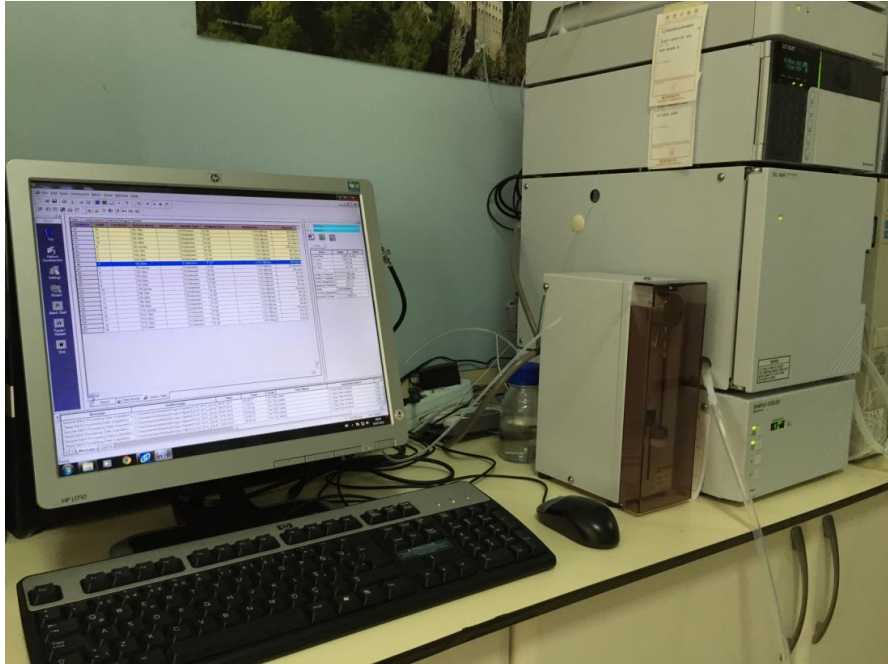
R_f (ngmAU $^{-1}$) = Kalibrasyon eğrisinin eğimi (ng kolon $^{-1}$)

V_{filt} (L) = Süzülen su hacmi

V_{ext} (mL) = Ekstraksiyon için kullanılan çözücü hacmi

V_{inj} (μL) = Kromatografi sistemine enjekte edilen örnek hacmi,

B = Tampon seyreltme faktörü



Şekil 9. HPLC cihazı ile pigment analiz aşaması

2.1.3. Pigmente Dayalı Boy Fitoplanktonik Gruplarının Belirlenmesi

Fitoplanktonik gruplar ve bunların toplam fitoplankton biyokütlesine yaptığı katkı (%) Vidussi vd. (2001)'e göre belirlenmiştir:

$$\Sigma DP_w = 1,41*[Fuco] + 1,41*[Perid] + 1,27*[Hex-fuco] + 0,35*[But-fuco] + 0,60*[Allo] + 1,01*[TChlb] + 0,86*[Zea] \quad (6)$$

$$f_{micro} = (1,41*[Fuco] + 1,41*[Perid]) / \Sigma DP_w \quad (7)$$

$$f_{nano} = (1,27*[Hex-fuco] + 0,35*[But-fuco] + 0,60*[Allo]) / \Sigma DP_w \quad (8)$$

$$f_{pico} = (1,01*[TChlb] + 0,86*[Zea]) / \Sigma DP_w \quad (9)$$

Fuco: Fukoksantin

Perid: Peridinin

Hex-fuco: 19 Heksanoloksifukoksantin

But-fuco: 19-Butanoloksifukoksantin

Allo: 19 Heksanoloksifukoksantin

Chlb: Klorofil *b*

Zea: Zeaksantin

DP: Diyagnostik pigment

2.1.4. Besin Elementleri Analizi

Belirlenen derinliklerinden alınan deniz suyu örneklerinden alt örnekleme yapılarak, seyreltik HCL ile yıkanmış 100 ml'lik plastik şişelere konulmuştur. 0,45 µm'lik filtreden süzülen örnekler, koruyucu kimyasal eklemesi yapmadan silikat örnekleri buzdolabında, fosfat ve nitrit+nitrat örnekleri ise derin dondurucuda analiz zamanına kadar saklanmıştır. Analizler Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan SEAL marka Oto-Analizör kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.1.5. İstatistiksel Analizler

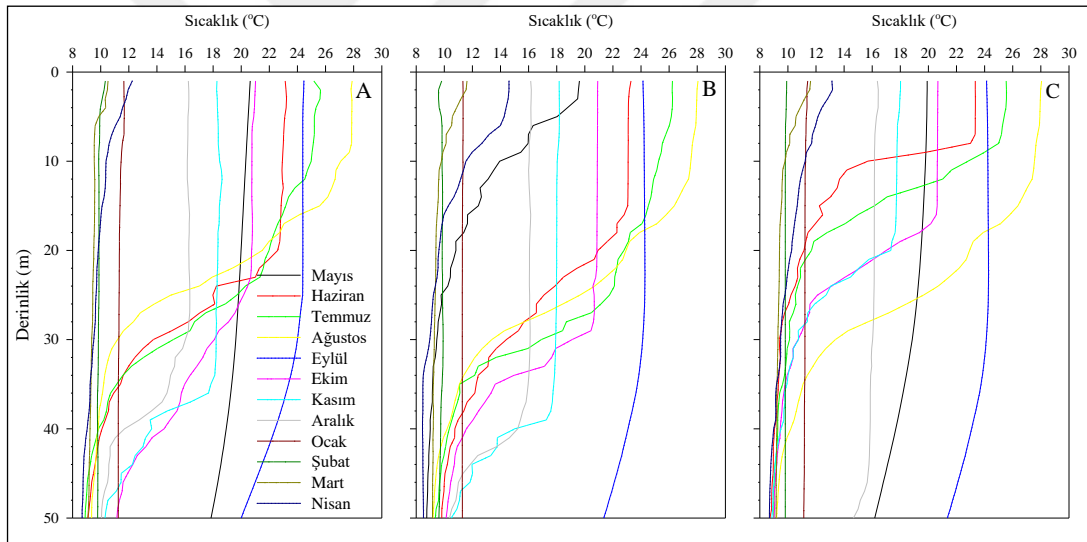
İstatistiksel analizler öncesi verilerin logaritmik dönüşüm yapılarak normal dağılıma uyup uymadığı test edilmiş ve sonuçlar doğrultusunda parametrik veya parametrik olmayan testlere karar verilmiştir. Veriler arasındaki ilişkinin yönünü ve şiddetini belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. İstasyonlar arasındaki farklılıklar One-Way ANOVA testi ile ortaya konulmaya çalışılmıştır.



3. BULGULAR

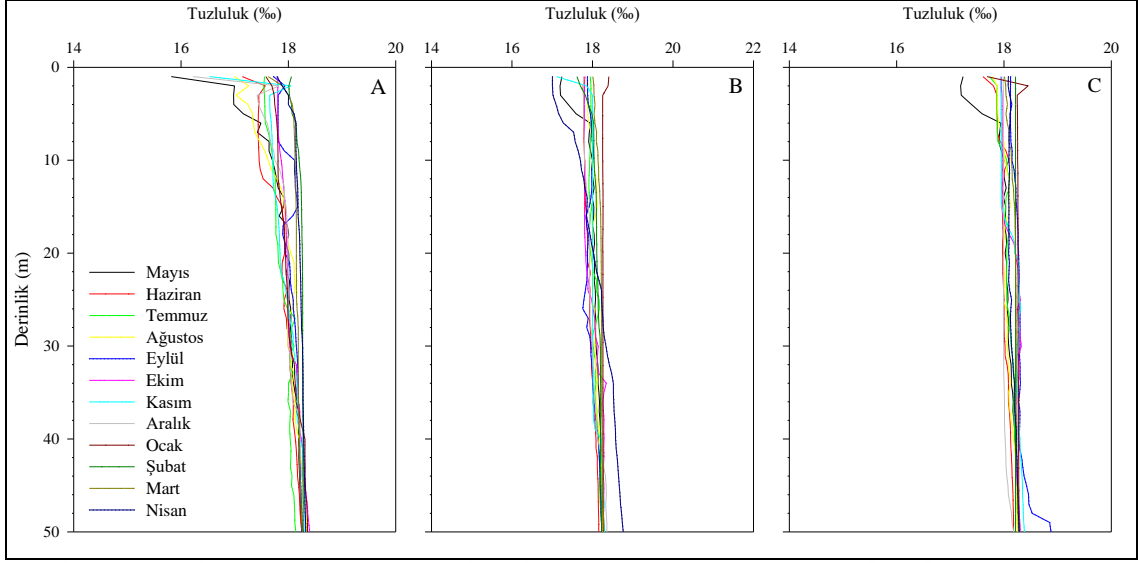
3.1. Hidrografi

Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde istasyonlara ait sıcaklık profilleri Şekil 10'da sunulmuştur. Genel olarak en düşük deniz suyu yüzey sıcaklığı (9.7°C) Şubat ve en yüksek deniz suyu yüzey sıcaklığı (28.2°C) Ağustos ayında kaydedilmiştir. Mayıs ayında şekillenmeye başlayan mevsimsel termoklin Temmuz-Ağustos aylarında daha belirgin hale gelmiştir. Dikey karışımların etkili olduğu Aralık ayından itibaren mevsimsel termoklin tabakası kaybolmaya başlamış ve devam eden aylarda (Ocak, Şubat ve Mart) su kolonu homojen bir yapı sergilemiştir.



Şekil 10. Örnekleme istasyonlarına ait sıcaklık profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

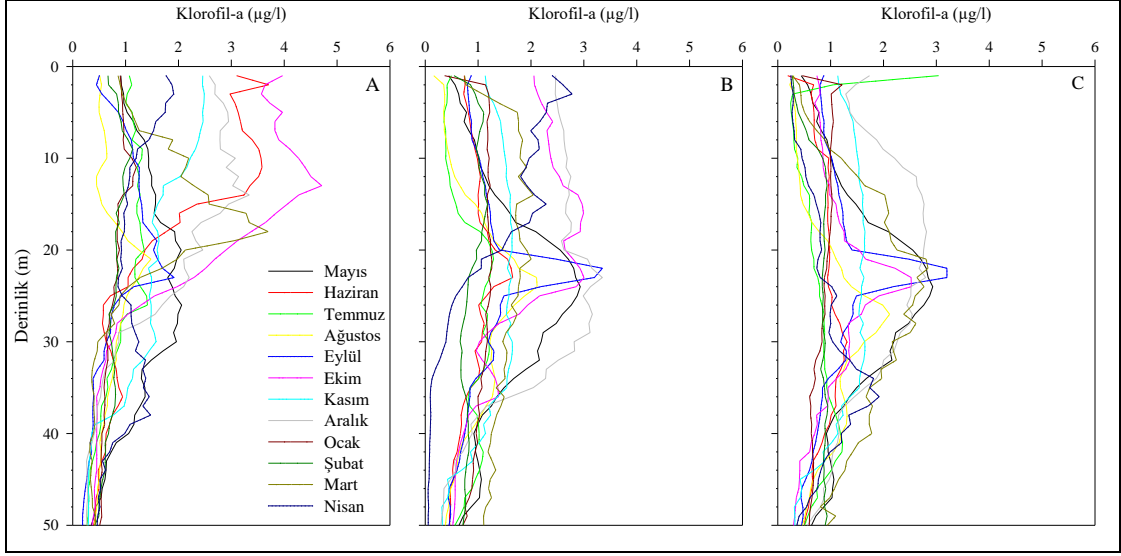
İstasyonlara ait tuzluluk profilleri incelendiğinde, Karadeniz'in genel karakteristiğine uygun (derinlerde daha tuzlu sular, yüzeyde tuzluluğu düşük sular) bir yapı sergilemiştir (Şekil 11). Yüzey ‰ 16-18 arasında değişen tuzluluk derinliğe bağlı olarak ‰ 19-20 seviyelerine ulaşmıştır.



