

**T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEYDOĞU KARADENİZ'DE PİGMENTE DAYALI
FİTOPLANKTON BOY GRUPLARI VE PİGMENT İNDEKSLERİ**

MERVE NURİYE KARADENİZ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. ERTUĞRUL AĞIRBAŞ

TEZ JÜRİLERİ

DOÇ. DR. ÜLGEN AYTAN

DR. ÖĞR. ÜYESİ FATİH ŞAHİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**


RİZE-2019

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEYDOĞU KARADENİZ'DE PİGMENTE DAYALI FİTOPLANKTON BOY
GRUPLARI VE PİGMENT İNDEKSLERİ**

Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ danışmanlığında Merve Nuriye KARADENİZ tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 14/01/2019 tarihinde Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan	: Doç. Dr. Ertuğrul AĞIRBAŞ	
Üye	: Doç. Dr. Ülgen AYTAN	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Fatih ŞAHİN	


Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖNSÖZ

“Güneydoğu Karadeniz’de Pigmente Dayalı Fitoplankton Boy Grupları ve Pigment İndeksleri” 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 Mustafa BAKIRCI’ya ve proje ekibine teşekkür ederim. Projenin başarıyla yürütülmesi için kurumsal desteğini esirgemeyen Recep Tayyip Erdoğan 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” ve “R/V KARADENİZ ARAŞTIRMA” gemilerinin kaptan ve gemi adamlarına teşekkür ederim.

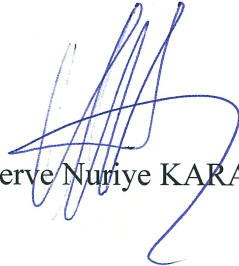
Hayatımın her aşamasında, eğitimim sırasında ne zaman ihtiyaç duysam yanımda olan, maddi ve manevi desteklerinin esirgemeyen canım ailem; babam Servet KARADENİZ, annem Ayten KARADENİZ, kardeşim Türker KARADENİZ’e tüm kalbimle teşekkür ederim.

Hazırlanan bu Yüksek lisans tezi TÜBİTAK tarafından 113Y189 nolu proje ile desteklenmiştir.

Merve Nuriye KARADENİZ

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Güneydoğu Karadeniz’de Pigmente Dayalı Fitoplankton Boy Grupları ve Pigment İndeksleri” 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.
14/01/2019


Merve Nuriye KARADENİZ

***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 GRUPLARI VE PİGMENT İNDEKSLERİ

Merve Nuriye KARADENİZ

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

Güney Doğu Karadeniz (Artvin-Giresun) kıyıları boyunca Kasım 2015-Ağustos 2016 tarihleri arasında mevsimsel olarak yürütülen bu çalışmada, fitoplankton pigment profilinin ve buna bağlı fitoplankton boy gruplarının zamansal ve alansal değişimleri araştırılmıştır. Araştırmada 12 farklı istasyonda yüzeyden itibaren 10 m aralıklarla 40 m derinliğe kadar mevsimsel örneklemeler yapılmıştır.

Bölgede fitoplankton boy gruplarının toplam fitoplanktona yaptığı katkı pikofitoplankton, nanofitoplankton ve mikrofıtoplankton için sırasıyla %2-60; %3-77 ve %5-90 arasında önemli değişim göstermiştir. Pigment havuzuna en fazla katkı diyagnostik pigmentler (% 41,35-55,49) tarafından yapılırken en az katkı ise fotoprotektan pigmentler (%2,98-11,68) tarafından gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizleri toplam pigment miktarının bölge için bir gösterge olarak kullanılabileceğini diğer taraftan fotoprotektan pigmentlerin ise en son düşünülmesi gereken pigment olduğunu ortaya koymuştur. Büyük hücreli fitoplanktonik gruplar (mikrofıtoplankton) yüksek klorofil-*a* içeriği ile sonbahar ve ilkbahar mevsiminde öne çıkan gruplar olurken düşük klorofil-*a* içeriği ile karakterize olan küçük hücreli gruplar (nano- ve pikofitoplankton) ise ağırlıklı olarak yaz mevsimiyle karakterize olmuştur. Klorofil-*a* ile pigment indeksleri arasında tespit edilen ilişkiler aynı zamanda bölgede mevsimsel dinamiklerin ne kadar etkili olduğunu göstermiştir.

2019, 72 sayfa

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

ABSTRACT

PHYTOPLANKTON PIGMENT PROFILES AND PHYTOPLANKTON SIZE CLASSES ALONG THE SOUTH-EASTERN BLACK SEA

Merve Nuriye KARADENİZ

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

In the present study, spatio-temporal pattern of phytoplankton pigment profiles and phytoplankton size classes from December 2015 to August 2016 were seasonally investigated along the south-eastern coasts (Giresun-Artvin) of the Black Sea. Along the 12 stations, seasonal samplings were conducted from surface to 40 m depths with 10 m intervals.

Contribution of phytoplankton size classes to total phytoplankton in the study area revealed significant changes and ranged from 2 to 60%; 3 to 77%; 5 and 90% for picophytoplankton, nanophytoplankton and microphytoplankton, respectively. The highest contribution to pigment pool was made by diagnostic pigments (41.35-55.49%) while the least contribution was made by photoprotectant pigments (2.98-11.68%). Regression analysis revealed that the total pigment could be used as an indicator for the region, whereas photoprotectant pigments were the last pigment to be considered. Large celled phytoplanktonic groups (microphytoplankton) are characterized by high chlorophyll-*a* content and small celled groups (nano- and picophytoplankton) characterized by low chlorophyll-*a* content in autumn and spring seasons. The relationships between chlorophyll-*a* and pigment indices also showed how effective seasonal dynamics are in the region.

2019, 72 pages

Keywords: Phytoplankton, Size Classes, HPLC, Pigment, 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. Pikofitoplankton	1
1.3. Nanofitoplankton	2
1.4. Mikrofitoplankton.....	2
1.5. Fitoplankton Boy Gruplarının Belirlenmesi	3
1.5.1. Mikroskopik Hücre Sayımı	3
1.5.2. Flow Sitometre	3
1.5.3. FlowCam	4
1.5.4. Diyagnostik Pigmentlerin Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi ile Analizi.	5
1.6. Fitoplankton Pigmentleri	5
1.7. Yapılan Çalışmalar ve Çalışmanın Amacı.....	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Materyal ve Yöntem	12
2.1.1. Çalışma Sahası.....	12
2.1.2. Deniz Çalışmaları	13
2.1.3. HPLC Analizleri	14
2.1.4. Fitoplankton Boy Grupları (FBG) ve Pigment İndeksleri	18
2.1.5. Verilerin Değerlendirilmesi.....	19
3. BULGULAR	20
3.1. Hidrografi	20
3.2. In-situ Floresan (Klorofil-a)	23

3.3.	Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR).....	25
3.4.	Pigment Kompozisyonu	25
3.5.	Fitoplankton Boy Grupları.....	26
3.6.	Pigment İndeksleri	31
3.6.1.	Diagnostik Pigmentler	31
3.6.2.	Karotenoid Pigmentler.....	32
3.6.3.	Aksesuar Pigmentler.....	33
3.6.4.	Toplam Pigment	34
3.6.5.	Fotosentetik ve Fotoprotektan Pigmentler.....	36
3.6.6.	Pigment-Fitoplankton Boy Grupları İlişkisi	38
4.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR	40
4.1.	Pigment.....	40
4.2.	Fitoplankton Boy Grupları.....	43
4.3.	Pigment İndeksleri	46
5.	ÖNERİLER	51
	KAYNAKLAR	52
	EKLER.....	60
	ÖZGEÇMİŞ	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Örnekleme istasyonları (G2: Giresun 2 deniz mili; G8: Giresun 8 deniz mili; T2: Trabzon 2 deniz mili; T8: Trabzon 8 deniz mili; T15: Trabzon 15 deniz mili; Ç2: Çamburnu 2 deniz mili; Ç8: Çamburnu 8 deniz mili; P2: Pazar 2 deniz mili; P8: Pazar 8 deniz mili; P15: Pazar 15 deniz mili; K2: Kemalpaşa 2 deniz mili; K8: Kemalpaşa 8 deniz mili).....	12
Şekil 2.	SBE 25 CTD prob ve SBE 32 Carousel 12 şişeli deniz suyu örnekleme cihazı.....	14
Şekil 3.	Pigment analizi için deniz suyu örneklerinin GF/F filtrelerden süzülmesi.....	15
Şekil 4.	GF/F filtrelerin sıvı azot içerisinde muhafazası.....	15
Şekil 5.	Analiz öncesi ultrasonikatör yardımı ile ekstraksiyon işleminin yapılması (a) ve örneklerin santrifüj edilmesi (b).....	16
Şekil 6.	Örneklerin analiz aşaması.....	17
Şekil 7.	Örnekleme istasyonlarına ait sıcaklık profilleri (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).	21
Şekil 8.	Örnekleme istasyonlarına ait tuzluluk profilleri (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).	22
Şekil 9.	Örnekleme istasyonlarına ait <i>In-Situ</i> floresan profilleri (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).	24
Şekil 10.	Örnekleme istasyonlarına ait pikofitoplankton katkı (%) oranları (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).	28
Şekil 11.	Örnekleme istasyonlarına ait nanofitoplankton katkı (%) oranları (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).	29
Şekil 12.	Örnekleme istasyonlarına ait mikrofotoplankton katkı (%) oranları (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).	30
Şekil 13.	Diyagnostik pigment toplamı ile klorofil- <i>a</i> arasındaki mevsimsel ilişki.....	32
Şekil 14.	Karotenoid pigment toplamı ile klorofil- <i>a</i> arasındaki mevsimsel ilişki	33
Şekil 15.	Aksesuar pigment toplamı ile klorofil- <i>a</i> arasındaki mevsimsel ilişki	34
Şekil 16.	Toplam pigment ile klorofil- <i>a</i> arasındaki mevsimsel ilişki	35
Şekil 17.	Pigment indeksleri ile klorofil- <i>a</i> arasındaki ilişki.....	36
Şekil 18.	Fotosentetik pigment toplamı ile klorofil- <i>a</i> arasındaki mevsimsel ilişki.....	37
Şekil 19.	Fotoprotektan pigment toplamı ile klorofil- <i>a</i> arasındaki mevsimsel ilişki.....	38
Şekil 20.	Fitoplankton boy grupları ile fotosentetik ve fotoprotektan pigment toplamı arasındaki ilişki.....	39

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.	Fitoplankton pigmentleri, pigment indeksleri, fitoplankton sınıfları ile fotosentetik parametreler için kullanılan kısaltma ve tanımlar (Barlow vd., 2004; Aiken vd., 2009; Uitz vd., 2010)	8
Tablo 2.	Örnekleme istasyonlarına ait derinlik ve koordinatları.....	13
Tablo 3.	Fitoplankton pigment indeksleri ve formülleri (Vidussi vd., 2001; Barlow vd., 2004; Bricaud vd., 2004; Aiken vd., 2009).....	19
Tablo 4.	Örnekleme istasyonlarına ait PAR derinlikleri (m)	25
Tablo 5.	Karadeniz’de yürütülen klorofil- <i>a</i> çalışmaları.....	41
Tablo 6.	Karadeniz’de pigment üzerine yürütülen çalışmalar	43
Tablo 7.	Pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının belirlendiği çalışmalar	44
Tablo 8.	Çalışma bölgesinde pigment indekslerinin toplam pigmente yaptıkları mevsimsel ortalama katkı oranları (DP: diyagnostik pigmentler, KP: karotenoid pigmentler, AP: aksesuar pigmentler, PSC: fotosentetik pigmentler, PPC: fotoprotektan pigmentler, TP: toplam pigment).....	47
Tablo 9.	Çalışma bölgesinde klorofil- <i>a</i> ile pigment indeksleri arasındaki mevsimsel ilişki (DP: diyagnostik pigmentler, KP: karotenoid pigmentler, AP: aksesuar pigmentler, PSC: fotosentetik pigmentler, PPC: fotoprotektan pigmentler, TP: toplam pigment).	49