Şekil 11. Örnekleme istasyonlarına ait tuzluluk profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

3.2. In-situ-Floresan (Klorofil-*a*)

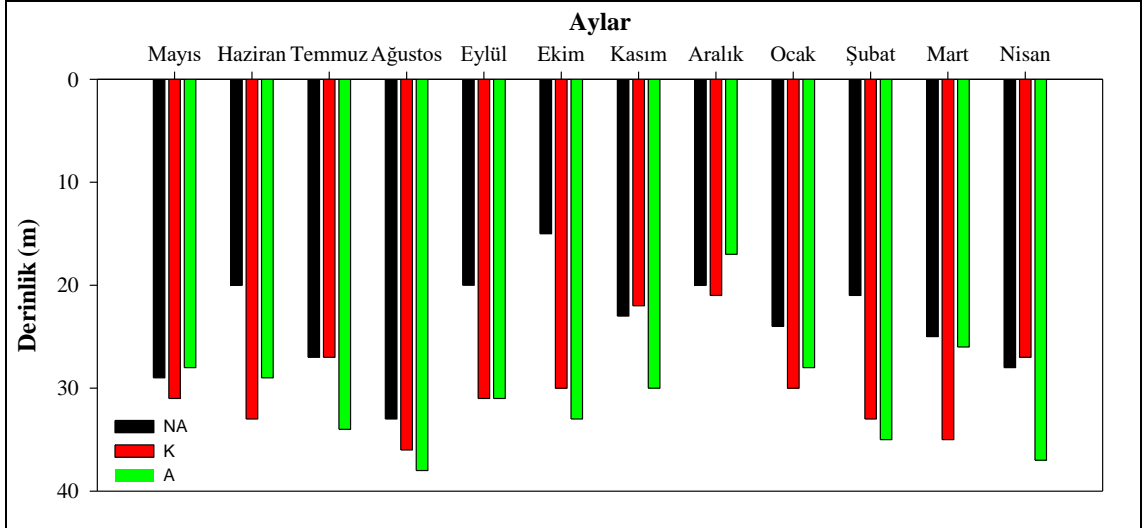
Örnekleme istasyonlarında floresana dayalı klorofil-*a* değerleri yıl içerisinde bölgesel ve mevsimsel olarak önemli değişimler sergilemiştir. Klorofil maksimum değerleri genellikle yüzey altı ve/veya %10 PAR derinliklerinde gözlenmiştir (Şekil 12). Nehir ağzı istasyonu en yüksek klorofil-*a* konsantrasyonu ile temsil edilirken, kıydan açığa doğru gidildikçe klorofil-*a* değerlerinde azalma eğilimi tespit edilmiştir. Fotik bölge klorofil-*a* değerleri nehir ağzı istasyonunda 0,19 (Eylül)-4,71 $\mu\text{g/l}$ (Ekim), kıyı istasyonunda 0,16 (Nisan)-3,74 $\mu\text{g/l}$ (Eylül) ve açık istasyonunda 0,18 (Haziran)-3,70 $\mu\text{g/l}$ (Eylül) arasında değişim göstermiştir. İstasyonların yüzey suyu klorofil-*a* konsantrasyonları ise nehir ağzı, kıyı ve açık istasyonlar için sırasıyla 0,51-3,97 $\mu\text{g/l}$; 0,16-2,47 $\mu\text{g/l}$ ve 0,18-3,04 $\mu\text{g/l}$ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 12. Örneklem istasyonlarına ait in-situ floresan profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

3.3. Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR)

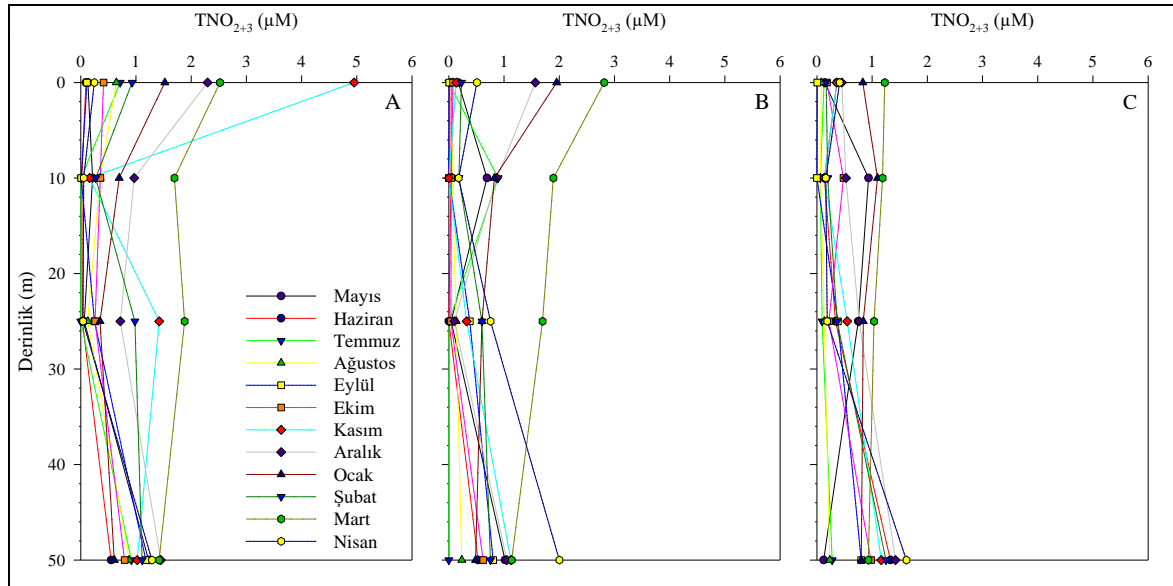
Fotik bölgenin derinliğini belirlemek amacıyla istasyonlarda gerçekleştirilen PAR ölçümlerine göre nehir ağzı istasyonunda fotik bölge derinliği 15-33 m, kıyı istasyonunda 21-36 m ve açık istasyonunda ise 17-38 m arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. İstasyonlara ait PAR derinlikleri (NA: Nehir Ağzı istasyonu, K: Kıyı istasyonu, A: Açık istasyonu)

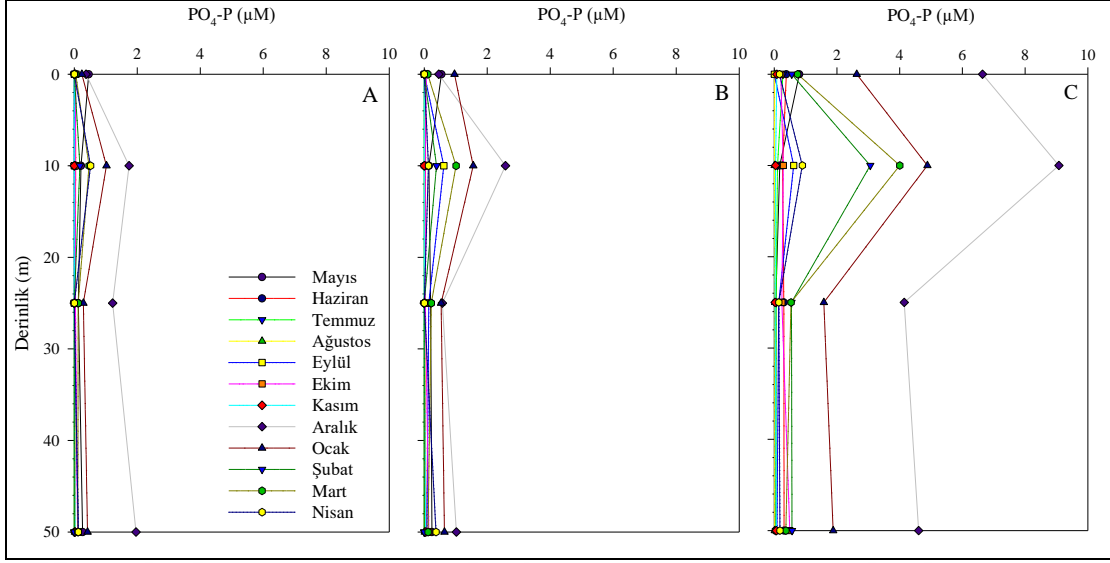
3.4. Besin Elementleri

Çalışma bölgesinde fotik bölge ölçülen NO_{2+3} konsantrasyonları değerlendirildiğinde gerek bölgesel gerekse örnekleme dönemleri açısından önemli farklılıklar gözlenmiştir (ANOVA, $p < 0,05$). NO_{2+3} değerleri istasyonlarda yıl boyunca $< 5 \mu\text{M}$ altında bulunmuştur. Nehir ağzı istasyonunda kısmen yüksek NO_{2+3} değerleri gözlenmiş ve $0,01$ (Temmuz)- $4,95 \mu\text{M}$ (Kasım) arasında değişmiştir. Kıyı ve açık istasyonlarda ise NO_{2+3} değerleri sırasıyla $0,01$ (Temmuz, 25 m)- $2,82 \mu\text{M}$ (Mart) ve $0,01$ (Temmuz)- $1,62 \mu\text{M}$ (Nisan) arasında değişim göstermiştir (Şekil 14).



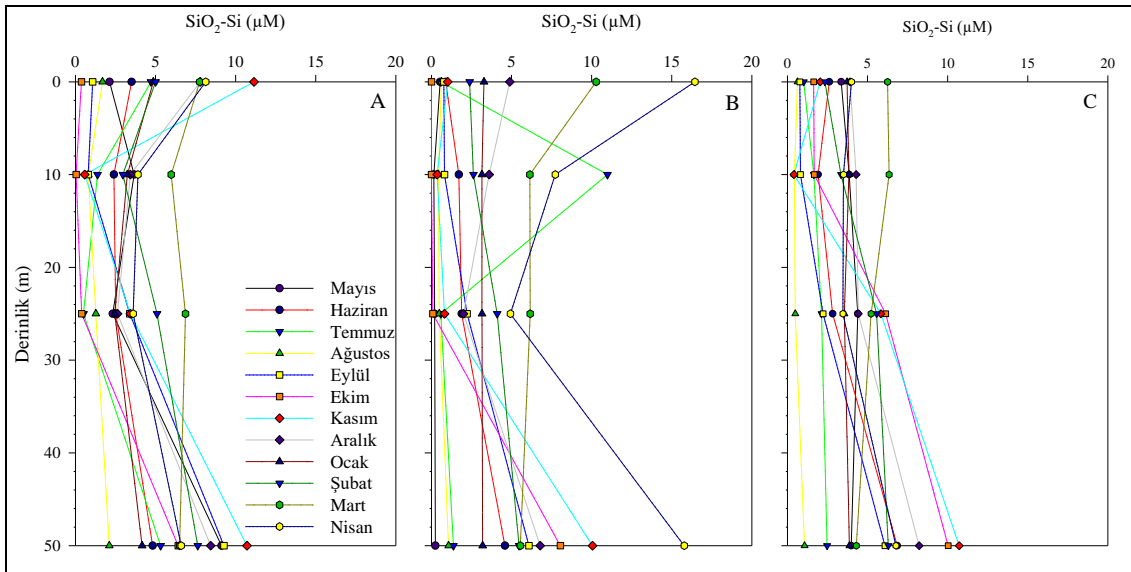
Şekil 14. Örneklem istasyonlarına ait nitrit+nitrat profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

İstasyonlardaki fosfat konsantrasyonları değerlendirildiğinde nehir ağzında $0,001$ (Temmuz)- $1,96 \mu\text{M}$ (Aralık), kıyı istasyonunda $0,001$ (Temmuz)- $2,58 \mu\text{M}$ (Aralık) ve açık istasyonunda $0,003$ (Eylül)- $9,08 \mu\text{M}$ (Aralık) arasında değişim göstermiştir. Kıyıdan açığa doğru gidildikçe fosfat profilleri bölgesel farklılıklar göstermiştir (Şekil 15). Genel olarak en yüksek konsantrasyonlar 10 m derinliklerde okunurken, çalışma dönemi boyunca fosfat konsantrasyonları istatistiki olarak önemli farklılıklar sergilemiştir (ANOVA, $p < 0,05$).



Şekil 15. Örnekleme istasyonlarına ait fosfat profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

Örnekleme bölgesinde silikat konsantrasyonları derinlikle beraber artmıştır (Şekil 16). Fotik bölge silikat konsantrasyonu nehir ağzında 0,04 (Ekim)-6,87 µM (Kasım), kıyı istasyonunda 0,001 (Ekim)-16,45 µM (Nisan) ve açık sularda 0,41 (Kasım)-10,72 µM (Kasım) arasında değişim göstermiştir. Genel olarak en yüksek silikat değerleri dikey karışımların yoğun olduğu kış aylarında okunmuş ve istatistiki açıdan önemli farklılıklar göstermiştir (ANOVA, $p < 0,05$).



Şekil 16. Örnekleme istasyonlarına ait silikat profilleri (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

3.5. Pigment Kompozisyonu

İstasyonlara ait pigment konsantrasyonları örnekleme dönemine ve derinliğe bağlı olarak önemli değişimler sergilemiştir (Tablo 2-4). Temel fotosentetik pigment olan klorofil-*a* nehir ağzı ve kıyı istasyonlarında genellikle yüksek konsantrasyonlarda iken açık istasyonunda nispeten düşük konsantrasyonlarda kaydedilmiştir. Kıyısal bölgede genelde yüzey ve yüzey altı tabakalarda yüksek oranlarda okunan klorofil-*a* açığa doğru gidildikçe daha derinlerde hatta fotik bölgenin alt sınırlarında daha yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Fukoksantin, peridinin ve 19-Heksanoloksifukoksantin ise klorofil-*a*'dan sonra öne çıkan diğer marker pigmentler olurken, zeaksantin ve klorofil-*b* daha düşük konsantrasyonlarda okunmuştur. 19-Butanoloksifukoksantin ve alloksantin gibi pigmentler ise bazı dönemlerde belirleme limitinin altında kalmıştır.

Diatom grupları için belirleyici nitelikte olan fukoksantin pigmenti nehir ağzı, kıyı ve açık istasyon için sırasıyla 0,04-5,94 µg/l, 0,04-4,60 µg/l ve 0,03-4,14 µg/l arasında değişim göstermiştir. Fukoksantin pigmentinden sonra en yüksek oranda okunan pigment peridinin olmuştur. Dinoflagellatlar için marker nitelikte olan bu pigmentin konsantrasyonu istasyonlar için sırası ile 0,26-2,29 µg/l, 0,14-1,71 µg/l ve 0,11-1,76 µg/l aralığında değişmiştir. Çalışma bölgesinde en yüksek oranda okunan üçüncü pigment 19'-Heksanoloksifukoksantin olmuştur. Kokkolitoforlar için belirleyici özelliği olan bu pigmentin konsantrasyonu istasyonlarda sırasıyla 0,04-0,98 µg/l, 0,03-1,12 µg/l ve 0,04-1,76 µg/l aralığında değişmiştir.

Tablo 2. Nehir Ağızı istasyonu için ölçülen HPLC pigment konsantrasyonları (Belirleme sınırı=0,005; µg/l)

Dönem	Derinlik	Peridinin	19-But	Fuco	19-Hex	Allo	Zea	Chl-b	Chl-a
Mayıs	Yüzey	0,88	<0,005	0,55	0,31	<0,005	0,24	0,21	2,92
	10	<0,005	<0,005	0,23	0,26	<0,005	0,11	0,09	1,10
	25	<0,005	<0,005	0,33	0,22	<0,005	0,25	0,13	1,84
	50	<0,005	<0,005	0,20	0,27	<0,005	0,28	0,15	0,21
Haziran	Yüzey	2,29	<0,005	0,62	0,98	0,15	0,13	0,19	6,15
	10	1,45	<0,005	1,02	0,92	0,09	0,04	0,21	6,32
	25	0,63	<0,005	0,27	0,14	<0,005	0,04	<0,005	0,98
	50	<0,005	<0,005	0,06	0,08	<0,005	0,06	0,12	0,69
Temmuz	Yüzey	0,44	<0,005	0,32	0,54	0,12	0,18	0,15	2,22
	10	0,35	<0,005	0,40	0,39	0,08	0,14	<0,005	2,18
	25	0,31	<0,005	0,93	0,28	0,10	0,17	<0,005	2,73
	50	0,26	<0,005	0,46	0,30	0,06	0,13	<0,005	0,21
Ağustos	Yüzey	<0,005	<0,005	0,50	0,07	<0,005	0,74	<0,005	1,91
	10	<0,005	<0,005	0,38	0,14	<0,005	0,55	<0,005	1,62
	25	0,91	<0,005	0,52	0,32	<0,005	0,15	0,08	2,30
	50	<0,005	<0,005	0,41	0,22	<0,005	0,18	0,09	1,70
Eylül	0	<0,005	<0,005	0,31	0,15	<0,005	0,37	0,15	0,81
	10	0,38	<0,005	0,30	0,09	<0,005	0,31	<0,005	0,73
	25	<0,005	<0,005	0,23	0,07	<0,005	0,25	<0,005	0,37
	50	<0,005	<0,005	0,04	0,04	<0,005	0,05	<0,005	0,28
Ekim	Yüzey	0,51	<0,005	2,28	0,13	0,04	0,07	0,37	0,83
	10	0,75	<0,005	2,94	0,14	0,15	0,09	2,13	3,18
	25	0,61	<0,005	1,61	0,19	<0,005	0,09	<0,005	0,37
	50	0,48	<0,005	0,10	0,22	<0,005	0,10	<0,005	0,40
Kasım	Yüzey	1,14	<0,005	1,71	0,40	<0,005	<0,005	0,46	3,19
	10	1,38	<0,005	2,15	0,62	<0,005	<0,005	0,61	4,24
	25	0,73	<0,005	0,33	0,14	<0,005	<0,005	0,25	2,10
	50	<0,005	<0,005	0,16	0,12	<0,005	<0,005	0,09	0,38
Aralık	Yüzey	0,51	<0,005	0,52	0,06	0,07	0,29	0,19	3,28
	10	0,48	<0,005	0,12	0,09	0,06	0,23	0,13	3,74
	25	<0,005	<0,005	0,06	0,16	0,04	0,03	<0,005	1,30
	50	<0,005	<0,005	0,24	0,22	<0,005	0,15	<0,005	1,19
Ocak	Yüzey	0,38	<0,005	0,14	0,11	0,06	0,25	0,15	1,36
	10	0,66	<0,005	0,28	0,09	0,08	0,24	0,30	1,97
	25	0,31	<0,005	0,18	0,07	0,04	0,09	0,19	0,94
	50	0,37	<0,005	0,10	0,09	<0,005	0,13	0,22	0,37
Şubat	Yüzey	0,25	<0,005	0,09	0,06	0,10	0,06	0,17	1,02
	10	0,19	<0,005	0,26	0,16	0,09	0,10	0,31	1,44
	25	0,27	<0,005	0,15	0,06	0,05	0,13	0,18	1,15
	50	0,41	<0,005	0,05	0,11	<0,005	0,06	0,28	0,55
Mart	Yüzey	0,51	<0,005	0,74	0,06	0,09	0,15	0,26	2,02
	10	0,32	<0,005	1,82	0,07	<0,005	<0,005	0,20	3,11
	25	0,68	<0,005	2,75	0,05	0,02	<0,005	0,43	3,77
	50	0,56	<0,005	0,25	0,09	<0,005	<0,005	0,44	0,45
Nisan	Yüzey	<0,005	<0,005	0,32	0,52	0,03	0,10	<0,005	2,00
	10	<0,005	<0,005	0,39	0,33	<0,005	0,14	<0,005	1,46
	25	<0,005	<0,005	0,41	0,14	<0,005	0,08	<0,005	0,14
	50	<0,005	<0,005	0,24	0,17	<0,005	0,10	0,08	0,56

Tablo 3. Kıyı istasyonu için ölçülen HPLC pigment konsantrasyonları (Belirleme sınırı=0,005; µg/l)

Dönem	Derinlik	Peridin	19-But	Fuco	19-Hex	Allo	Zea	Chl-b	Chl-a
Mayıs	Yüzey	0,72	<0,005	0,68	0,61	<0,005	0,45	0,43	3,55
	10	<0,005	<0,005	0,09	0,07	<0,005	<0,005	0,33	0,66
	25	0,47	<0,005	0,46	0,41	<0,005	0,38	0,44	3,03
	50	<0,005	<0,005	0,36	0,42	<0,005	<0,005	0,54	0,07
Haziran	Yüzey	0,46	<0,005	0,07	0,30	<0,005	0,19	0,00	0,56
	10	0,65	<0,005	0,20	0,61	0,03	0,21	0,29	1,89
	25	0,89	0,04	0,63	0,44	0,05	0,29	<0,005	3,04
	50	0,99	0,00	0,07	0,45	0,04	0,08	<0,005	0,39
Temmuz	Yüzey	0,14	<0,005	0,04	0,13	<0,005	0,13	<0,005	0,52
	10	0,20	<0,005	0,09	0,07	<0,005	0,26	<0,005	0,63
	25	0,92	0,04	0,16	0,35	0,08	0,40	0,21	2,73
	50	0,62	<0,005	0,23	<0,005	0,02	0,38	0,32	1,90
Ağustos	Yüzey	<0,005	<0,005	0,33	0,08	<0,005	0,55	<0,005	1,06
	10	<0,005	<0,005	0,17	0,13	<0,005	0,36	<0,005	0,97
	25	2,64	0,09	1,68	0,62	0,05	0,44	<0,005	4,99
	50	1,61	<0,005	1,30	0,23	<0,005	0,39	<0,005	4,30
Eylül	Yüzey	<0,005	<0,005	0,19	0,04	<0,005	0,27	<0,005	0,36
	10	0,30	<0,005	0,13	0,06	<0,005	0,42	<0,005	0,84
	25	0,21	<0,005	0,11	0,12	0,04	0,22	0,40	2,56
	50	<0,005	<0,005	0,20	0,16	<0,005	0,14	0,10	1,01
Ekim	Yüzey	0,83	<0,005	3,34	0,38	0,09	0,19	1,10	4,13
	10	0,30	<0,005	2,33	0,17	0,02	0,06	0,34	1,51
	25	0,44	<0,005	1,43	0,04	<0,005	0,09	0,12	0,98
	50	0,47	<0,005	0,10	0,16	<0,005	0,07	0,00	0,68
Kasım	Yüzey	1,71	<0,005	1,30	0,42	<0,005	0,31	0,74	5,67
	10	1,27	<0,005	1,60	1,12	<0,005	<0,005	1,30	4,07
	25	0,60	<0,005	0,71	0,28	0,08	<0,005	0,54	3,94
	50	0,39	<0,005	0,61	0,20	0,08	<0,005	0,20	2,59
Aralık	Yüzey	1,91	0,16	0,27	0,33	0,24	0,79	0,52	3,07
	10	0,72	<0,005	0,37	0,16	0,21	0,62	0,79	2,61
	25	0,84	0,03	0,62	1,06	0,18	0,48	0,41	2,66
	50	0,67	<0,005	0,24	0,10	0,04	0,30	0,23	2,54
Ocak	Yüzey	<0,005	<0,005	0,07	0,07	0,03	0,13	<0,005	0,55
	10	0,27	<0,005	0,13	0,04	0,06	0,18	0,16	1,27
	25	<0,005	<0,005	0,27	0,09	0,10	0,21	0,26	1,81
	50	<0,005	<0,005	0,14	0,04	<0,005	0,11	<0,005	0,80
Şubat	Yüzey	0,89	<0,005	0,06	0,14	0,04	0,06	0,40	1,65
	10	<0,005	<0,005	0,13	0,03	0,04	0,12	0,23	1,14
	25	<0,005	<0,005	0,06	<0,005	0,02	0,09	0,14	0,74
	50	0,32	<0,005	0,14	0,07	0,05	0,21	0,31	1,42
Mart	Yüzey	0,70	<0,005	1,16	0,40	0,07	0,12	0,30	0,97
	10	0,77	<0,005	1,18	0,10	0,04	0,15	0,41	3,07
	25	0,32	<0,005	2,91	0,15	0,04	0,19	0,25	5,40
	50	0,41	<0,005	1,79	0,17	<0,005	0,11	0,35	4,19
Nisan	Yüzey	0,56	<0,005	0,60	0,98	0,38	<0,005	0,20	4,90
	10	<0,005	<0,005	0,48	0,47	0,04	<0,005	0,18	1,91
	25	<0,005	<0,005	0,35	0,03	0,06	0,05	0,16	1,27
	50	<0,005	<0,005	0,19	0,12	0,03	<0,005	0,23	0,08