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
μg	Mikrogram
μm	Mikrometre
Allo	Alloksanin
AP	Aksesuar Pigmentler
B	Tampon Seyreltme Faktörü
But	19-Butanoloksifukoksantin
CO_2	Karbondioksit
CTD	İletkenlik, Tuzluluk, Derinlik
DP	Diyagnostik Pigmentler Toplamı
ΣDP	Diyagnostik Pigmentler
DAD	Diode Array Dedektör
DMS	Dimetil Sülfid
FBG	Fitoplankton Boy Grupları
f_{micro}	Mikroplanktonik Fraksiyon
f_{nano}	Nanoplanktonik Fraksiyon
f_{pico}	Pikoplanktonik Fraksiyon
Fuc	Fukoksantin
Hex	19 Heksanoloksifukoksantin
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
L	Litre
PAR	Fotosentetik Aktif Radyasyon
Per	Peridinin
PSC	Fotosentetik Karotenoidler
PPC	Fotoprotektan Karotenoidler
Chl <i>b</i>	Klorofil <i>b</i>
TC	Toplam Karotenoidler
TP	Toplam Pigmentler
Zea	Zeaksantin
$\text{Cp} (\mu\text{gL}^{-1})$	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 İçin Kullanılan Çözücü Hacmi
V_{inj} (μL)	Kromatografi Sistemine Enjekte Edilen Örnek Hacmi



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Denizel ortamın temel üreticileri (Mackas, 2011) olan fitoplanktonik gruplar yeryüzündeki birincil üretimin büyük bir kısmından sorumludur (~%50) (Falkowski vd., 2007). Sahip oldukları fotosentez mekanizması ile ekosistem içerisindeki toplam CO₂ konsantrasyonunu etkilerken pH dengesinin sağlanmasında da önemli bir rol üstlenmektedirler (Takahashi vd., 2002). Bundan dolayı, fitoplankton biyomasının takibi ve tür kompozisyonunun tespiti pelajik ekosistemin dinamiklerinin ve yapısının anlaşılmasında oldukça önem arz etmektedir (Jeffrey ve Vesk, 1997; Ediger vd., 2006; Nair vd., 2008). Fitoplankton topluluklarında meydana gelen değişimler besin zinciri yoluyla pelajik ekosistemin verimliliğini etkilediğinden sistemin sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir (Nagata vd., 1996).

Günümüzde yaklaşık olarak 4000 tane denizel fitoplankton türü tanımlanmış olup ve her geçen gün bunlara bir yenisini daha eklenmektedir (Lalli ve Parsons, 1993). Geleneksel olarak deniz biyologları fitoplanktonu hücre büyüklüklerine göre 3 kategoriye ayırmaktadır (Brewin, 2010; Aiken vd., 2009). Bunlar sırasıyla;

Pikofitoplankton (0,2-2 µm): Piko-prokaryotlar (siyanofitler, proklorofitler ve bakteriler) ve piko-ökaryotlar.

Nanofitoplankton (2-20 µm): Ökaryotik flagellatlar (kriptofitler, krizofitler, primnesofitler ve klorofitler)

Mikrofitoplankton (20-200 µm): Diatom ve Dinoflagellat.

1.2. Pikofitoplankton

Pikofitoplankton genellikle besin elementlerinin sınırlı olduğu ortamlarda bol miktarda bulunan 0,2-2 µm boy aralığındaki fitoplanktonik grupları kapsamaktadır. Büyük hücreli fitoplanktonik gruplara oranla daha düşük fotosentez oranı, karbon

biyokütlesi ve toplam klorofil-*a* içeriğine sahiptirler (Aiken vd., 2009; Maranon, 2009). Pikofitoplankton içerisinde Cyanophyta (*Prochlorococcus* ve *Synechococcus*) ve piko-ökaryotlar (Zubkov vd., 2000) yer almaktadır. Bu gruplardan *Prochlorococcus*, klorofilin mono-vinil formu yerine sahip olduğu di-vinil formu ile diğer gruplardan ayrılır (Partensky vd., 1999).

1.3. Nanofitoplankton

Nanofitoplankton genellikle inorganik besin elementlerinin ve madde döngüsünden gelen ilave organik besin elementlerinin bulunduğu ortamlarda bol miktarda bulunur. Bu grup üyeleri genellikle orta derecede fotosentez oranı, karbon biyokütlesi ve toplam klorofil-*a* içeriğine sahiptirler (Aiken vd., 2009; Maranon, 2009). Pymnesiophyta coccolithophyta ve cryptophyta nanoflagellat içerisinde yer alan gruplardan bazılarıdır. Aynı zamanda kokolitoforlar dimetil sülfid üretiminden sorumlu olan *Phaeocystis* grubunu da kapsamaktadır. Kokolitofor *Emiliana huxleyii*, okyanusların birçok bölgesinde, yüksek enlemlerdeki ötrofik sulardan, subtropik döngülerin yoğun olduğu oligotrofik alanlara kadar geniş bir yayılım alanına sahiptir (Brown ve Yoder, 1994).

1.4. Mikrofitoplankton

Mikrofitoplankton temelde diatom ve dinoflagellatların yer aldığı denizel ortamın en büyük hücreli fitoplankton grubudur. Mikrofitoplankton genellikle besin elementleri açısından zengin olan ortamlarda öne çıkan gruplar olup, yüksek fotosentez oranına, karbon biyokütlesine ve toplam klorofil-*a* içeriğine sahiptirler. Diğer taraftan ışık ve besin elementlerinin sınırlı olmadığı bölgelerde fitoplankton biyokütlesinin büyük bir kısmını oluşturur (Sze, 1993, Aiken vd., 2009, Maranon, 2009). Diatomlar, küresel karbon asimilasyonunun % 20'sinden sorumlu olup (Nelson vd., 1995) silikatın biyojeokimyasal döngüsüne de önemli miktarda katkıda bulunurlar (Falciatore vd., 2000). Dinoflagellatlar, dimetilsülfid (DMS) üretimine katkıda bulduklarından dolayı asit yağmuru ve bulutların meydana gelmesinde etkilidirler. Aynı zamanda, bazı dinoflagellat türlerinin toksin ürettiği ve kıyısız bölgelerde bazı zararlı alg patlamalarından sorumlu olduğu bilinmektedir (Charlson vd., 1987; Sze, 1993; Millie vd., 1997).

1.5. Fitoplankton Boy Gruplarının Belirlenmesi

Fitoplankton grupları, çeşitli in-situ (yerinde) ölçüm teknikleri ile tespit edilebilmektedir, ancak her yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında mikroskopik hücre sayımı, flow sitometre (akış sitometrisi), marker pigmentlerin Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) ile analizi yer almaktadır.

1.5.1. Mikroskopik Hücre Sayımı

Fitoplanktonik çalışmalar geleneksel olarak mikroskop kullanılarak yürütülmektedir. Bu teknik klasik bir yöntem olup türlerin taksonomik özelliklerinden faydalanılarak teşhis edilmesini kapsamaktadır (Utermohl, 1958; Booth, 1993; Nair vd., 2008). Ancak, zaman alan (örnek hazırlanması, çöktürülmesi vb) ve ciddi anlamda uzmanlık gerektiren bir teknik olması nedeniyle kısa zamanda fazla sayıda örnek çalışılmasına imkân vermemektedir. Taksonomik olarak dış yapısal özellikleri bulunmayan pikoplankton ($\leq 2 \mu\text{m}$) gibi küçük grupların teşhisinde de sıkıntılar yaşanmaktadır (Mackey vd., 1996).

1.5.2. Flow Sitometre

1980'li yıllarda flow sitometrenin geliştirilmesiyle beraber gerek saha çalışmalarında ve gerekse laboratuvar ortamında fitoplankton teşhisinde kullanılmaya başlanan bir tekniktir (Burkill, 1987; Chisholm vd., 1988; Vaulot vd., 1989). Flow sitometre, sıvı süspansiyonda hücrelerin ayırımına ve daha sonra da bunların bir ışık alanından geçirilerek sayılması prensibine dayanan bir sistemdir. Daha sonra hücre boyutuna ek olarak floresan özelliklerine göre kaydedilen farklı fitoplankton toplulukları arasında ayırım yapılarak sayılmaktadır. Flow sitometre, kendine has floresan özellikleri olan *Prochlorococcus*, *Synechococcus* ve piko-ökaryot gibi farklı pikoplankton ve nanoplanton tiplerinin belirlenmesinde etkili olan ve yaygın olarak kullanılan bir tekniktir.

Flow sitometre, saniyede 1000 hücreye kadar olan hızlarda hücrelerin hızlı bir şekilde sayım yapabilirken, daha da geliştirilmiş olan modellerinde ise saniyede 25.000 hücreden fazla oranda ölçüm yapabilmektedir (Davey ve Winson, 2003). Flow sitometre ile sayım tekniği bu yönüyle mikroskobik yöntemle göre açık bir şekilde avantajlı olan bir tekniktir. Ancak, flow sitometre belirli büyüklükteki fitoplankton sınıfları (üst limit tipik olarak 15-20 µm) sayabilmesi en önemli dezavantajıdır. Bununla birlikte son zamanlarda mikrofitoplankton ve daha büyük filamentli fitoplanktonu saymak ve karakterize etmek için yeni teknikler denenmektedir (Sieracki vd., 1998, van Dijk vd., 2010).

1.5.3. FlowCam

Klasik mikroskobik hücre sayımının yanısıra fitoplankton örneklerinin otomatik görüntü analizler teknikleri kullanılarak sayılması teknolojinin gelişmesiyle beraber mümkün olmuştur. Ancak temel görüntü analiz yöntemleri genellikle fitoplankton ile örnek içerisindeki detritus ve sediment gibi diğer materyaller arasında ayırım yapamadığı için rutin saha çalışmalarında etkili bir yöntem olarak kullanılamaz. Diğer taraftan FlowCam tekniği ise gerek kültürlerin ve gerekse monospesifik yüksek yoğunluklu alg patlamalarının analizinde kullanılan bir yöntemdir. FlowCam, uzunluk, genişlik, eşdeğer küresel çap ve floresan gibi birçok hücre parametresinin ölçümünü mümkün kılan, lazer ışık algılaması kullanarak sıvı akışındaki parçacıkların dijital görüntülerini çekerek araştırmacıya birçok açıdan kolaylık sağlar (Sieracki et al 1998). Bu teknik ile bir numuneden elde edilen görüntüler, belirli bir tür veya sınıfa göre otomatik olarak bilgisayar tarafından işlendikten sonra görsel olarak da çalışılabilir. FlowCAM, iki farklı dalga boyunda, tipik olarak kırmızı ve turuncu floresansta floresan emisyonlarını tespit eder ve ölçer; bu hücreler içerisinde klorofil veya fikoeritrin bulunduğunu gösterir. Bu teknoloji, bir parçanın sadece floresansını ve saçılma özelliklerini yakalayan flowsitometre ile çok benzese de FlowCam, flowsitometre ve mikroskob teknolojilerini bir arada taşımasıyla farklılık gösterir. Örnek işleme sırasında oluşturulan görüntü analiz verilerini kullanan FlowCAM yazılımı, daha önce analiz ve sınıflandırmada yardımcı olabilecek hedef gruplar veya sınıflar kullanıcısı tarafından oluşturulan görüntü kütüphanelerini kullanır (Zarauz ve ark. 2009; (Buskey ve Hyatt 2006).

1.5.4. Diyagnostik Pigmentlerin Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) ile Analizi

Mikroskop çalışmalarının yetersiz kaldığı durumlarda, fitoplankton kompozisyonunun belirlenmesinde son yıllarda en çok uygulanan yöntemlerin başında HPLC tekniği gelmektedir. (Mantoura ve Llewellyn, 1983; Wright ve Shearer, 1984; Trees vd., 2000). Fitoplankton toplulukları gruplara özgü olan parmak izi niteliğindeki diyagnostik pigmentler de kullanılarak teşhis edilebilmektedir. Bu pigment oranları çoklu regresyon analizi ile belirlenerek grupların baskınlıkları ortaya konulabilmektedir (Wright ve Jeffrey, 1987; Gieskes vd., 1988; Millie vd., 1993, Jeffrey ve Mantoura, 1997). Klorofil-*a*, bütün fitoplanktonik gruplarda yaygın olarak bulunan temel bir pigmenttir. Bununla birlikte, diğer aksesuar ve karotenoid pigmentler ise taksonomik gruplara göre değişiklik göstermektedir. HPLC tekniği ile hızlı bir şekilde belirlenebilen farklı pigmentler sayesinde fitoplankton grupları belirlenebilmektedir. Diğer taraftan HPLC tekniğine dayalı pigment verileri kullanılarak fitoplankton taksonomisi üzerine çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Mackey vd. (1996), fitoplankton pigment oranlarını kullanarak taksonomik çıkarım yapabilen matris faktörizasyon programı olan CHEMTAX olarak bilinen bir yöntem geliştirmişlerdir.

1.6. Fitoplankton Pigmentleri

Klorofil-*a* fitoplankton biyomasının belirlenmesinde uzun zamandan beri kullanılan temel fotosentetik bir pigmenttir (Boyce vd., 2010). Klorofil-*a* pigmentinin yanı sıra fitoplanktonik gruplara özgü olan marker pigmentler kullanılarak da fitoplankton biyoması ve fitoplanktonik grupların katkısı 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 Vesk, 1997) için sırasıyla fukoksantin, zeaksantin ve klorofil-*b* marker pigment olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, proklorofitler spesifik marker pigment olan divinil klorofil *a* ve *b*'nin (dvCHLa ve b) kullanımı oligotrofik okyanus bölgelerinde pikofitoplankton yapısının daha iyi bir şekilde anlaşılmasına olanak tanımıştır (Gibb vd., 2001). Ayrıca marker pigmentlerin klorofil-*a* 'ya oranları sayesinde fitoplankton boy gruplarının (pikofitoplankton, nanofitoplankton ve mikrofotoplankton)

oransal dağılımı da belirlenebilmektedir (Gieskes ve Kraay, 1983; Wright ve Jeffrey, 1987; Wright vd., 1996; Obayashi vd., 2001, Ediger vd., 2006).

Fitoplanktonda klorofil-*a*'nın başlıca rolü fotosentez için ışığı absorbe etmektir, ancak aksesur pigment olarak adlandırılan yardımcı pigmentler (örneğin klorofil-*b* ve *c*) ve çeşitli karotenoid pigmentler (örneğin diadinoksanin, fukoksantin, peridinin vb) fotosentez esnasında klorofil-*a*'nın mevcut ışığı en iyi şekilde kullanmasına yardımcı olmakta ve absorpsiyon verimliliğini artırmaktadır. Bu pigmentler fotosentetik karotenoidler (PSC) olarak adlandırılır. Bununla birlikte, bazı karotenoid pigmentler fitoplankton hücrelerini yüksek ışık şiddetinin zararlı etkilerine karşı korur ve bu pigmentler fotokoruyucu karotenoidler (fotoprotektan, PPC) olarak adlandırılır (Kirk 1994). Ancak bazı pigmentlerin işlevi gruplara göre farklılık gösterebilmektedir. Örneğin; β,β -karoten ökaryotlarda fotosentetik olmayan bir pigment iken (Porra vd., 1997) β , β -karoten ve β , ϵ -karoten, siyanobakterilerde fotosentetik karotenoid olarak değerlendirilmektedir (Kana vd., 1988, Moore vd., 1995). Bununla birlikte zeaksantin pigmenti Cyanophyta için baskın fotokoruyucu pigment olup (Moore vd., 1995) toplam pigment havuzuna olan katkısı oligotrofik bölgelerde % 11,2 ve meso+ötrotrofik bölgelerde ise % 15,1 olduğu rapor edilmiştir (Barlow vd., 2004).

Fotosentetik karotenoidler genellikle verimliliğin yüksek olduğu ekosistemlerde (Barlow vd., 2002) daha belirgin olduğu ve toplam karotenoidlerin % 80'ini oluşturduğu bildirilmiştir (Gibb vd., 2000). Öte yandan, oligotrofik karakterdeki sularda fotoprotektan karotenoidler baskın olup toplam pigmentin % 70'inden fazlasının temsil edebilirler (Gibb vd., 2000). Pigment kompozisyonunda gözlemlenen bu farklılıklar fitoplankton komünite yapısındaki değişikliklerle yakından ilişkili olabildiği gibi (Gibb vd., 2000, Trees vd., 2000, Barlow vd., 2002), değişen ışık ve çevresel koşullara bağlı olarak gelişen fizyolojik tepkilerden de kaynaklanabilir (Trees vd., 2000).

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 özelliklerinden yola

çıkılarak fitoplanktonik grupları taksonomik olarak tanımlamada çeşitli “pigment indeksleri” kullanılmaktadır. Bu amaçla yaygın olarak ve fitoplanktonik grupları temsilen yedi ana pigment (fukoksantin, peridinin, 19'-Heksanoloksifukoksantin, 19'-Butanoloksifukoksantin, Alloksantin, Klorofil-*b* ve Zeaksantin) kullanılmaktadır. Bütün bunların toplamı “diyagnostik pigment” (DP) olarak tanımlanır ve bu oranlar aşağıdaki formüllerle ifade edilmektedir (Uitz vd., 2006);

$$DP = (Fuc) + (Per) + (Hex) + (But) + (Allo) + (Chl\ b) + (Zea) \quad (1)$$

Bu formülde DP tüm “diyagnostik pigmentlerin” konsantrasyonları toplamını temsil eder. Fitoplankton boy gruplarını (pikofitoplankton, nanofitoplankton ve mikrofiteoplankton) tanımlamak için aşağıdaki eşitlikler kullanılır;

$$Pikofiteoplankton = (Chl\ b) + (Zea) / DP \quad (2)$$

$$Nanofiteoplankton = (Hex) + (But) + (Allo) / DP \quad (3)$$

$$Mikrofiteoplankton = (Fuc) + (Per) / DP \quad (4)$$

Burada önerilen pigment gruplamalarının fitoplankton boy gruplarının tamamını kesinlikle yansıtmadığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bazı durumlarda aynı pigment birçok fitoplankton grubu tarafından kullanılabilir (örneğin fukoksantin küçük miktarları bazen dinoflagellatların ana karotenoid pigmenti olarak bulunurken bazı primnesiofitlerde ve pelagofitlerde de bu pigment bulunmaktadır). Diğer taraftan bazı fitoplankton grupları geniş bir yelpazeyi kapsayabilmektedir. Örneğin dinoflagellatlar genellikle mikrofiteoplankton içinde değerlendirilirken bazı türleri nano boy grubunda da gözlenebilmektedir. Farklı alg grupları tarafından kullanılan pigmentler ve bunlara ait pigment indeksleri Tablo 1’de detaylı olarak sunulmuştur.

Farklı fitoplanktonik gruplar buldukları ortamın trofik seviyesi hakkında bilgi verirken (Barlow vd., 2004), aynı zamanda gruplara özgü olan marker pigment oranları ve indeksleri kullanılarak farklı biyo-coğrafik geçiş bölgelerinin ve su kütlelerinin yapısı belirlenebilmektedir (Gibb vd., 2000). Son 15 yılda, pigmente dayalı fitoplankton kemotaksonomisi fitoplankton popülasyonlarının dağılımının ve kompozisyonunun anlaşılmasında önemli katkılar yapmıştır. (Gibb vd. 2001).

Tablo 1. Fitoplankton pigmentleri, pigment indeksleri, fitoplankton sınıfları ile fotosentetik parametreler için kullanılan kısaltma ve tanımlar (Barlow vd., 2004; Aiken vd., 2009; Uitz vd., 2010).

Sembol	Pigment	Sınıflandırma/Formüller/Açıklama
Chla	Klorofil- <i>a</i> (Allomer ve epimerleri dahil)	Fitoplanktonik gruplarda bulunan temel fotosentetik pigment
Chlb	Klorofil- <i>b</i>	Fotosentetik pigment, Klorofit, Prasinofit ve Proklorofitlerde bulunur
Chlc	Klorofil- <i>c</i>	Fotosentetik pigment, Diatom, Dinoflagellat, Primnesiofitler ve Krizofitlerde bulunur
Chlidea	Klorofillide- <i>a</i>	Klorofil- <i>a</i> bozulma ürünleri
DVChla	Divinil Klorofil- <i>a</i>	Proklorofitlerde bulunun Klorofil- <i>a</i> divinil formu
Allo	Alloksantin	Fotoprotektan karotenoid, Kriptofitlerde bulunur
But	19'-Butanoloksifukoksantin	Fotosentetik pigment, Krizofitlerde bulunur
Caro	β -Karoten	Fotoprotektan karotenoid
Diad	Diadinoksantin	Diatom, Primnesiofitler, Krizofitler
Diato	Diatoksantin	Diatom, Primnesiofitler, Krizofitler
Fuc	Fukoksantin	Diatoms, Dinoflagellat, Primnesiofitler
Lut	Lutein	Yeşil Algler
Hex	19'-Heksanoloksifukoksantin	Primnesiofitler, Dinoflagellat
Per	Peridinin	Dinoflagellat
Viol	Violaksantin	Yeşil Algler
Zea	Zeaksantin	Fotoprotektan pigment olup ağırlıklı olarak syanobakterilerde bulunur
TChla	Toplam Klorofil- <i>a</i>	Chla+DVChla+Chlidea
TC	Toplam Karotenoid	Allo+But+Caro+Diad+Diato+Fuc+Hex+Lut+Per+Viol+Zea
AP	Aksesuar Pigmentler	TC+Chlb+Chlc1+Chlc2+Chlc3
TP	Toplam Pigment	TChla+AP
DP	Diyagnostik Pigment	Allo+But+Chlb+Fuc+Hex+Per+Zea
PSC	Fotosentetik Pigment	Per+But+Fuc+Hex
PPC	Fotoprotektan Pigment	Viol+Diad+Allo+Diato+Zea+Caro+Lut
Pico _{DP}	Diyagnostik pigmentler içerisindeki pikoplankton oranı	(Chlb + Zea)/DP
Nano _{DP}	Diyagnostik pigmentler içerisindeki naoplankton oranı	(Allo + But + Hex)/DP
Micro _{DP}	Diyagnostik pigmentler içerisindeki mikropilankton oranı	(Fuc + Per)/DP

1.7. Yapılan Çalışmalar ve Çalışmanın Amacı

Pigmente dayalı fitoplankton çalışmaları dünya denizlerinde uzun zamandan beri başarı ile uygulanan bir tekniktir (Wright ve Jeffrey, 1987; Gieskes, 1991; Millie vd., 1993; Claustre, 1994; Jeffrey ve Vesk., 1997, Gibb vd., 2000, Vidussi vd., 2001; Barlow vd., 2004; Bricaud vd., 2004; Aiken vd., 2009, Uitz vd., 2006; Ağırbaş vd., 2015). Yürütülen çalışmaların ağırlıklı olarak Atlantik Okyanusu ve Akdeniz'de yoğunlaştığı dikkat çekmektedir.