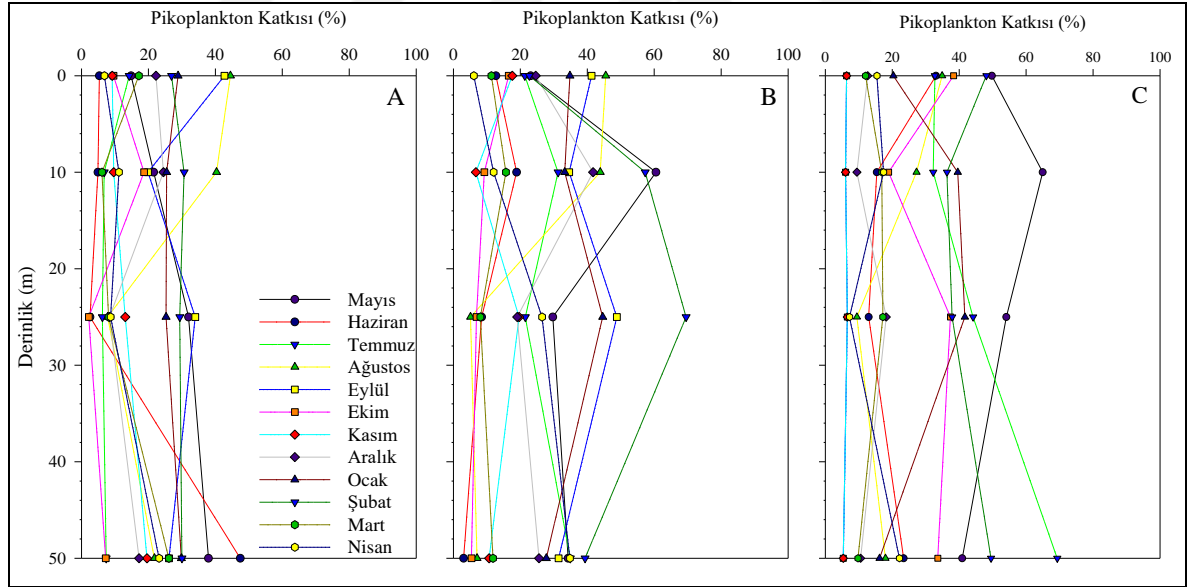
Tablo 4. Açık istasyonu için ölçülen HPLC pigment konsantrasyonları (Belirleme sınırı=0,005; µg/l)

Dönem	Derinlik	Peridinin	19-But	Fuco	19-Hex	Allo	Zea	Chl-b	Chl-a
Mayıs	Yüzey	<0,005	<0,005	0,05	0,28	<0,005	0,18	0,26	1,24
	10	<0,005	<0,005	0,08	0,10	<0,005	0,26	0,22	1,10
	25	<0,005	<0,005	0,18	0,26	<0,005	0,40	0,34	2,11
	50	<0,005	<0,005	0,25	0,27	<0,005	0,35	0,18	1,82
Haziran	Yüzey	<0,005	<0,005	0,04	0,18	<0,005	<0,005	0,14	0,53
	10	0,20	<0,005	0,12	0,32	<0,005	<0,005	0,15	0,96
	25	0,47	<0,005	0,24	0,30	<0,005	<0,005	0,20	1,44
	50	<0,005	<0,005	0,22	0,32	<0,005	<0,005	0,22	0,52
Temmuz	Yüzey	0,11	<0,005	0,03	0,15	<0,005	0,22	<0,005	0,76
	10	0,24	<0,005	0,06	0,19	<0,005	0,36	<0,005	0,91
	25	0,30	<0,005	0,30	0,37	<0,005	1,21	<0,005	2,24
	50	0,00	<0,005	0,05	0,05	<0,005	0,16	0,18	0,64
Ağustos	Yüzey	0,17	<0,005	0,20	0,18	<0,005	0,47	<0,005	1,09
	10	0,83	<0,005	0,08	0,30	<0,005	0,72	0,00	0,67
	25	1,76	<0,005	1,06	0,42	0,05	0,39	0,28	3,23
	50	1,22	<0,005	1,20	0,27	0,11	0,50	0,41	3,93
Eylül	Yüzey	1,01	<0,005	0,39	0,48	0,05	<0,005	0,18	2,35
	10	0,71	<0,005	0,43	0,08	0,06	<0,005	0,11	2,19
	25	1,12	<0,005	1,05	0,27	0,09	<0,005	0,24	3,19
	50	0,32	<0,005	0,55	0,15	0,06	<0,005	0,08	2,23
Ekim	Yüzey	<0,005	<0,005	0,68	0,43	<0,005	0,64	0,38	2,00
	10	<0,005	<0,005	0,28	0,10	<0,005	0,14	<0,005	0,57
	25	0,36	<0,005	0,62	0,09	<0,005	0,33	0,60	3,47
	50	0,00	<0,005	0,03	0,04	<0,005	0,06	<0,005	0,21
Kasım	Yüzey	1,01	<0,005	0,39	0,48	0,05	<0,005	0,18	2,35
	10	0,71	<0,005	0,43	0,08	0,06	<0,005	0,11	2,19
	25	1,12	<0,005	1,05	0,27	0,09	<0,005	0,24	3,19
	50	0,32	<0,005	0,55	0,15	0,06	<0,005	0,08	2,23
Aralık	Yüzey	0,80	<0,005	0,78	0,00	0,12	0,20	0,16	4,13
	10	0,55	0,00	0,86	0,11	0,12	0,27	<0,005	4,31
	25	1,36	0,56	2,45	1,76	1,53	0,58	3,60	4,01
	50	1,66	0,55	0,10	0,38	0,16	0,00	0,38	4,33
Ocak	Yüzey	0,56	<0,005	0,12	0,09	0,09	0,15	0,15	0,72
	10	0,24	0,09	0,22	0,15	0,13	0,21	0,45	1,69
	25	<0,005	<0,005	0,21	0,05	0,06	0,14	0,16	1,48
	50	0,22	<0,005	0,18	0,04	0,03	0,14	0,00	1,03
Şubat	Yüzey	0,00	<0,005	0,23	0,14	0,11	0,15	0,39	1,99
	10	0,17	<0,005	0,23	0,10	0,09	0,11	0,34	2,31
	25	0,24	<0,005	0,18	0,05	0,11	0,07	0,38	1,86
	50	<0,005	<0,005	0,16	0,06	0,06	0,07	0,27	1,02
Mart	Yüzey	0,70	<0,005	0,82	0,29	0,07	0,19	0,18	2,97
	10	0,48	<0,005	2,61	0,23	0,13	0,51	0,52	3,41
	25	0,28	<0,005	1,31	0,35	<0,005	0,09	0,48	2,86
	50	0,39	<0,005	2,14	0,40	0,09	0,27	0,52	2,45
Nisan	Yüzey	<0,005	<0,005	0,14	0,30	0,02	<0,005	0,11	1,06
	10	<0,005	<0,005	0,15	0,16	<0,005	<0,005	0,09	0,76
	25	<0,005	<0,005	0,58	0,21	<0,005	<0,005	0,08	1,45
	50	<0,005	<0,005	0,13	0,22	<0,005	<0,005	0,13	0,54

3.6. Pigmente Dayalı Fitoplankton Boy Grupları

Pigmente dayalı olarak hesaplanan fitoplankton boy gruplarının (piko-, nano- ve mikropilankton) toplam fitoplanktona yaptıkları % katkı şekil 17-19’da sunulmuştur. Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde genel olarak mikropilankton baskınlığı (%8-91) dikkat çekerken bunu pikoplankton (%2-70) ve nanoplankton baskınlığı (%1-68) takip etmiştir.

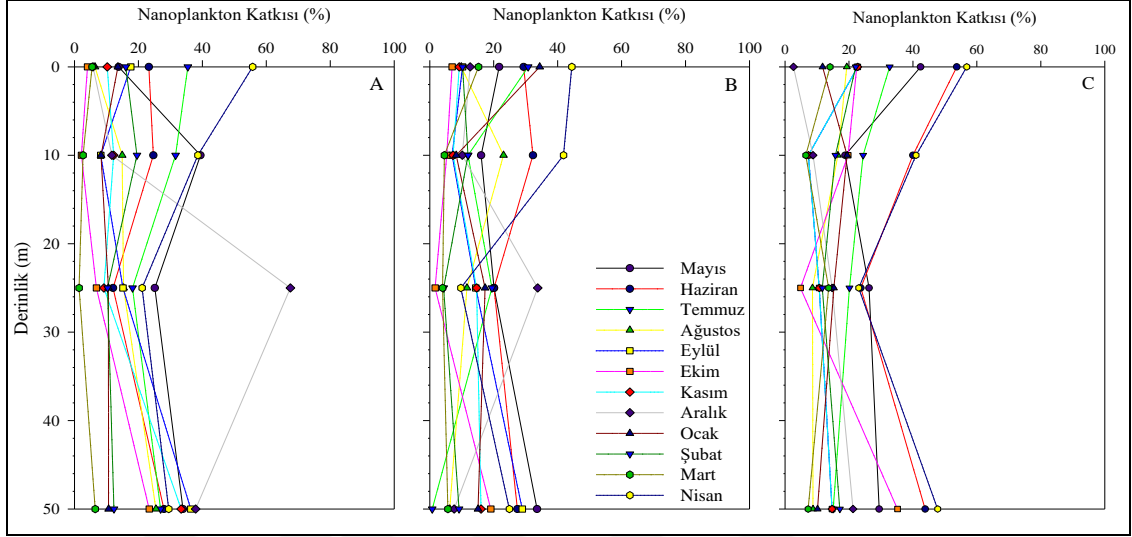
0,2-2 µm aralığındaki boy gruplarını kapsayan pikoplanktonik grupların katkı oranları genel olarak %2-70 arasında değişim gösterirken açık istasyonun katkı oranının (%5-70) nehir ağzı ve kıyı istasyonundan yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 17). Derinliğe bağlı bir değerlendirme yapıldığında özellikle açık ve kıyı istasyonlarında yüzey altı ve fotik bölgenin alt sınırında dönemsel (Haziran 50 m, Temmuz 50 m) baskınlıklar dikkat çekmektedir.



Şekil 17. Örneklem istasyonlarına ait pikoplankton katkı (%) oranları (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

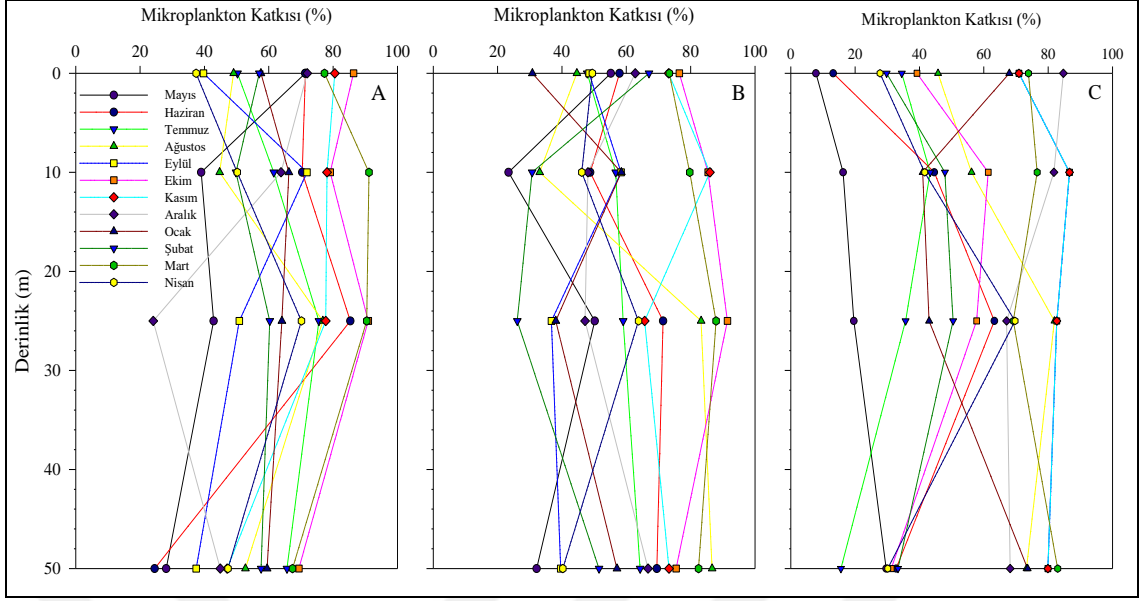
Nanoplanktonik grupların katkı oranları çalışma dönemi içerisinde genelde %60 seviyelerinin altında kalmıştır (Şekil 18). Çalışma boyunca nanoplanktonik grupların katkı oranlarının kıyı ve açık istasyonlarda nehir ağzına oranla daha yüksek seyrettiği tespit edilmiştir. Derinlik açısından bir değerlendirme yapıldığında ise yüzey tabaklarda

ve özellikle fotik bölgenin alt sınırında yüksek oranda nanoplankton baskınlığı dikkat çekmektedir.



Şekil 18. Örneklem istasyonlarına ait nanoplankton katkı (%) oranları (A: Nehir Ağzı, B: Kıyı, C: Açık).