Vidussi vd. (2001) tarafından oligotrofik karakterde olan Doğu Akdeniz'de kış döneminde 67 istasyonda yürütülen bir çalışmada marker pigment oranları kullanılarak fitoplankton boy gruplarının oranları hesaplanmış ve birincil üretim miktarları ile olan ilişkisi ortaya konulmuştur. Çalışma neticesinde nanofitoplankton ve pikofitoplankton dominant boy grupları olurken bunların katkı oranları sırasıyla %60 ve %27 olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan antisiklon karakterde olan istasyonlarda %40'lık katkı oranıyla pikofitoplankton baskın olurken siklonik döngülerin hakim olduğu bölgelerde mikrofotoplankton (%26) baskınlığı öne çıkmıştır.

Gibb vd. (2000) İngiltere ve Falkland Adaları arasında gerçekleştirilen AMT (Atlantik Meridyonal Transekt) seferleri kapsamında Atlantik Okyanusu'nun yüzey suyu fitoplankton pigment dağılımını detaylı bir şekilde araştırmışlardır. Çalışmada pigmente dayalı fitoplankton biyoması ve komünite yapısı ortaya konulmuş ve bölgesel farklılıklar belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma neticesinde yüksek enlemlerde fukoksantin, 19-Heksanoloksifukoksantin ve diadinoksantin öne çıkan karotenoid pigmentler olurken tropikal ve sub-tropikal karakterdeki bölgelerde zeaksantin ve divinil klorofil-a baskın pigment olarak öne çıkmıştır.

Mayıs ve Haziran 1998 dönemlerinde Atlantik Okyanusu'nda yürütülen başka bir çalışmada pigment ve uydu verisi kullanılarak fitoplankton grupları karakterize edilmiştir (Barlow vd., 2004). Bahse konu olan çalışmada diyagnostik pigment indeksleri kullanılarak fitoplanktonun kemostaksonomik kompozisyonu ortaya konulmaya çalışılırken, ışık-pigment ilişkisi ile de çalışma bölgesindeki pigment adaptasyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Diyagnostik pigment analizleri

mikrofitoplanktonun ötrofik karakterdeki bölgelerde (Bengal bölgesi), nanofitoplanktonun orta verimlilikte olan bölgelerde (Kuzeydoğu Atlantik) ve pikofitoplanktonun oligotrofik karakterdeki bölgelerde baskın olduğunu göstermiştir.

Bir başka bir çalışmada ise tip-1 (optik açıdan berrak olan ve askı yükü çok az olan okyanus suları) karakterde olan açık okyanus sistemlerinden elde edilen 2419 pigment profili kullanılarak fitoplankton topluluklarının dikey dağılımı araştırılmıştır (Uitz vd., 2006). Mevcut çalışmada kullanılan detaylı pigment verisi sayesinde mikrofitoplankton, nanofitoplankton ve pikofitoplankton boy gruplarının katkısı araştırılmış ve elde edilen bulgular doğrultusunda okyanus bölgelerinin ampirik eşitlikler yardımıyla karakterizasyonu yapılmaya çalışılmıştır. Ayrıca elde edilen bulgular uydu verisi ile entegre edilerek global ölçekte fitoplankton boy gruplarının biyomasları hesaplanmaya çalışılmıştır.

Aiken vd. (2009) tarafından 17 adet AMT seferine ait fitoplankton pigment verisi (klorofiller ve karotenoid pigmentler) kullanılarak Atlantik Okyanusu boyunca pigment dağılımı, fitoplankton boy grupları, pigment oranları ve aralarındaki ilişkiler kapsamlı bir şekilde ortaya konulmuştur. Çalışma neticesinde fitoplankton boy grupları için klorofil-*a* ve akseusar pigment oranları arasında çoğunlukla güçlü pozitif ilişkiler belirlenmiş ve bunların bölge için gösterge olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Bütün denizlerde olduğu gibi dünyanın en büyük anoksik havzalarından biri olan Karadeniz'de de fitoplanktonun yapısal ve fonksiyonel özellikleri ekosistem ile yakından ilgilidir. Karadeniz planktonik açıdan son derece verimli bir deniz olmasına karşın plankton konusunda yürütülen çalışmaların ağırlıklı olarak mikroskobik hücre sayımları ve türlerin tespitine yönelik çalışmalar olduğu dikkat çekmektedir (Ağırbaş, 2010; 2016; Kopuz, 2012). Karadeniz'de pigmente dayalı yürütülen çalışmalar ağırlıklı olarak temel fotosentetik pigment olan klorofil-*a* üzerine yoğunlaşmış olup (Yılmaz vd., 1998; Yunev vd., 2002; Eker-Develi vd., 2003; Kopelevcih vd., 2004; Yılmaz vd., 2006) pigment kompozisyonu ve pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının tahminine yönelik çalışmaları ise son yıllarda giderek artmaktadır (Ediger vd., 2006;

Eker-Develi vd., 2012; Ağırbaş, 2010; Koca, 2014; Türkmen, 2016; Ağırbaş vd., 2017; Genç, 2018).

Güneybatı Karadeniz’de İstanbul Boğazı ve siklonik döngülerin etkili olduğu açığsullarda tek mevsimde yürütülen bir çalışmada HPLC tekniği ile pigment analizi yapılmış ve fitoplankton bolluğu ile olan ilişkisi ortaya konulmuştur (Ediger vd., 2006). Güneydoğu Karadeniz sahillerinde Ağırbaş (2010) tarafından yürütülen başka bir çalışmada ise marker pigment kompozisyonunun yıl içerisindeki değişimleri, fitoplankton gruplarına göre dağılımı ve derinliğe bağlı değişimleri araştırılmıştır. Eker-Develi vd. (2012) tarafından Karadeniz’in Kuzeybatı kıta sahanlığında fitoplankton biyoması ve marker pigment oranları araştırılmıştır. Güneydoğu Karadeniz Rize sahillerinde yürütülen başka bir çalışmada diatom ve dinoflagellat oranları ile pigment kompozisyonunun zamansal ve alansal değişimi araştırılmıştır (Koca, 2014). Türkmen (2016) tarafından Güneydoğu Karadeniz kıyılarında (Artvin-Giresun) pigment kompozisyonunun mevsimsel değişimi araştırılmış, pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının katkı oranları hesaplanarak zamansal ve alansal değişimi belirlenmiştir. Yakın bir zamanda, Güney Doğu Karadeniz’de 3 farklı istasyonda fitoplankton boy gruplarının (FBG) aylık değişimi araştırılmış ve çevresel parametrelerle (deniz suyu sıcaklığı, tuzluluk, besin elementleri kompozisyonu vb) olan ilişkisi ortaya konulmuştur (Genç, 2018).

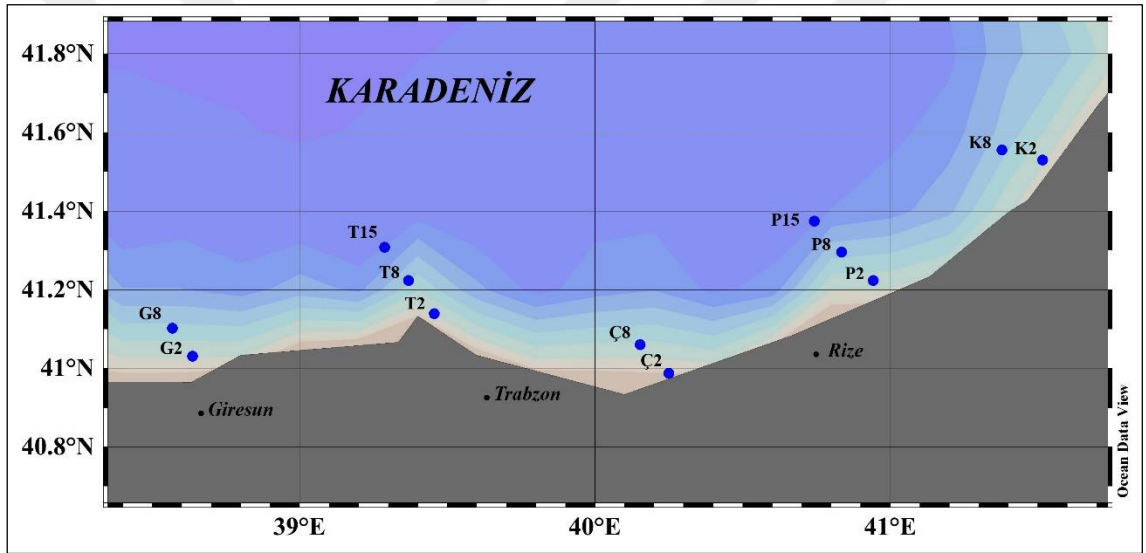
Dinamik bir yapıya sahip olan Karadeniz’de fitoplankton yapısı önemli oranda değişirken, grupların bloom zamanlarında önemli fenolojik değişimler kaydedilmiştir. Diğer taraftan sistemde küçük boy grubundaki fitoplanktonik grupların dönemsel baskınlıkları birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Bu çalışma ile Güney Doğu Karadeniz kıyılarında (Artvin-Giresun) fotosentezin yoğun olarak gerçekleştiği fotik bölge içerisinde fitoplankton pigment profili, pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının (FBG; pikofitoplankton $<0,2 \mu\text{m}$, nanofitoplankton $2-20 \mu\text{m}$ ve mikrofitoroplankton $>20-200 \mu\text{m}$) katkısı, zamansal ve alansal olarak değişimi ve pigment indeksleri (DP/Chl-a; AP/Chla; TC/Chl-a; TP/Chla, PSC/PPC vb) ile bölgenin trofik durumunun karakterize edilmesi ve kendine has dinamikleri olan Karadeniz için pigment oranlarının bir gösterge olarak kullanılıp kullanılamayacağını belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntem

2.1.1. Çalışma Sahası

Bu çalışma, Güney Doğu Karadeniz (Artvin-Giresun) kıyıları boyunca belirlenen farklı karakterdeki 12 adet istasyonda (2, 8 ve 15 deniz mili) Kasım 2015-Ağustos 2016 tarihleri arasında mevsimsel olarak yürütülmüştür (Şekil 1). İstasyonlara ait koordinat ve derinlik bilgileri Tablo 2’de sunulmuştur.



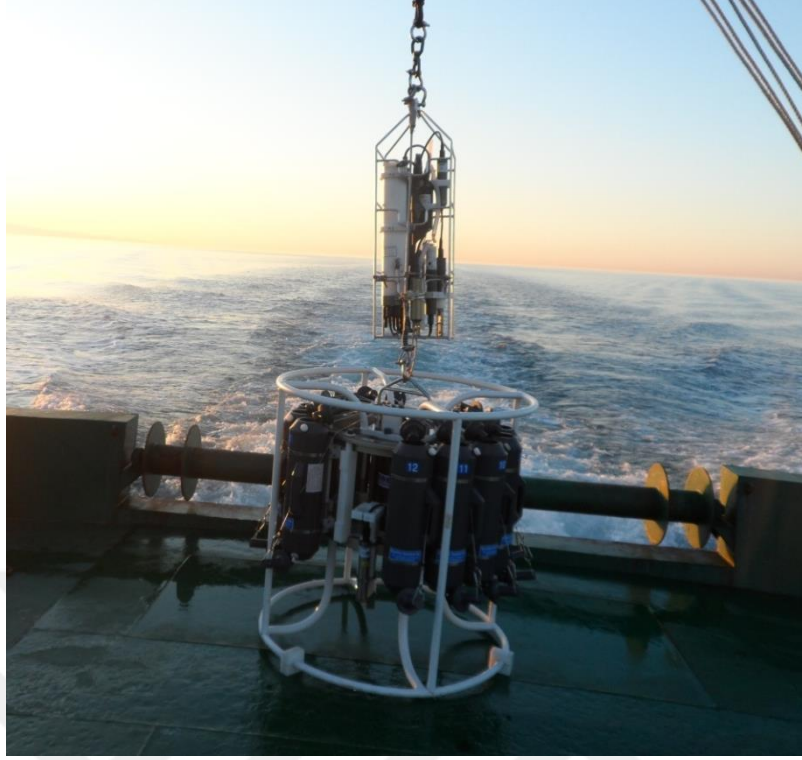
Şekil 1. Örnekleme istasyonları (G2: Giresun 2 deniz mili; G8: Giresun 8 deniz mili; T2: Trabzon 2 deniz mili; T8: Trabzon 8 deniz mili; T15: Trabzon 15 deniz mili; Ç2: Çamburnu 2 deniz mili; Ç8: Çamburnu 8 deniz mili; P2: Pazar 2 deniz mili; P8: Pazar 8 deniz mili; P15: Pazar 15 deniz mili; K2: Kemalpaşa 2 deniz mili; K8: Kemalpaşa 8 deniz mili).

Tablo 2. Örnekleme istasyonlarına ait derinlik ve koordinatları.

İstasyon Adı	Derinlik (m)	Enlem	Boylam
G2	650	41°01'51''K	41°01'51''D
G8	1300	41°06'07''K	38°34'39''D
T2	400	41°10'24''K	39°25'23''D
T8	500	41°15'37''K	39°21'07''D
T15	1500	41°21'04''K	39°15'27''D
Ç2	400	40°59'44''K	40°14'27''D
Ç8	750	41°04'02''K	40°07'46''D
P2	450	41°14'27''K	40°54'32''D
P8	1500	41°19'28''K	40°49'09''D
P15	1700	41°24'33''K	40°42'52''D
K2	120	41°31'48''K	41°30'29''D
K8	350	41°35'11''K	40°23'42''D

2.1.2. Deniz Çalışmaları

Deniz çalışmalarında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan “R/V SÜRAT ARAŞTIRMA I” ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi’ne ait “R/V KARADENİZ ARAŞTIRMA” araştırma gemileri kullanılmıştır. Deniz suyu örnekleri öfotik bölge içerisinde yüzeyden itibaren 10 metre aralıklarla 40 m derinliğe kadar SBE 32 Carousel 12 şişeli su örnekleme cihazı ile alınmıştır (Şekil 2). İstasyonlara ait hidrografik ölçümler SBE 25 CTD prob ile gerçekleştirilirken Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR) ölçümleri Li-Cor LI-193SA Spherical Quantum Sensor ve LI-190SA Quantum model PAR cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. SBE 25 CTD prob ve SBE 32 Carousel 12 şişeli deniz suyu örnekleme cihazı.

2.1.3. HPLC Analizleri

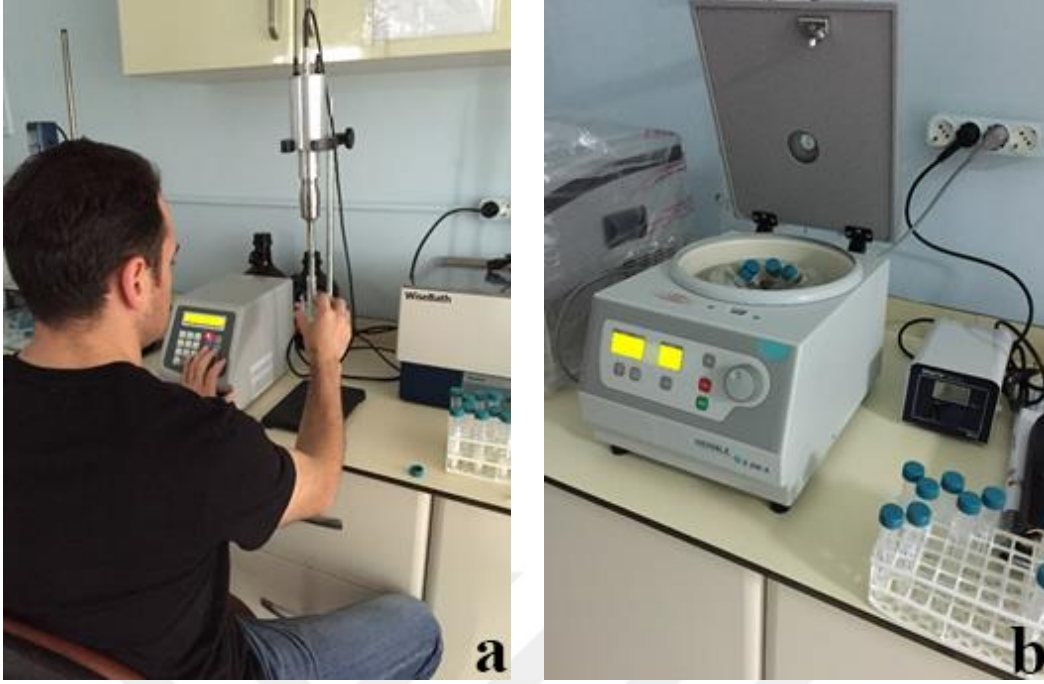
HPLC ile pigment analizleri Mantoura ve Llewelyn (1983)'ün önerdiği yöntemle göre yapılmıştır. İstenilen derinlikten alınan deniz suyu örnekleri (1 L) koyu renkli polietilen şişelere alındıktan sonra düşük vakum altında (0,5 atm den daha az) 47 mm çaplı GF/F filtrelerden süzölmüştür (Şekil 3). Daha sonra filtreler analiz aşamasına kadar sıvı azot içerisinde (-196°C) muhafaza edilmiştir (Şekil 4). Analiz öncesi GF/F filtreler % 90'lık 5 ml "HPLC saflığında" aseton içerisine konularak ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. Hücrelerin parçalanması ultrasonikatör (1 dakika için 60 Hz) yardımı ile sağlanarak ekstraksiyon hızlandırılmıştır (Şekil 5). Ekstraksiyon sonrası örnekler bir gece karanlık ortamda buzdolabında (+4°C) muhafaza edilerek ekstraksiyonun daha iyi olması sağlanmıştır. Daha sonra örnekler analiz öncesinde 3500 rpm devirde 10 dakika süreyle santrifüj edilerek hücresel parçaların ortadan kalkması sağlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 3. Pigment analizi için deniz suyu örneklerinin GF/F filtrelerden süzülmesi.



Şekil 4. GF/F filtrelerin sıvı azot içerisinde muhafazası.



Şekil 5. Analiz öncesi ultrasonikatör yardımı ile ekstraksiyon işleminin yapılması (a) ve örneklerin santrifüj edilmesi (b).

HPLC analizleri C8 kolon (Thermo Hypersil MOS-2 C8; 150 x 4,6 mm; 3 µm particle size; 120Å pore size ve %6,5 carbon loading) ve DAD (Diode Array Dedektör) dedektör kullanılarak RTEÜ Su Ürünleri Fakültesi'nde bulunan SHIMADZU marka HPLC cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Analiz için, ekstrakt içerisinden 500 µl örnek alınarak 0,2 µm lik millipore filtrelerden süzülüp ve 500 µl 1M Amonyum Asetat iyon çözeltisiyle karıştırılmıştır. Otomatik örnekleyici yardımıyla alınan 100 µl tamponlu ekstrakt HPLC sistemine enjekte edilerek analiz başlatılmıştır. Pigmentlerin lineer 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 lineer 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 verilerin değerlendirilmesi LC solution yazılımı ile yapılmıştır.

HPLC sistemi her pigment için ticari standartlar (klorofil *a*, *b*: Sigma Kolonu; klorofil c2, klorofil c3, perid, 19-but, fuco, 19 hex, diadinoxanthin, allo, lutein, zea, divinil klorofil-*a* ve β karoten: VKI, Danimarka) kullanılarak kalibre edilmiştir. Klorofil-*a* ve marker pigmentler için belirleme sınırı 0,005-0,007 µg/l dir.

Pigment konsantrasyonları aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır;

$$C_p = \frac{A_p \times V_{ext} \times 10}{B \times V_{filt} \times V_{inj} \times 1000 \times R_f} \quad (5)$$

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

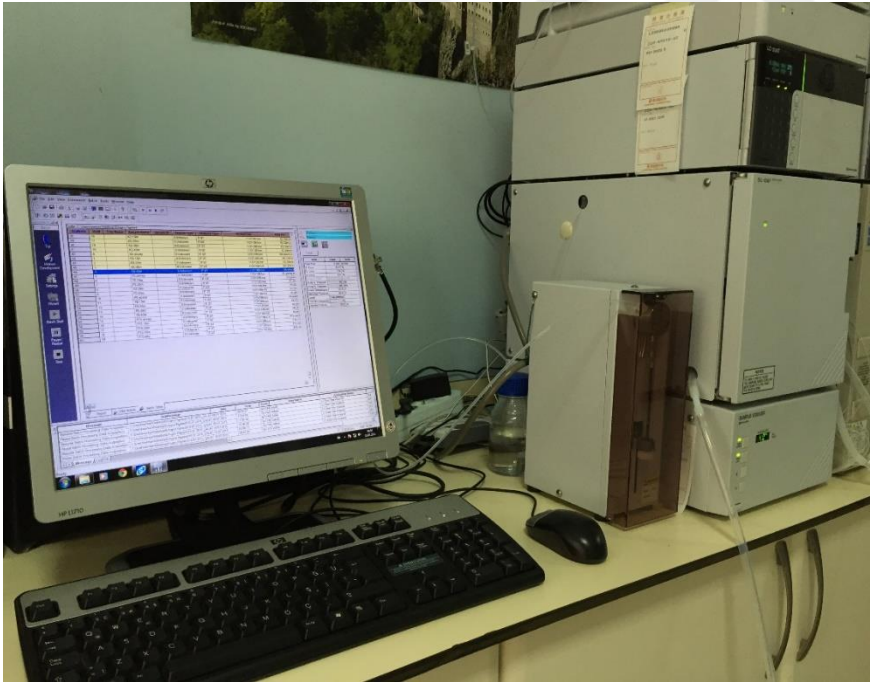
A_p (mAU*s) = Pik alanı,

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 6. Örneklerin analiz aşaması.

2.1.4. Fitoplankton Boy Grupları (FBG) ve Pigment İndeksleri

HPLC analizleri sonucu elde edilen diyagnostik pigment konsantrasyonları kullanılarak fitoplankton boy gruplarının toplam fitoplanktona yaptığı katkı (%) aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Uitz vd., 2006);

$$\Sigma DP_w = 1.41*[Fuc] + 1.41*[Per] + 1.27*[Hex-fuc] + 0.35*[But-fuc] + 0.60*[Allo] + 1.01*[TChlb] + 0.86*[Zea] \quad (6)$$

$$f_{piko}: (1.01*[TChlb] + 0.86*[Zea]) / \Sigma DP_w \quad (7)$$

$$f_{nano}: (1.27*[Hex-fuco] + 0.35*[But-fuco] + 0.60*[Allo]) / \Sigma DP_w \quad (8)$$

$$f_{mikro}: (1.41*[Fuco] + 1.41*[Perid]) / \Sigma DP_w \quad (9)$$

ΣDP : Diyagnostik pigmentler toplamı

f_{piko} : Pikofitoplankton fraksiyonu ($\leq 0.2-2 \mu m$)

f_{nano} : Nanofitoplankton fraksiyonu ($2-20 \mu m$)

f_{mikro} : Mikrofitoplankton fraksiyonu ($\geq 20 \mu m$)

Yukarıdaki formüller ile hesaplanan boy gruplarının % katkı oranları aşağıdaki formüller yardımıyla belirlenmiştir.

$$\% \text{ Pikofitoplankton} = 100 * f_{piko} \quad (10)$$

$$\% \text{ Nanofitoplankton} = 100 * f_{nano} \quad (11)$$

$$\% \text{ Mikrofitoplankton} = 100 * f_{mikro} \quad (12)$$

Bölgeyi daha iyi karakterize etmek için fitoplankton boy gruplarının yanısıra pigment indeksleri de kullanılmıştır. Bu indeksleri hesaplamak için mevcut pigmentler farklı kategoriler altında toplanmıştır (Tablo 3). Ayrıca, pigment indekslerinin toplam pigment (TP) içerisindeki oranları belirlendikten sonra veri setleri arasında regresyon analizleri yapılmıştır.