Çalışma bölgesinde en fazla temsil edilen grup mikroplankton olup katkı oranları %8-91 arasında değişim göstermiştir (Şekil 19). Nano- ve pikoplanktonik grupların aksine nehir ağzı istasyonunda en fazla katkı yapan grup olan mikroplanktonun açığa doğru gidildikçe katkı oranlarında azalma tespit edilmiştir. Derinliğe bağlı olarak yapılan değerlendirmede ise su kolonunun ilk 25 m'lik kısmında önemli oranda katkı yaptığı tespit edilmiştir.



Şekil 19. Örnekleme istasyonlarına ait mikroplankton katkı (%) oranları (A: Nehir Ağızı, B: Kıyı, C: Açık).

Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde istasyonlara ait biyolojik ve fiziksel değişkenler arasındaki ilişkiler “Spearman Korelasyonu” ile ortaya konulmuştur (Tablo 5-7). İstasyonlarda klorofil-*a* mikroplankton ile pozitif yönlü önemli ilişkiler sergilerken (nehir ağzı, kıyı ve açık istasyon için sırasıyla $r=0,39$; $r=0,50$ ve $r=0,65$; $p<0,05$), nanoplankton ve pikoplankton yalnızca kıyı (nanoplankton ve pikoplankton için sırasıyla $r= -0,29$; $r= -0,42$; $p<0,05$) ve açık (nanoplankton ve pikoplankton için sırasıyla $r= -0,65$; $r= -0,43$; $p<0,05$) istasyonda istatistiki açıdan negatif yönlü ilişkiler göstermiştir. Diğer taraftan mikroplankton ile nano- ve pikoplankton arasında istatistiksel açıdan önemli negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Fiziksel parametrelerden sıcaklık ile NO_{2+3} ve Si_2O arasında bütün istasyonlarda istatistiki açıdan önemli negatif ilişkiler gözlenmiştir. Tuzluluk, sıcaklık ile negatif bir ilişki sergilerken klorofil-*a* ile sadece nehir ağzı ve yakın istasyonda istatistiki açıdan önemli negatif ilişkiler sergilemiştir.

Tablo 5. Nehir Ağzı istasyonu için gerçekleştirilen Spearman Korelasyonu sonuçları (n=48, Sig. 2-tailed, siyah olarak belirtilen değerler istatistiki önem derecesine göre (p<0,05) önemli olanları göstermektedir).

	Mikroplankton	Nanoplankton	Pikoplankton	NO ₂₊₃	PO ₄	Si ₂ O	Klorofil-a	Sıcaklık	Tuzluluk
Mikroplankton	1,00	-0,74	-0,59	0,01	-0,13	-0,25	0,39	0,03	-0,24
Nanoplankton		1,00	-0,02	-0,25	0,00	0,22	-0,25	-0,04	0,22
Pikoplankton			1,00	0,23	0,11	0,10	-0,34	-0,04	0,18
NO ₂₊₃				1,00	0,25	0,71	-0,04	-0,48	0,21
PO ₄					1,00	0,16	0,06	-0,18	0,06
Si ₂ O						1,00	-0,21	-0,55	0,33
Klorofil-a							1,00	0,27	-0,64
Sıcaklık								1,00	-0,67
Tuzluluk									1,00

Tablo 6. Kıyı istasyonu için gerçekleştirilen Spearman Korelasyonu sonuçları (n=48, Sig. 2-tailed, siyah olarak belirtilen değerler istatistiki önem derecesine göre (p<0,05) önemli olanları göstermektedir).

	Mikroplankton n	Nanoplankton n	Pikoplankton n	NO ₂₊₃	PO ₄	Si ₂ O	Klorofil-a	Sıcaklık	Tuzluluk
Mikroplankton	1,00	-0,54	-0,79	-0,06	0,18	0,01	0,50	-0,14	0,01
Nanoplankton		1,00	-0,01	0,01	0,11	0,10	-0,29	0,17	-0,07
Pikoplankton			1,00	0,09	0,18	0,07	-0,42	0,06	0,11
NO ₂₊₃				1,00	0,43	0,71	-0,08	-0,53	0,45
PO ₄					1,00	0,18	-0,08	-0,21	0,28
Si ₂ O						1,00	-0,04	-0,42	0,32
Klorofil-a							1,00	-0,07	-0,28
Sıcaklık								1,00	-0,59
Tuzluluk									1,00

Tablo 7. Açık istasyonu için gerçekleştirilen Spearman Korelasyonu sonuçları (n=48, Sig. 2-tailed, siyah olarak belirtilen değerler istatistiki önem derecesine göre (p<0,05) önemli olanları göstermektedir).

	Mikroplankton	Nanoplankton	Pikoplankton	NO ₂₊₃	PO ₄	Si ₂ O	Klorofil-a	Sıcaklık	Tuzluluk
Mikroplankton	1,00	-0,76	-0,83	0,03	0,02	-0,05	0,65	0,07	0,12
Nanoplankton		1,00	0,34	-0,11	-0,13	-0,04	-0,65	0,06	-0,21
Pikoplankton			1,00	-0,02	0,10	0,02	-0,43	-0,11	-0,07
NO ₂₊₃				1,00	0,46	0,82	0,07	-0,54	0,34
PO ₄					1,00	0,41	0,09	-0,24	-0,07
Si ₂ O						1,00	0,13	-0,58	0,50
Klorofil-a							1,00	0,01	0,14
Sıcaklık								1,00	-0,53
Tuzluluk									1,00

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Güneydoğu Karadeniz’de pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının fotik bölge dinamiğinin zamansal ve alansal değişiminin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma Nisan 2015 ve Mayıs 2016 tarihleri arasında aylık olarak yürütülmüştür.

4.1. Hidrografi

Dinamik bir yapıya sahip olan Karadeniz’in üst yüzey tabakası mevsimsel açıdan önemli değişimler sergiler. Açık bölgeler daha yeknesak bir yapı sergilerken kıyısal bölgeler daha değişken bir yapı göstermektedir.

Deniz suyu yüzey sıcaklıkları havaların ısınmasına bağlı olarak ilkbaharda ısınmaya başlar ve yaz döneminde (Temmuz ve Ağustos) en yüksek değerlere ulaşır. Karışımlar ve mevsimsel soğumaya bağlı olarak Ocak-Şubat aylarında en düşük değerlere ulaşır (Ivanov, 1985). Çalışma bölgesinde önceden yürütülen çalışmalarda deniz suyu yüzey sıcaklığı en yüksek Ağustos (25-27,4°C) ayında kaydedilirken en düşük Şubat (8-9,5°C) ayında kaydedilmiştir (Sivri, 1999; Ağırbaş, 2010; Kopuz, 2012; Koca, 2014; Bakırcı, 2017). Bu çalışmada deniz suyu yüzey sıcaklığı 9,7°C (Şubat) ile 28,2°C (Ağustos) arasında değişim göstermiştir. Elde edilen bulgular bölgede yapılan önceki çalışmalarla benzerlik gösterirken yaz dönemi deniz suyu yüzey sıcaklıklarının önceki yıllara göre nispeten arttığını göstermiştir. Gözlemlenen farklılıklar bölgesel farklılıktan kaynaklanabileceği gibi dönemsel farklılıklardan da kaynaklanma olasılığı bulunmaktadır.

Çalışma bölgesindeki tuzluluk profili incelendiğinde; yüzeyde daha az tuzlu suların (%16-18) yer aldığı, derinlerde ise daha tuzlu suların (%19-21) bulunduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen tuzluluk profili Karadeniz’in genel karakteristiğine uymaktadır (Ivanov; 1985; Kıdeyş vd., 2000; Bologna, 1986; Yılmaz vd., 1998; Sivri, 1999; Ağırbaş, 2010; Kopuz, 2012; Bakırcı, 2017).

4.2. Besin Elementi Dinamiği

Denizlerde önemli azot kaynaklarının başında nitrit ve nitrat gelmektedir. Güney Karadeniz’de yapılan bir çalışmada toplam nitrit ve nitrat konsantrasyonunun 0,11-0,59 μM arasında değiştiği rapor edilmiştir (Eker-Develi vd., 2003). Karadeniz’in Anadolu sahillerinde mevsimsel olarak yürütölen başka bir çalışmada ise toplam nitrit ve nitrat konsantrasyonunu 0,02-4,14 μM olarak rapor etmişlerdir (Çoban-Yıldız vd., 2000). Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından 1995-1999 yılları arasında yürütölen bir çalışmada toplam nitrit ve nitrat miktarı Karadeniz’in kıyı sularında 0,16-0,84 μM arasında değişim gösterirken açık sularda 0,14-0,30 μM arasında değiştiği tespit edilmiştir. Güney Doğu Karadeniz kıyılarında Ağırbaş (2010) tarafından yürütölen başka bir çalışmada ise toplam nitrit ve nitrat konsantrasyonu kıyı sularda 0,37-4,71 μM arasında değişim göstermişken, açık sularda 0,31-4,46 μM arasında değişim göstermiştir. Yine aynı bölgede yapılan başka bir çalışmada ise toplam nitrit+nitrat konsantrasyonu 0,12-16,99 $\mu\text{g-at/L}$ seviyesinde olduğu bildirilmiştir (Kopuz, 2012). Koca (2014) tarafından Güney Doğu Karadeniz (Rize) sahillerinde yürütölen başka bir çalışmada ise nitrit+nitrat konsantrasyonu 0,52-9,88 μM arasında değişim göstermiştir. Daha geniş bir alanda gerçekteştirilen bu çalışmada ise toplam nitrit+nitrat konsantrasyonu 0,001-2,12 μM arasında değişirken önemli mevsimsel dalgalanmalar göstermiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular Çoban-Yıldız vd., (2000), Ağırbaş (2010) ve Kopuz (2012)’nin sonuçlarından düşük çıkarken diğer çalışmalarda rapor edilen bulgulara göre yüksek çıkmıştır.

Besleyici elementlerden fosfatın, Karadeniz’de karasal kaynaklardan desteklendiği ve yoğunluğunun özellikle nehir girdilerinden ve bunun yanı sıra fitoplankton aktivitelerinden etkilendiği birçok araştırıcı tarafından vurgulanmaktadır (Brewer ve Murray, 1973; Bologna, 1986; Zaitsev, 1991). Karadeniz’de fosfat konsantrasyonu zamana bağlı değişim göstermesine rağmen yüzey sularında ortalama fosfat konsantrasyonunun 0,42 μM olduğu belirtilmiştir (Sorokin, 1986). Kuzey Batı Karadeniz’de fosfat miktarının 6,39 μM ’e kadar yükseldiğini bildirmiştir (Bologna, 1986). Oğuz vd. (2008) Romanya kıyılarında 1959-65 dönemi için ortalama yıllık yüzey suyu fosfat konsantrasyonunun 0,26 μM , 1983-90 periyodu için 6,54 μM , 1991-2000 periyodu için 1,86 μM ve 2001-2005 periyodu içinse 0,49 μM olduğunu ve giderek

azaldığını rapor etmiştir. Karadeniz’de 1989 yılında yapılan bir çalışmada ise fosfat değerlerinin 0,2 μM ’ü aşmadığı saptanmıştır. Kıyusal bölgenin üst tabaka sularında ortalama fosfat değerleri 1995-1999 yılları için 0,03-0,27 μM arasında bulunmuştur (Kıdeyş vd., 2000). Feyzioğlu (1996) Doğu Karadeniz’de aynı bölgede yaptığı çalışmada Haziran ve Temmuz döneminde fosfat miktarının yüksek olduğunu tespit etmiştir. Doğu Karadeniz’de yürütülen başka bir çalışmada ise en yüksek fosfat değeri Haziran ayında ölçülmüştür (Sivri, 1999). Ağırbaş (2010) tarafından Güney Doğu Karadeniz’de gerçekleştirilen başka bir çalışmada kıyı istasyonunda ortalama fosfat konsantrasyonunun 0,002 μM (Kasım 2009)-0,052 μM (Haziran 2009) arasında değiştiği belirlenmiştir. Açık istasyonda ise bu değişim 0,002 μM (Kasım 2009)-0,068 μM (Haziran 2009) arasında gerçekleşmiştir. Yine aynı bölgede Kopuz (2012) tarafından yürütülen başka bir çalışmada ise fosfat konsantrasyonu 0,01-0,06 μM arasında değişim göstermiştir. Koca (2014) tarafından Güney Doğu Karadeniz (Rize) sahillerinde yürütülen başka bir çalışmada fosfat konsantrasyonu 0,03-0,90 μM arasında değişim göstermiştir. Bu çalışmada fosfat konsantrasyonları 0,001-0,28 μM arasında değişim göstermiştir. En yüksek konsantrasyon sonbahar mevsiminde kaydedilirken en düşük kış mevsiminde okunmuştur. Ancak önceki yıllara göre fosfat konsantrasyon değerleri önemli oranda düşmüştür. Bu çalışma ile Feyzioğlu (1996) ve Sivri (1999)’un çalışmalarının aksine fosfat konsantrasyonlarının en yüksek sonbahar döneminde tespit edilmiş olmasıyla farklılık göstermektedir. Elde edilen değerler Karadeniz’in farklı bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalarla kıyaslandığında Kuzey Batı kıta sahanlığından çok düşük olduğu, bölgede yapılan diğer çalışmalarla ve ortalama değerler bakımından Sorokin (1986)’nın rapor ettiği Karadeniz’in genel yüzey suyu profilinin altında olduğu görülmüştür.