Tablo 3. Fitoplankton pigment indeksleri ve formülleri (Vidussi vd., 2001; Barlow vd., 2004; Bricaud vd., 2004; Aiken vd., 2009).

DP	Diyagnostik Pigment			Allo+But+Chlb+Fuc+Hex+Per+Zea
TC	Toplam Karotenoid			Allo+But+Caro+Diad+Diato+Fuc+Hex+Lut+Per+Viol+Zea
AP	Aksesuar Pigmentler			TC+Chlb+Chlc1+Chlc2+Chlc3
TP	Toplam Pigment			TChla+AP
PSC	Fotosentetik Pigment			Per+But+Fuc+Hex
PPC	Fotoprotektan Pigment			Viol+Diad+Allo+Diato+Zea+Caro+Lut
Pic _{ODP}	Diyagnostik pigmentler	içerisindeki		(Chlb+Zea)/DP
	pikoplankton oranı			
Nan _{ODP}	Diyagnostik pigmentler	içerisindeki		(All+But+Hex)/DP
	naoplankton oranı			
Micro _{ODP}	Diyagnostik pigmentler	içerisindeki		(Fuc+Per)/DP
	mikroplankton oranı			

2.1.5. Verilerin Değerlendirilmesi

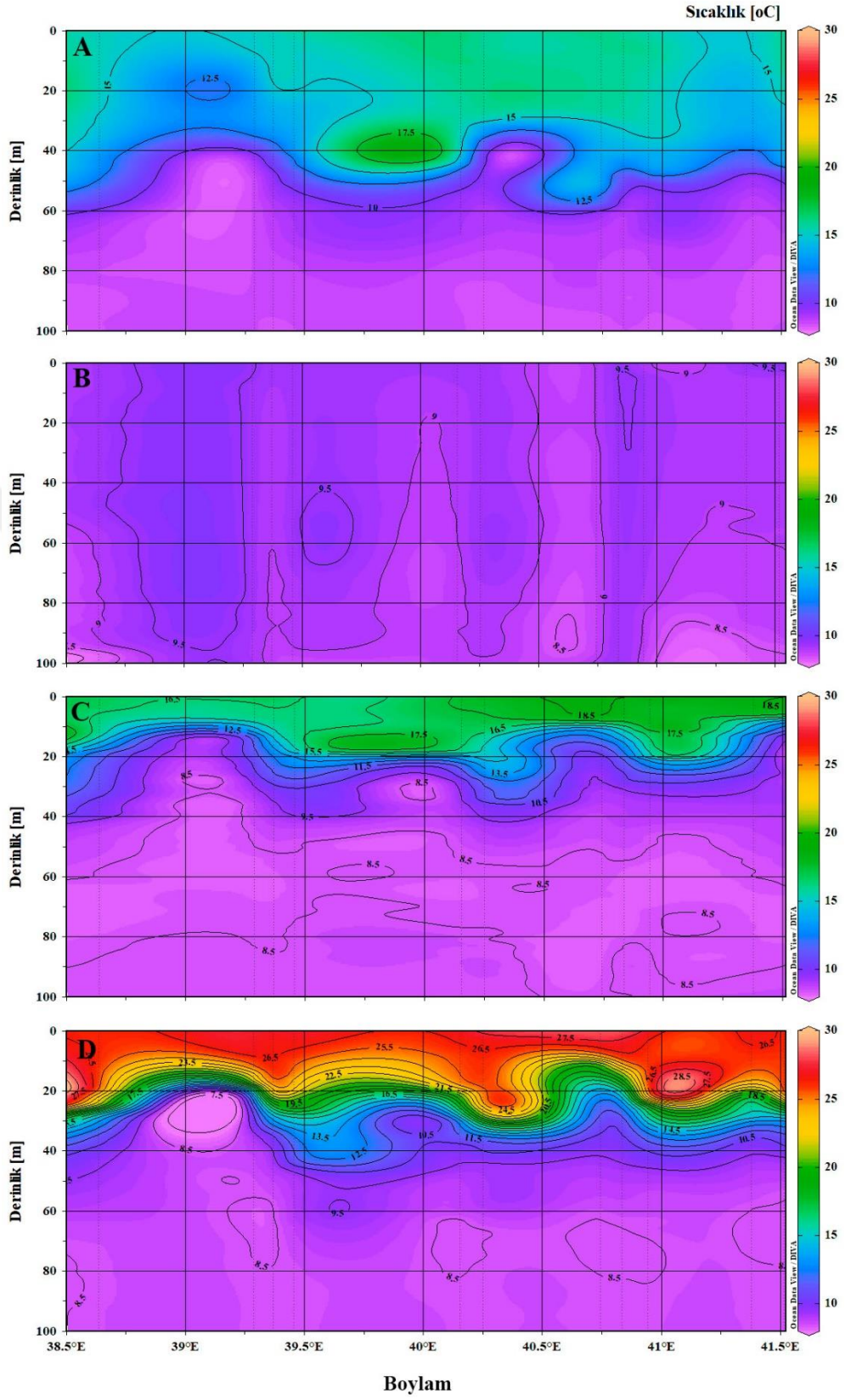
Çalışma süresince elde edilen veriler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkları saptamak amacıyla “One Way ANOVA” ve “Tukey” testleri uygulanmıştır. Analiz sonrasında normal dağılım göstermediği tespit edilen gruplar için “Kruskal Wallis” testi uygulanmıştır. (Sokal ve Rohlf, 1969). Parametreler arasındaki ilişkiler “Lineer Regresyon” analizleri ile açıklanmaya çalışılmıştır. İstatistiksel analizler ve grafikler SigmaPlot 11.0 ve ODV 4 paket programlarıyla yapılmıştır.

3. BULGULAR

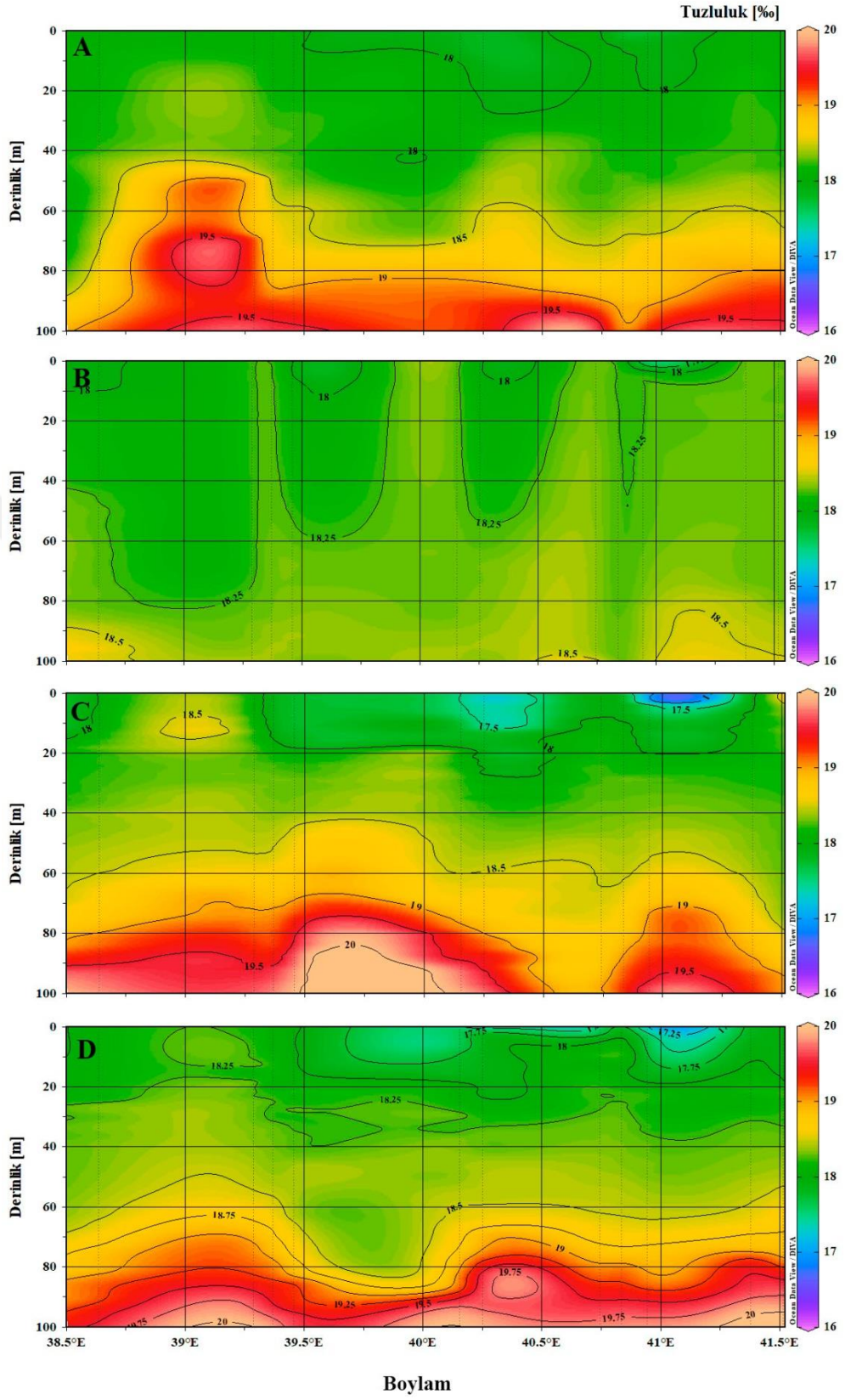
3.1. Hidrografi

İstasyonlara ait sıcaklık profilleri Şekil 7’de sunulmuştur. Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde en düşük deniz suyu yüzey sıcaklığı Şubat döneminde (8,12°C) ve en yüksek Ağustos döneminde (28,1°C) kaydedilmiştir. Çalışma bölgesinde genel olarak yaz döneminden kalma mevsimsel termoklinin kısmen de olsa sonbahar mevsiminde devam ettiği ve kış karışımları ile tamamen ortadan kalktığı profillerden anlaşılmaktadır. İlkbaharla birlikte suların ısınmasıyla yeniden şekillenmeye başlayan mevsimsel termoklin yaz döneminde daha da belirgin bir hal almıştır.

Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde elde edilen tuzluluk profilleri ise Karadeniz’in genel karakteristiğine uygun (%16-18) bir yapı sergilerken derinlikle beraber %20 seviyelerine ulaşmıştır (Şekil 8). Özellikle nehir girdisine yakın olan istasyonlarda (Kemalpaşa, Pazar ve Çamburnu) ve yağışların etkili olduğu Şubat ve Mayıs dönemlerinde yüzey suyu tuzluluk değerleri %16’ya kadar düşmüştür. Karışımların yoğun olduğu dönemlerde (kış ve kısmen ilkbahar) su kolonu daha homojen bir yapı sergilemiştir.



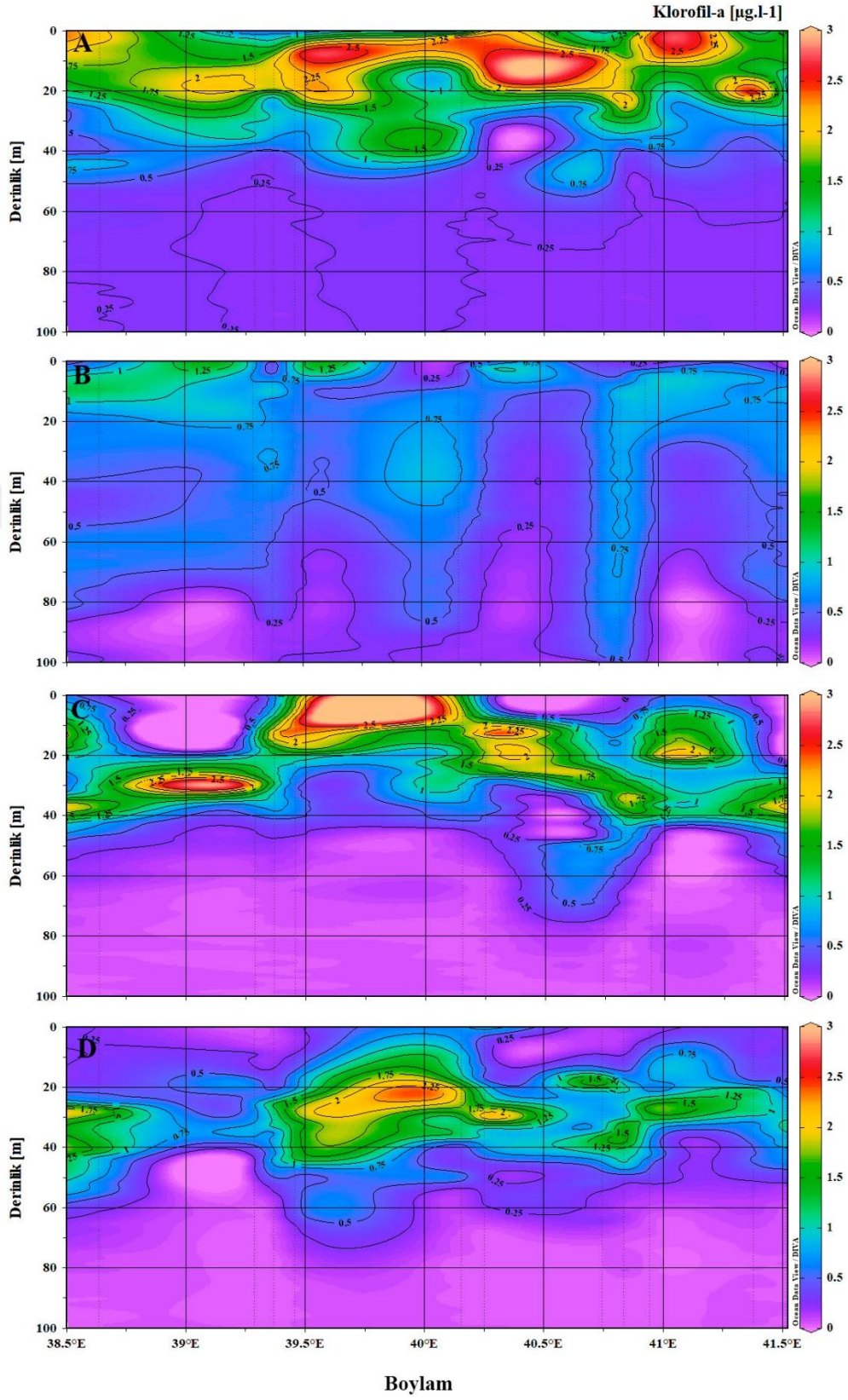
Şekil 7. Örnekleme istasyonlarına ait sıcaklık profilleri (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).



Şekil 8. Örneklemeye istasyonlarına ait tuzluluk profilleri (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).

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

In-situ floresana dayalı klorofil-*a* değişimleri Şekil 9’da sunulmuştur. Genel olarak, klorofil-*a* profilleri termal tabakalaşmanın çok yoğun olduğu yaz döneminde derinliğe bağlı olarak azalan bir yapı sergilerken, mevsimsel termoklinin devam ettiği sonbahar dönemi ile karışımların çok yoğun olduğu kış döneminde daha düzensiz bir yapı sergilemiştir. Klorofil-*a* maksimumu örnekleme istasyonlarında yaz döneminde genelde 20-30 m arasında değişim gösterirken, sonbahar mevsiminde 10-20 m’de, kış ve ilkbahar mevsimlerinde daha yüzeyde (<10 m) gözlenmiştir. Çalışma süresince istasyonlara ait klorofil-*a* konsantrasyonları 0,03 $\mu\text{g/L}$ (Ağustos)-2,60 $\mu\text{g/L}$ (Kasım) arasında değişim göstermiştir. Mevsimsel olarak bir değerlendirme yapıldığında Kasım 2015 (0,20-2,60 $\mu\text{g/L}$) ve Mayıs 2016 (0,04-2,48 $\mu\text{g/L}$) dönemleri ne çıkarken, Şubat 2016 dönemi en düşük klorofil-*a* konsantrasyonlarının (0,11-1,28 $\mu\text{g/L}$) kaydedildiği dönemler olmuştur.



Şekil 9. Örneklemeye istasyonlarına ait *In-Situ* floresan profilleri (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).

3.3. Fotosentetik Aktif Radyasyon (PAR)

PAR ölçümleri sonucu istasyonlara ait fotik (ışıklı) bölge derinliğindeki değişimler Tablo 4'te verilmiştir. Genel olarak en düşük PAR değeri (19 m) karışımların başladığı sonbahar döneminde kaydedilirken, en yüksek PAR değeri (45 m) mevsimsel termoklinin çok belirgin olduğu ve su kolonun çok durağan yapıda olduğu yaz mevsiminde tespit edilmiştir. İstasyonları arasında bir kıyaslama yapıldığında PAR değerleri genel olarak 15 deniz mili mesafesinde yer alan istasyonlarda en yüksek okunurken, bunu 8 deniz mili mesafesinde bulunan istasyonlar takip etmiştir. Diğer taraftan en düşük PAR değerleri 2 deniz mili mesafesinde yer alan kıyı istasyonlarında kaydedilmiştir.

Tablo 4. Örneklem istasyonlarına ait PAR derinlikleri (m).

Dönem	Mesafe (deniz mili)	Kemalpaşa	Pazar	Çamburnu	Trabzon	Giresun
Kasım 2015	2	24	21	21	19	24
	8	28	25	26	23	26
	15		25		28	
Şubat 2016	2	29	25	21	23	29
	8	30	29	25	25	31
	15		31		32	
Mayıs 2016	2	32	24	21	21	26
	8	35	33	25	22	33
	15		38		33	
Ağustos 2016	2	33	33	33	32	36
	8	40	35	35	36	38
	15		39		45	

3.4. Pigment Kompozisyonu

Çalışma dönemi içerisinde pigment profili örneklem dönemine ve fitoplanktonik aktiviteye bağlı olarak önemli değişimler göstermiştir (EK 1-4). Fitoplankton biyomasının bir göstergesi olan ve temel fotosentetik pigment olarak değerlendirilen klorofil-*a* kıyı sularda genellikle yüksek konsantrasyonlarda olup açığa gidildikçe düşüş göstermiştir. İstasyonlardaki konsantrasyonu genel olarak 0,28-5,98 µg/L arasında değişim göstermiştir. Klorofil-*a* pigmentinin yanı sıra öne çıkan diğer marker pigmentler sırasıyla; fukoksantin (0,05-2,55 µg/L), peridinin (0,06-2,45 µg/L), 19-heksoanoloksifukoksantin (0,02-2,10 µg/L), klorofil-*b* (0,02-1,62 µg/L), 19-

butanoloksifukoksantin (0,05-1,40 µg/L), zeaksantin (0,01-1,16 µg/L), alloksantin (0,01-0,94 µg/L) ve klorofil-c₂ (0,001-0,75 µg/L) pigmentleri olmuştur. Diğer marker pigmentler ise daha düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiş ve hatta bazı mevsimlerde ise hiç tespit edilememiştir.

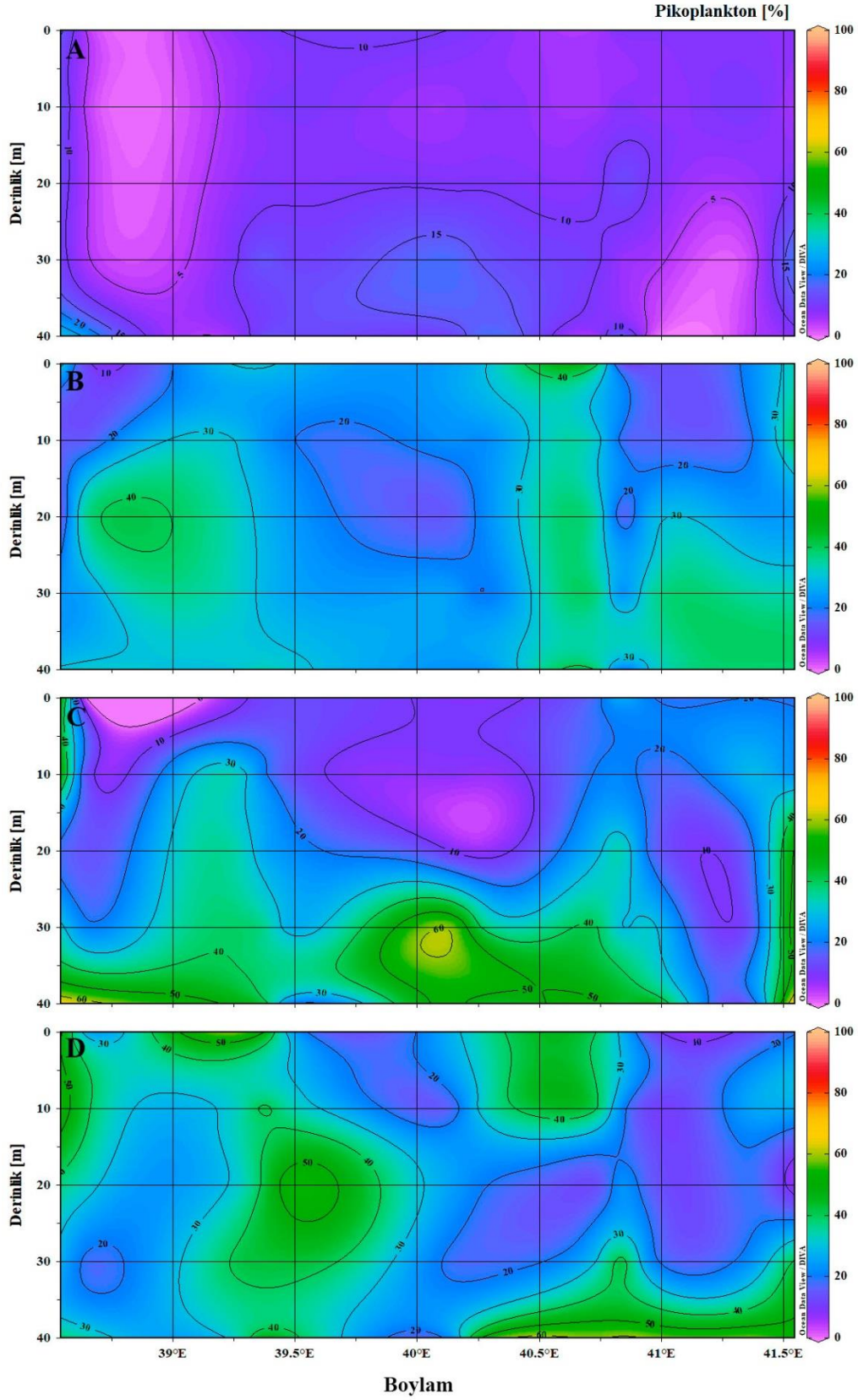
Pigment profili gerek mevsime göre ve gerekse derinliğe göre istatistiksel olarak önemli değişimler göstermiştir (ANOVA, $p < 0,001$). Öne çıkan pigmentler genellikle diyagnostik ve fotosentetik karakterdeki pigmentler olurken fotoprotektan karakterdeki pigmentlerin çok düşük konsantrasyonlarda olduğu dikkat çekmektedir. Fotik bölge içerisinde baskın olan fotosentetik pigmentler derinliğe bağlı olarak ve fotik bölgenin alt sınırlarına doğru yerini fotoprotektan pigmentlere bırakmıştır. Özellikle daha az ışık koşullarına gereksinim duyan bazı gruplar (örneğin haptofita gibi) için belirleyici nitelikte olan pigmentler (örneğin 19-heksanoloksifukosantin ve 19-butanoloksifukoksantin gibi) su kolonu içerisinde daha alt derinliklerde öne çıkan pigmentler olmuştur. Diğer taraftan sıcaklığa bağlı olarak tabakalaşmanın görüldüğü yaz döneminde fotoprotektan pigmentler yüzey sularında ve klorofil maksimumun alt derinliklerinde baskın pigmentler olmuştur.