Deniz suyunun silikat konsantrasyonu genel olarak kış döneminde yüzey sularında 7-15 μM arasında değişirken yaz döneminde bu değer 0,35 μM ’e kadar düşebilmektedir (Tait, 1988). Karadeniz’de yoğun diatom bloomları sonrasında silikat konsantrasyonu azalırken nehir girdileri ve yağışlarla konsantrasyonu tekrar yükselmektedir (Ivanov, 1985; Bologna, 1986). Oğuz vd. (2008) Romanya kıyılarında 1959-65 dönemi için ortalama yıllık yüzey suyu silikat konsantrasyonunun 40,5 μM , 1983-90 periyodu için 11,0 μM , 1991-2000 periyodu için 12,6 μM ve 2001-2005 periyodu içinse 13,7 μM olduğunu rapor etmiştir. Karadeniz’e toplam tatlı su girdisinin

%70'ini oluşturan Tuna nehrinden gelen reaktif silikat konsantrasyonunda 1970'li yıllarda baraj açılmasını takiben günümüze kadar 2/3 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda Karadeniz yüzey sularında reaktif silikatın %60 oranında azaldığı gözlenmiştir. Reaktif silikattaki bu azalma fitoplankton kompozisyonlarında 90'lı yılların başında dramatik değişimlere neden olmuştur (Kıdeyş vd., 2000). Güney Doğu Karadeniz kıyılarında yürütülen başka bir çalışmada ise silikat konsantrasyonunun 1,20-14,08 μM arasında değiştiği rapor edilmiştir (Ağırbaş, 2010). Yine aynı bölgede gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise silikat konsantrasyonu 0,37-16,63 μM arasında değişim göstermiştir (Kopuz, 2012). Koca (2014) tarafında yürütülen başka çalışmada ise silikat konsantrasyonları 1,92-16,25 μM arasında değişim göstermiştir. Bu çalışmada silikat değerleri 0,01-13,63 μM arasında değişirken en yüksek konsantrasyonlar yoğun dikey karışımların olduğu ve fitoplanktonik aktivitenin düşük olduğu sonbahar döneminde gözlenmiştir. Çalışmadan elde edilen değerlerin yukarıdaki literatür bulguları ile genel anlamda örtüştüğü görülmüştür ancak gözlemlenen bazı farklılıkların ise bölgesel farklılıktan kaynaklandığı gibi fitoplanktonik aktivitedeki dönemsel farklılıklardan da kaynaklanması muhtemeldir.

4.3. Pigment ve Fitoplankton Boy Grupları

Denizel ekosistemlerin yapısının ve dinamiklerinin anlaşılması için fitoplankton komünite yapısının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla kullanılan mikroskobik hücre sayımı zaman alan ve yüksek derecede taksonomi bilgisi gerektiren bir yöntemdir. Fitoplankton biyomasının belirlenmesi için kullanılan diğer bir yöntem ise klorofil-*a* ölçümleridir. Bu yöntem taksonomik olmayıp sadece biyomas tahminleri ve ortamın trofik seviyesi hakkında bilgi vermektedir. Ancak bu yöntemin de bazı eksik yanları vardır örneğin bazı dinoflagellat türleri fotosentetik olmayıp klorofil içermezler. Bundan dolayı fitoplankton komünitesini değerlendirmekte hatalı sonuçlara varılabilir. Bu bağlamda fitoplankton topluluklarını kısa sürede tanımlayabilmek için HPLC tekniği ile pigmente dayalı sistematik yaklaşımlar kullanılabilir. Pigmente dayalı analizler taksonomi, fizyoloji ve fitoplankton ekolojisi hakkında çalışılan bölgeye dair bilgi sağlar (Rodriguez vd., 1998).

Karadeniz yüzey suyundaki klorofil-*a* konsantrasyonunun uzun dönemli değişimleri incelendiğinde 1964-1986 yılları için $0,15 \pm 0,04$ $\mu\text{g/L}$ arasında değiştiği bildirilmiştir (Yunev vd., 2002). Kopelevcih vd. (2004) Karadeniz'in geneli için ortalama klorofil-*a* değerlerinin $0,59-0,69$ $\mu\text{g/L}$ arasında değiştiği bildirilmiştir. Karadeniz'in Anadolu kıyıları için 1995-1996 yılları in-situ klorofil-*a* değerlerinin $0,1-1,5$ $\mu\text{g/L}$ arasında değiştiği rapor edilmiştir (Yılmaz vd., 1998). Eker-Develi vd. (2003)'ün Türkiye kıyılarını kapsayacak şekilde yürüttüğü başka bir çalışmada 1996-1998 dönemi için yüzey klorofil-*a* değerlerinin $0,34-0,42$ $\mu\text{g/L}$ arasında değiştiğini bildirmiştir. Ediger vd. (2006) Güneybatı Karadeniz için ortalama klorofil-*a* konsantrasyonunun $0,15-1,23$ $\mu\text{g/L}$ arasında değiştiğini rapor etmiştir. Ağırbaş (2010) tarafından Güneydoğu Karadeniz'de aylık dönemler halinde yürütülen çalışmada ise yüzey suyu klorofil-*a* değerleri kıyı (2 mil) açık (8 mil) için ortalama klorofil-*a* değerlerini sırasıyla $1,97$ $\mu\text{g/L}$ ve $1,84$ $\mu\text{g/L}$ olarak bildirmiştir. Güney Doğu Karadeniz Rize sahillerinde yürütülen başka bir çalışmada ise klorofil-*a* konsantrasyonunu $0,34-2,71$ $\mu\text{g/L}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir (Koca, 2014). Türkmen (2016) tarafından Güneydoğu Karadeniz ekosisteminde mevsimsel ölçekte yürütülen çalışmada yüzey suyu ortalama klorofil-*a* konsantrasyonlarının 2, 8 ve 15 mil için sırasıyla $0,37-2,68$ $\mu\text{g/L}$, $0,16-2,04$ $\mu\text{g/L}$ ve $0,32-1,79$ $\mu\text{g/L}$ arasında değiştiği bildirilmiştir. Aylık dönemler halinde yürütülen bu çalışmada ise yüzey suyu klorofil-*a* konsantrasyonları nehir ağzı, kıyı ve açık istasyonlar için sırasıyla $0,51-3,97$ $\mu\text{g/L}$; $0,16-2,47$ $\mu\text{g/L}$ ve $0,18-3,04$ $\mu\text{g/L}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen bulgular yukarıda sunulan literatür verileriyle özellikle bölgede yapılan çalışmalarla uyumluluk göstermekle beraber nispeten yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 8). Tespit edilen bu farklılıklarda yöntemsel farklılıklar (spektrofotometre, florometre, floresan ölçümleri, HPLC ve uydu oşinografisi vb.) etkili olabileceği gibi bölgesel farklılıklar, çalışma dönemlerinin farklı olması, örnekleme sıklığı ve değişen ekosistem koşulları altında değişen fitoplankton toplulukları vb. faktörler etkili olabilir.

Tablo 8. Karadeniz’de yürütülen klorofil-a çalışmaları

Bölge	Dönem	Klorofil-a($\mu\text{g/L}$)	Referans
Tüm Havza	1964-1986	0,15	Yunev vd., 2002
	1992	0,99	
	1993	0,26	
Tüm Havza	1998-2001	0,59-0,69	Kopelevceh vd., 2004
Ukrayna	1991	0,2-0,6	Krupatkina ve Berseneva, 1995
Güney Kar.	1995-1996	0,1-1,5	Yılmaz vd., 1998
Güney Kar.	Temmuz 1997 ve Eylül 1998	<0,5-1,5	Yayla vd., 2001
Anadolu sahilleri	Haziran-Temmuz 1996	0,34	Eker-Develi vd., 2003
	Mart-Nisan 1998	0,42	
	Eylül 1998	0,40	
Kuzey Batı Kar.	Mayıs-Haziran 2001	0,03-1,92	Yılmaz vd., 2006
Güney Batı Kar.	Mayıs 2001	0,15-1,23	Ediger vd., 2006
Güney Doğu Kar.	Şubat-Aralık 2009		
Güney Doğu Kar.	Kıyı (2 mil), aylık	1,97	Ağırbaş, 2010
Güney Doğu Kar.	Açık (8 mil), aylık	1,84	Ağırbaş, 2010
Güney Doğu Kar.	Kıyı (2 mil), aylık	0,6	Kopuz, 2012
Güney Doğu Kar.	Kıyı (1 mil), aylık	0,34-2,71	Koca, 2014
Güney Doğu Kar.	Kıyı (2 mil), mevsimsel	1,22	Türkmen, 2016
Güney Doğu Kar.	Kıyı (8 mil), mevsimsel	0,81	Türkmen, 2016
Güney Doğu Kar.	Kıyı (15 mil), mevsimsel	0,76	Türkmen, 2016
Güney Doğu Kar.	Kıyı (0,5 mil), aylık	0,79-3,11	Bu çalışma
Güney Doğu Kar.	Kıyı (5 mil), aylık	0,73-2,78	Bu çalışma
Güney Doğu Kar.	Kıyı (20 mil), aylık	0,67-2,29	Bu çalışma

Pigmente dayalı fitoplankton çalışmaları incelendiğinde; Güneybatı Karadeniz’de tek dönemde yürütülen bir çalışmada peridinin (0,03-0,33 µg/L), fukoksantin (0,02-0,18 µg/L) ve 19'-Heksanoloksifukoksantin (0,04-0,19 µg/L) HPLC yöntemi ile analiz edilmiş ve fitoplankton hücre bolluğu ile arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur (Ediger vd., 2006). Güneydoğu Karadeniz kıyılarında farklı karakterdeki istasyonlarda (2 ve 8 deniz mili) gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise peridinin, fukoksantin ve 19'-Heksanoloksifukoksantin konsantrasyonlarının sırasıyla 0,04-0,45 µg/L; 0,06-1,45 µg/L ve 0,04-0,43 µg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir (Ağırbaş, 2010). Güneydoğu Karadeniz Rize sahillerinde yüzey suyunda yürütülen başka çalışmada ise 4 farklı fotosentetik pigment (diadinoksantin, zeaksantin, klorofil-*b* ve β-Karoten) daha incelenmiş ve bunların aylık değişimleri ortaya konulmuştur (Koca, 2014). Türkmen (2016) tarafından Artvin-Giresun arasında mevsimsel olarak yürütülen başka bir çalışmada ise yukarıda adı geçen fotosentetik pigmentlere ilaveten 19-Butanoloksifukoksantin ve Alloksantin pigmentleri de analiz edilerek fitoplankton boy gruplarının % katkı oranları ortaya konulmuştur. Adı geçen çalışmada peridinin, fukoksantin, 19-Heksanoloksifukoksantin, zeaksantin ve klorofil-*b* konsantrasyonları sırasıyla 0,14-3,48 µg/L; 0,02-2,52 µg/L; 0,02-2,56 µg/L; 0,03-0,09 µg/L ve 0,01-1,67 µg/L arasında değişim göstermiştir. Aylık dönemler halinde yürütülen bu çalışmada ise fukoksantin, peridinin ve 19-heksanoloksifukoksantin öne çıkan pigmentler olmuştur. Konsantrasyonları ise sırasıyla 0,03-2,94 µg/L, 0,11-2,29 µg/L ve 0,03-1,76 µg/L arasında değişim göstermiştir. Elde edilen bulgular bölgede son dönem yürütülen çalışmalar ile benzerlik gösterirken Ediger vd. (2006) ve Ağırbaş (2010)’un bulgularından yüksek çıkmıştır. Yüksek konsantrasyonların okunduğu istasyonlar genellikle kıyıya yakın mesafede ve nehir deşarjı etkisi altına olan istasyonlar olurken diğer çalışmalarda (Ediger vd., 2006) kıyıdan daha uzak ve durağan karakterdeki istasyonlarda çalışılmıştır.

Pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının değerlendirildiği bu çalışmada grup oranları alansal ve zamansal olarak önemli ölçüde değişmiştir. Mikroplanktonik gruplar (%8-91) öne çıkan grup olurken nano- ve pikoplanktonik gruplar hemen hemen eşit oranlarda (%1-70) katkı yapmıştır. Bu durum pigment konsantrasyonlarında da kendini göstermiştir. Bölgesel olarak bir değerlendirme yapıldığında mikroplankton nehir ağız istasyonunun genelinde ve diğer istasyonlarda ise yüzey sularında baskın olurken,

nanoplankton kıyı ve açık sularda yüzey ve nispeten fotik bölgenin alt sınırlarında daha fazla katkı yapmıştır. Pikoplankton ise açık istasyonlarda ve yüzey altı derinliklerde daha yüksek oranda temsil edilmiştir.

Türkmen (2016), fitoplankton boy gruplarının toplam fitoplanktona yaptığı katkının mikropilankton, nanoplankton ve pikoplankton için sırasıyla %8-93; %1-92 ve %1-71 arasında değiştiğini rapor etmiştir. Aynı araştırmacı kış ve ilkbahar döneminde mikropilanktonun baskın olduğunu ve yaz mevsiminde yerini pikoplanktona bıraktığını tespit etmiştir. Çalışma bölgesinde en fazla katkı yapan ikinci grup nanoplanktonun olduğunu ve özellikle klorofil maksimumun olduğu derinliklerde en yüksek katkı oranlarına ulaştığını da belirtmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulguların Türkmen (2016) ile kıyaslandığında mikropilanktonik gruplar açısından benzerlik gösterirken nano- ve pikoplanktonik grup oranlarının daha düşük olduğu görülmektedir. Bu farklılığın bölgesel ve örnekleme dönemlerinde farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Mevcut çalışmada aylık olarak kıyıda itibaren 20 deniz mili mesafesindeki istasyonlarda örnekleme yapılmıştır. Ancak, Türkmen (2016) çalışmalarını mevsimsel olarak kıyıya daha yakın ve daha geniş bir alanda yürütmüştür.

Fitoplankton boy grupları ortamın trofik yapısı hakkında bilgi verebilmektedir. Oligotrofik bölgeler ağırlıklı olarak pikoplankton tarafından temsil edilirken klorofil maksimumuna doğru yerini nanoplanktona bıraktığı rapor edilmiştir (Gibb vd., 2000; Zubkov vd., 2000; Barlow vd., 2002). Diğer taraftan yeni nütrient girdisinin olduğu ve karışımların yoğun olarak süregeldiği dönemlerde ise fitoplankton toplulukları ağırlıklı olarak mikropilankton tarafından temsil edilmektedir (Aiken vd., 2009). Bu çalışmada da kıyasal bölgelerde ve yeni nütrient girdisinin olduğu dönemlerde yüzey sularında mikropilankton baskın grup olurken, açığa doğru gidildikçe ve nütrientin azaldığı dönemlerde nanoplankton ve pikoplankton baskın hale geçmiştir. Diğer taraftan derinliğe bağlı olarak klorofil maksimum ve fotik bölgenin alt sınırında dönemsel olarak nanoplankton baskınlıkları da gözlenmiştir. Bu konuda Perez vd. (2005) klorofil maksimumdaki nanoplankton baskınlığına dair birkaç teori öne sürülmüştür. Bunlar; nütriklindeki yüksek in-situ büyüme oranı, ışık adaptasyonu, yüksek nütrient konsantrasyonu, fitoplanktonik grupların agregasyon davranışları ve fitoplankton üzerindeki otlama baskısıdır.

Çalışma süresince fitoplankton boy gruplarında gözlemlenen farklılıklar yukarıda bahsedilen mekanizmalarla da örtüşmektedir. Ancak sadece marker pigmentler kullanılarak fitoplankton boy gruplarının tahmin edilmesi yanıltıcı olabilmektedir (Gieskes, 1991; Millie vd., 1993, Brewin vd., 2010; Ağırbaş vd., 2015). Pigmente dayalı yapılan tahminler fitoplankton grup oranları hakkında bilgi verirken sistematik açıdan (tür teşhisi vb.) net bir bilgi ortaya koyamamaktadır. Bundan dolayı HPLC tekniğinin mikroskobik hücre sayımları ile desteklenmesi büyük önem arz etmektedir.



5. ÖNERİLER

Karadeniz gibi izole sistemler yapılarında meydana gelen ekolojik değişimlere karşı daha hassastırlar. Beraberinde yoğun besin elementi ve kirletici girdisi ile iklim değişikliğine bağlı değişimler bu dengeyi daha hassas hale getirmektedir. Bu ekolojik değişimler fitoplanktonik yapının önemli ölçüde değişmesine yol açabilmektedir. Birçok araştırma grubu Karadeniz’de temel fitoplanktonik grup oranlarının (diatom/dinoflagellat oranları) değiştiği ve sistemin daha küçük boy grupları (nano- ve pikoplankton) tarafından domine edildiğini rapor etmiştir.

Fitoplankton topluluklarının tür kompozisyonunda ve oranlarında meydana gelen değişimler besin zinciri yoluyla pelajik ekosistemin verimliliğini etkilediğinden sistemin sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. Bu değişim Karadeniz gibi verimliliği büyük ölçüde pelajik sisteme bağlı olan denizlerde son derece önemli sonuçlara sebep olabilmektedir. Ekosistemde meydana gelen değişmelerin etkilerini anlayabilmek için bu organizma gruplarının hızlı ve kısa bir zamanda tespit edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma ile diğer klasik yöntemlere göre daha hızlı ve tekrarlanabilir yöntem olan HPLC ile pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının zamansal ve alansal dağılımı belirlenmiştir.

Karadeniz’in Anadolu sahillerinde fitoplanktonik çalışmalar daha çok lokal ve kısa süreli olması bu tür çalışmaların ne kadar zahmetli ve zaman aldığı bir göstergesidir. HPLC tekniği ile bu tür sorunlar ortadan kalkmakta ve geniş alanları niteleyecek şekilde fitoplankton haritaları oluşturmak mümkün olabilecektir. Özellikle balıkçılık açısından çok önemli potansiyele sahip olan bu bölge için fitoplankton türleri için yapılacak olan kültür çalışmaları ile bölgenin pigmente dayalı fitoplankton yapısı ortaya konularak bölge özelinde fitoplankton pigment oranları ortaya konulabilir.

Değişen iklim koşulları altında fitoplankton biyomasındaki değişimlerin ve grup oranlarının sürekli izleme programları ile takip edilmesi sucul ekosistemler hakkında ileriye daha sağlıklı fikir verecektir. Bu noktada sürekli izleme programlarının önemi artarken, bu tür programların kısa zamanda ve geniş alanları kapsayacak şekilde yürütülmesi daha da önemlidir. Dünya denizleri içerisinde çok özel bir yeri olan

Karadeniz'in geleceği açısından benzeri çalışmalar ile sürekli takip edilmesi büyük önem taşımaktadır.



KAYNAKLAR

- Ağırbaş, E., Koca L. and Aytan U., 2017.** Spatio-Temporal Pattern of Phytoplankton and Pigment Composition in Surface Waters of South-Eastern Black Sea, *Oceanologia*, vol.59, pp.283-299.
- Ağırbaş E., 2016.** Fitoplankton Pigment Konsantrasyonunun ve Boy Gruplarının HPLC Tekniği ile Belirlenmesi (Güneydoğu Karadeniz, Rize), *Yunus Araştırma Bülteni*, 16, 81-90
- 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, 199 s.
- Ağırbaş, E., Martinez-Vicente, V., Brewin, R.J.W., Racault, M.F., Airt, R.L. and Llewellyn, CA., 2015.** Temporal changes in total and size-fractionated chlorophyll-a in surface waters of three provinces in the Atlantic Ocean (September to November) between 2003 and 2010. *Journal of Marine Systems*, 150; 56-65.
- Aiken, J., Pradhan Y., Barlow R., Lavender S., Poulton A., Holligan P. and Hardman-Mountford N., 2009.** Phytoplankton pigments and functional types in the Atlantic Ocean: A decadal assessment, 1995-2005. *Deep-Sea Research Part I- Topical Studies in Oceanography* 56 (15), 899-917.
- Bakırcı, M., 2017.** Güneydoğu Karadeniz Kıyıları (Artvin-Giresun) Birincil Üretim Miktarlarının Mevsimsel Değişimi, (Yüksek Lisans Tezi) Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize, Türkiye, 86s.
- Barlow, R.G., Cummings, D.G. and Gibb S.W., 1997.** Improved Resolution of mono- and Divinyl Chlorophyll-as a and b and Zeaksantin and Lutein in Phytoplankton Extracts Using Reverse Phase C-8 HPLC, *Marine Ecology Progress Series*, 161, 303-307.
- Barlow, R.G., Aiken, J., Holligan, P.M., Cummings, D.G., Maritorea, S. and Hooker, S., 2002.** Phytoplankton pigment and absorption characteristics along meridional transects in the Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research Part I- Oceanographic Research Papers* 49 (4): 637-660.
- Barlow, R.G., Aiken, J., Moore, G.F., Holligan, P.M. and Lavender, S., 2004.** Pigment adaptations in surface phytoplankton along the eastern boundary of the Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 281, 13-26.
- Bell, T. and Kalff, J., 2001.** The contribution of picoplankton in marine and freshwater systems of different trophic status and depth. *Limnology and Oceanography*, 46: 1243–1248.

- Brewer, P.G. and Murray, J.W., 1973.** Carbon, Nitrogen and Phosphorus in the Black Sea, *Deep Sea Research.*, 20, 803-808.
- Brewin, R.J.W., Sathyendranath, S., Hirata, T., Lavender, S.J., Barciela, R.M. and Hardman-Mountford N.J., 2010.** A three-component model of phytoplankton size class for the Atlantic Ocean. *Ecological Modelling* 221 (11): 1472-1483.
- Bologa, A.S., 1986.** Planktonic Primary Productivity of the Black Sea: A Review, *Thalassia Jugoslavica*, 21-22, 1-2, 1-22.
- Booth, B.C., 1993.** Estimating cell concentration and biomass of autotrophic plankton using microscopy. In: Kemp P.F., Sherr B.F., Cole J.J. (Eds.), *Handbook of methods in aquatic microbial ecology*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 199-205.
- Boyce, D.G., Lewis, M.R. and Worm, B., 2010.** Global phytoplankton decline over the past century. *Nature*, 466 (7306), 591-596
- 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. and Marty, J.C., 1995.** Specific phytoplankton biomasses and their relation to primary production in the tropical North Atlantic. *Deep-Sea Res Part I* 42:1475–1493.
- Çoban-Yıldız, Y., Tuğrul, S., Ediger, D., Yılmaz, A. and Polat, S.C., 2000.** A Comparative Study on the Abundance and Elemental Composition of POM in three Interconnected basins: the Black, the Marmara and the Mediterranean Seas, *Mediterranean Marine Science*, 1, 51-63.
- Ediger, D., Soydemir, N. and Kideys, A.E., 2006.** Estimation of phytoplankton biomass using HPLC pigment analysis in the Southwestern Black Sea. 53, 1911-1922.
- 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.
- Eker-Develi, E., Berthon, J.F. and Linde, D., 2008.** Phytoplankton class determination by microscopic and HPLC-CHEMTAX analyses in the southern Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 359, 69-87.
- Eker-Develi E., Berthon J.F., Canuti, E., Slabakova, N., Moncheva, S., Shtereva G. and Dzhurova, B., 2012.** Phytoplankton taxonomy based on CHEMTAX and microscopy in the Northwestern Black Sea. *Journal of Marine Systems*, 94,18-32.
- Falkowski, P.G. and Raven, J.A., 2007.** *Aquatic photosynthesis*, Princeton University Press, Second edition, 484 s.

- Feyzioğlu, A.M., 1996.** Doğu Karadeniz Kıyısı Ekosisteminde Fitoplankton Dinamiğindeki Mevsimsel Değişimler, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 120 s.
- Finenko, Z.Z., Churilova, T.Ya., Sosik, H.M. and Basturk, O., 2002.** Variability of Photosynthetic Parameters of the Surface Phytoplankton in the Black Sea. *Marine Biology*, 42(1), 53-67.
- Gibb, S.W., Barlow, R.G., Cummings, D.G., Rees, N.W., Trees, C.C., Holligan, P. and Suggett, D., 2000.** Surface phytoplankton pigment distributions in the Atlantic Ocean: an assessment of basin scale variability between 50°N and 50°S. *Progress in Oceanography*, 45, 339-368.
- Gibb, S.W., Cummings, D.G., Irigoien, X., Barlow, R.G., Fauzi, R. and Mantoura C., 2001.** Phytoplankton pigment chemotaxonomy of the northeastern Atlantic, *Deep Sea Research II*, 48, 795-823
- Gieskes, W.W.C. and Kraay, G.W., 1983.** Dominance of Cryptophyceae during the Phytoplankton Spring Bloom in the Central North Sea Detected by HPLC Analysis of pigments, *Marine Biology*, 75, 179-185.
- Gieskes, W.W.C., 1991.** Algal pigment fingerprints: clue to taxonspecific abundance, productivity and degradation of phytoplankton in seas and oceans. In: Demers, S. (Ed.), *Particle Analysis in Oceanography, NATO ASI Series'*, vol. G27. pp. 61–69.
- Guillard, R.R.L., Murphy, L.S., Foss, P. and Liaen-Jensen, S., 1985.** *Synechococcus* spp. as likely Zeaxanthin-dominant Ultraphytoplankton in the North Atlantic *Limnol. Oceanography*, 30, 412-414.
- Ivanov, L., 1985.** The Fisheries Resources of the Mediterranean Part Two: Black Sea, *Etud. Rev, CGPM/ Stud. Rev, GFCM*, 115 s.
- Jeffrey, S.W. and Hallegraeff, G.M., 1987.** Phytoplankton pigments, species and light climate in a complex warm-core eddy of the east Australian Current. *Deep-Sea Research* 34, 649–673.
- Jeffrey, S.W. and Vesk, M. 1997.** Introduction to marine phytoplankton and their pigment signatures. In: Jeffrey SW, Mantoura RFC, Wright SW (Eds.), *Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods*. UNESCO, Paris, pp. 19-36.
- Kaiser, M.J., Attrill, M.J., Jennings, S., Thomas, D.N., Barnes, D.K.A., Brierley, A.S., Polunin, N.V.C., Rafaelli, D.G. and Williams, P.J.B., 2005.** *Marine Ecology, Processes, Systems and Impacts*, Oxford University Press, 557.
- Kıdeyş, A.E., Mutlu, E., Oğuz, T., Okyar, M., Özsoy, E., Tuğrul, S. ve Yılmaz, A., 2000.** Akdeniz, Marmara Denizi, Türk Boğazlar Sistemi, Karadeniz ve Atmosfer Alt Projeleri, DAP ve Ulusal Deniz Araştırma ve İzleme Programı, 239-335 s.

- Kopelevich, O.V., Sheberstov, S.V., Yunev, O., Baştürk O., Finenko, Z.Z., Nikonov, S. and Vedernikov, V.I., 2002.** Surface Chlorophyll-a in the Black Sea over 1978-1986 Derived from Satellite and in situ Data, *Journal of Marine Systems*, 36, 145-160.
- Koca, L., 2014.** Güney Doğu Karadeniz Kıyıları (Rize) Diatom/Dinoflagellat Oranları Ve Pigment Kompozisyonun Zamansal Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 73 s.
- Kopuz, U., 2012.** Mikrobiyal Döngüde Pikoplankton Dinamiği ve Güneydoğu Karadeniz Pelajik Besin Zincirindeki Önemi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye. 112 s.
- Krupatkina, D.K. and Berseneva, G.P., 1995.** Primary production and Chlorophyll -a in the Black Sea in Winter and Autumn Seasons, *Oceanology*, 34, 6, 775-779.
- Li, W.K.W., Zohary, T., Yacobi, Y.Z. and Wood, A.M. 1993.** Ultraphytoplankton in the eastern Mediterranean Sea: towards deriving phytoplankton biomass from flow cytometric measurements of abundance, fluorescence and light scatter. *Marine Ecology Progress Series*, 102: 79-87.
- Mackas, D.L., 2011.** Does blending of chlorophyll data bias temporal trend *Nature*, 472 (7342), E4-E5.
- Mackey, M.D., Mackey, D.J., Higgins, H.W. and Wright, S.W. 1996.** CHEMTAX-a program for estimating class abundances from chemical markers: application to HPLC measurements of phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series*, 144, 265-283.
- Mantoura, R.F.C. and Llewellyn C.A., 1983.** The rapid determination of algal Chlorophyll-a and Carotenoid Pigments and Their Breakdown Products in Natural Waters by Reverse-Phase High Performance Liquid Chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 151, 297-314.
- Mee, L., 1992.** The Black Sea in crisis: A need for concerted international action, *Ambio*, 21, 4, 286 .
- Micheli, F., 1999.** Eutrophication, fisheries, and consumer-resource dynamics in marine pelagic ecosystems. *Science*, 285.
- Millie, D.F., Paerl, H.W. and Hurley, J.P., 1993.** Microalgal Pigment Assessments Using High Performance Liquid Chromatography: a Synopsis of Organismal and Ecological Applications, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50, 2513-2527.

- Nagata, T., Takai, K., Kawabata, K.I., Nakanishi, M. and Urabe, J., 1996.** The trophic transfer via a picoplankton-flagellate copepod food chain during a picocyanobacterial bloom in Lake Biwa. *Arch Hydrobiol*, 137;145–160.
- Obayashi, Y., Tanoue, E., Suzuki, K., Handa, N., Nojiri, Y. and Wong, C.S., 2001.** Spatial and Temporal Variabilities of Phytoplankton Community Structure in the Northern North Pacific as Determined by Phytoplankton Pigments, *Deep-Sea, Research I*, 48, 439-469.
- Oğuz, T., Velikova, V., Cociasu, A. and Korchenko, A., 2008.** State of the Environment Report 2001-2006/7, the State of Eutrophication, 83-112 p.
- Partensky, F., Hoepffner, N., Li, W.K.W., Ulloa, O. and Vaultot, D., 1993.** Photoacclimation of *Prochlorococcus* sp. (Prochlorophyta) strains isolated from the North Atlantic and the Mediterranean Sea. *Plant Physiology*, 101: 285–296.
- Perez, V., Fernandez, E., Maranon, E., Serret, P., Varela, R., Bode, A., Varela, M., Varela, M.M., Moran, X., Woodward, E.M.S., Kitidis, V. and Garcia-Soto, C., 2005.** Latitudinal distribution of microbial plankton abundance, production, and respiration in the Equatorial Atlantic in Autumn 2000. *Deep-Sea Research I* 52, 861–880.
- Rodriguez, F., Zapata, M., Garrido, J.L., 1998.** High performance liquid chromatographic separation of chlorophyll c forms from marine phytoplankton on octylsilica bonded phases. *Chromatographia*, 48 no: 9/10.
- Ross, D.A., Uchupi, E., Prada, K.E. and Macilaine, J.C., 1974.** Bathymetry and Microtopography of the Black Sea. In: Degens, T and Ross, A. (eds) *The Black Sea geology, chemistry and biology*. American Association of Petroleum Geologists, p. 1-10.
- Sabine, C.L. and Feely, R.A., 2007.** The oceanic sink for carbon dioxide. *Greenhouse Gas Sinks*. Ed.: Reay, D., Hewitt, N., Grace, N.J. and Smith, K., Oxfordshire, UK: CABI Publishing.
- Sivri, N., 1999.** Solaklı Deresi Girdilerinin Kıyusal Pelajik Ekosisteme Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 194 s.
- Sorokin, Y.U., 1986.** The Black Sea in: *Ecosystem of the World*, 26 Estuaries and Enclosed Seas, Elsevier Publishing, New York, 253-292.
- Stauber, J.L. and Jeffrey, S.W., 1988.** Photosynthetic Pigments in fifty-one Species of Marine Diatoms. *Journal of Phycology* 24, 158-172.
- Tait, R.V. and Dipper, F.A., 2001.** *Elements of Marine Ecology*, Butterworth-Heinemann Pub., forth edition, Great Brita Publication, 462 s.
- Takahashi, T., Sutherland, S.C., Sweeney, C., Poisson, A., Metzl, N., Tilbrook, B., Bates, N., Wanninkhof, R., Feely, R.A., Sabine, C., Olafsson, J. and**

- Nojiri, Y., 2002.** Global sea-air CO₂ flux based on climatological surface ocean pCO₂, and seasonal biological and temperature effects. *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, 49 (9-10), 1601-1622.
- Türkmen, P., 2016.** Güneydoğu Karadeniz Kıyıları (Artvin-Giresun) Pigment Kompozisyonunun Mevsimsel Değişimi, (Yüksek Lisans Tezi) Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize, Türkiye, 61 s.
- Uitz, J., Claustre, H., Morel, A. and Hooker, S.B., 2006.** Vertical distribution of phytoplankton communities in open ocean: An assessment based on surface chlorophyll. *Journal of Geophysical Research-Oceans*. DOI: 10.1029/2005JC003207
- Utermohl, H., 1958.** Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton: Methodik Mitteilung Internationale Vereinigung Theoretische und Angewandte Limnologie 9, 1-38.
- Vidussi, F., Claustre, H., Manca, B.B., Luchetta, A. and Marty, J.C., 2001.** Phytoplankton pigment distribution in relation to upper thermocline circulation in the Eastern Mediterranean Sea during winter. *Journal of Geophysical Research* 106 (19), 19939-19956.
- Vollenweider, R.A., 1974.** A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments, Blackwell Scientific Publications, 171 s.
- Wright, S.W. and Jeffrey, S.W., 1987.** Fucoxanthin pigment markers of marine phytoplankton analysed by HPLC and HPTLC. *Marine Ecology Progress Series* 38, 259-266.
- Wright, S.W. and Thomas, D.P., Marchant, H.J., Higgins, H.W., Mackey, M.D. and Mackey, D.J., 1996.** Analysis of Phytoplankton of the Australian Sector of the Southern Ocean: Composition of Microscopy and Size Frequency Data with Interpretations of Pigment HPLC Data Using the CHEMTAX Matrix Factorization Program, *Marine Ecology Progress Series*, 144, 285-298.
- 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., Tugrul, S., Polat, C., Ediger, D., Çoban, Y. and Morkoc, E., 1998.** On the Production, Elemental Composition (C, N, P) and Distribution of Photosynthetic Organic Matter in the Southern Black Sea, *Hydrobiologia*, 363,141-156, (1998).
- 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., Vladimir, A., Baştrk, ., Yılmaz, A., Kideyş, A.E., Moncheva, S. and Konovalov, 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.
- Yücel, N., 2017.** Fitoplankton Sınıflarının Belirlenmesinde HPLC ve Spektroflorometrik Yntemlerin Karşılaştırılması, Yunus Araştırma Blteni, 2, 163-170,
- Zaitsev, Y.P., 1991.** Land- BasedSources of CurrentAntropogenicChange in the Black SeaEcosystem /ACOPS. Assessment of Land- BasedSources of Marine Pollution in the Seas Adjacent to the CIS., Book of Abstract, Sevastopol, April, 1, 38-41.
- Zubkov, M.V., Sleigh, M.A., Tarran, G.A., Burkill, P.H. and Leakey, R.J.G., 1998.** Picoplanktonic community structure on an Atlantic transect from 50 N to 50 S. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers 45 (8), 1339-1355.
- Zubkov, M.V., Sleigh, M.A., Burkill, P.H. and Leakey, R.J.G., 2000.** Picoplankton community structure on the Atlantic Meridional Transect: a comparison between seasons. Progress in Oceanography 45, 369–386.

ÖZGEÇMİŞ

Nazlı GENÇ, 30.05.1990 tarihinde Ankara İli Altındağ İlçesi'nde doğdu. İlkokulunu 2004 yılında Ankara İl'inde Şükufe Nihal İlköğretim Okulu'nda, ortaöğretimini 2008 yılında Ankara İl'inde Ankara-Yenimahalle Demetevler Mimar Sinan Lisesi'nde tamamladı. Lisans eğitimini 2013 yılında Trabzon Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümünde tamamladı. 2015 yılında başladığı Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Öğrenimine devam etmektedir.