3.5. Fitoplankton Boy Grupları

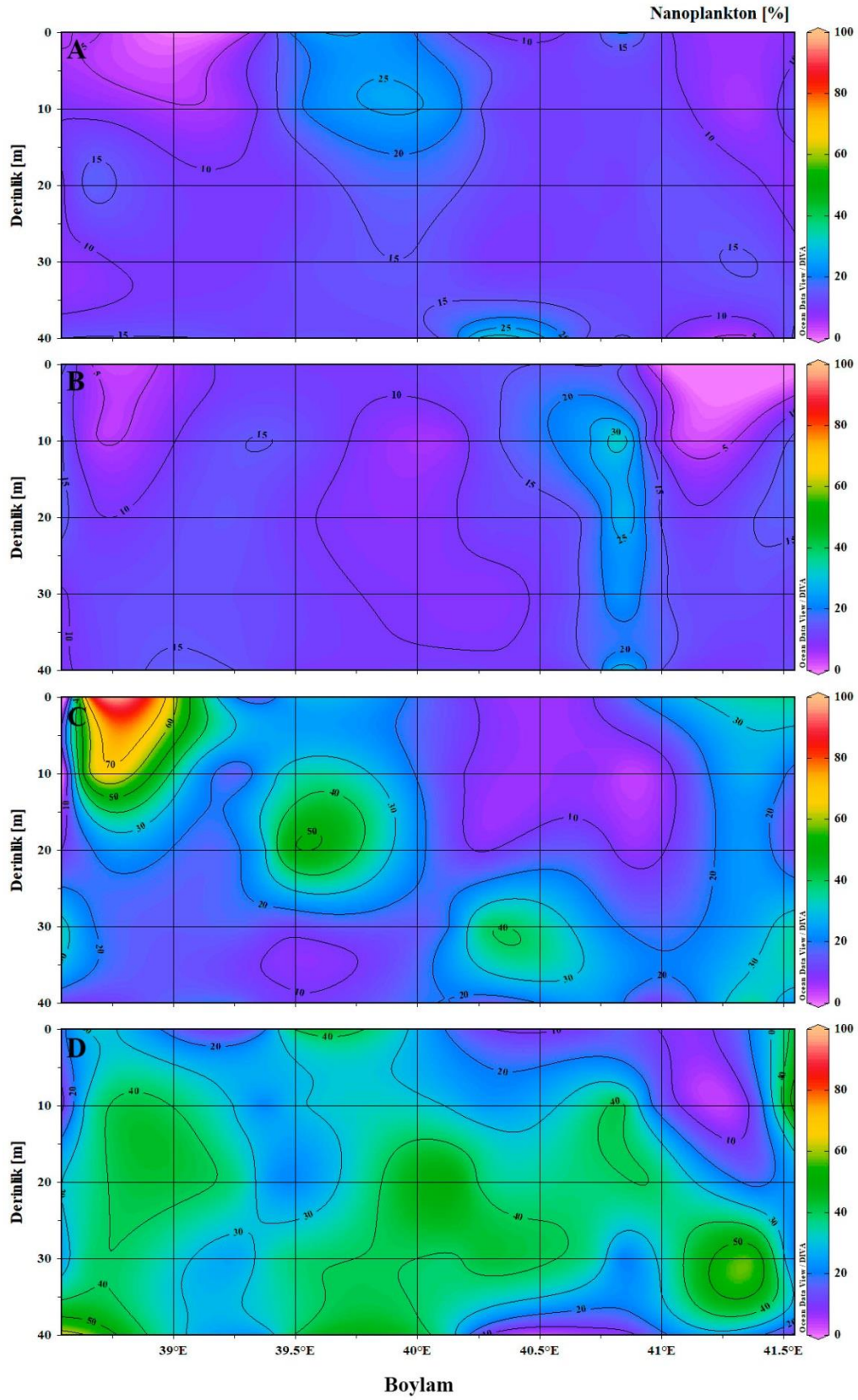
Diyagnostik pigmentler kullanılarak hesaplanan fitoplankton boy gruplarının (piko-, nano- ve mikrofitoplankton) toplam fitoplanktona yaptıkları katkının (%) mevsime ve derinliğe bağlı değişimi Şekil 10-12'de verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü üzere katkısı en yüksek olan grup mikrofitoplankton (%5-90) olmuştur. Nanofitoplankton (%3-77) en fazla katkı yapan ikinci grup olurken, pikofitoplankton (%2-60) en az katkı yapan grup olmuştur. 0,2-2 µm aralığındaki boy gruplarını kapsayan pikofitoplanktonun katkı oranları sonbahar ve kış döneminde genellikle %45'in altında kalmıştır. İlkbahar ve yaz mevsiminde özellikle yüzey altı tabakalarda ve fotik bölgenin alt sınırlarında en yüksek oranlarda tespit edilmiş olup, oranları %60 seviyelerine kadar çıkmıştır (Şekil 10). Çalışma bölgesinde nanofitoplanktonun katkısı önemli oranda değişim gösterirken, en fazla katkı genellikle ilkbahar (%77) ve yaz (%61) mevsimlerinde gerçekleşmiştir. Su kolonu içerisinde genel olarak klorofil maksimumun gözlendiği 10 m ve bunun altındaki derinliklerde önemli katkılar

yapmıştır (Şekil 11). Çalışma bölgesinde en fazla temsil edilen grup mikrofitoplankton olup, katkı oranları %5-90 arasında değişim göstermiştir (Şekil 12). Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde mikrofitoplanktonun katkısı önemli mevsimsel değişimler göstermiştir. Özellikle bazı mevsimlerde (yaz mevsiminde) yaptığı katkı %30 seviyesini geçmezken sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde en yüksek katkı oranlarına ulaşmıştır.

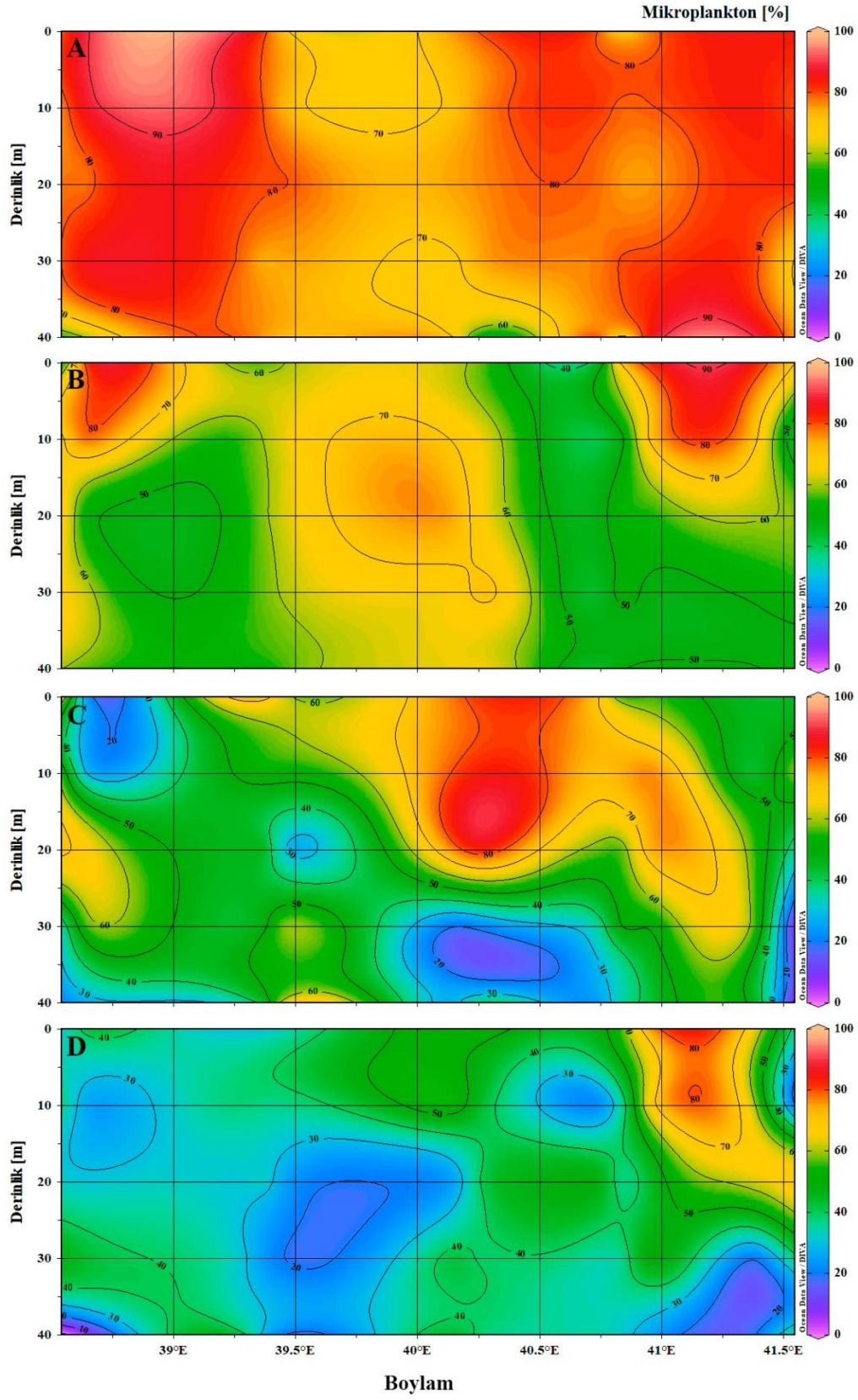




Şekil 10. Örneklemeye istasyonlarına ait pikofitoplankton katkı (%) oranları (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).



Şekil 11. Örnekleme istasyonlarına ait nanofitoplankton katkı (%) oranları (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).



Şekil 12. Örneklemeye istasyonlarına ait mikrofıtoplankton katkı (%) oranları (A: Kasım 2015, B: Şubat 2016, C: Mayıs 2016, D: Ağustos 2016).

3.6. Pigment İndeksleri

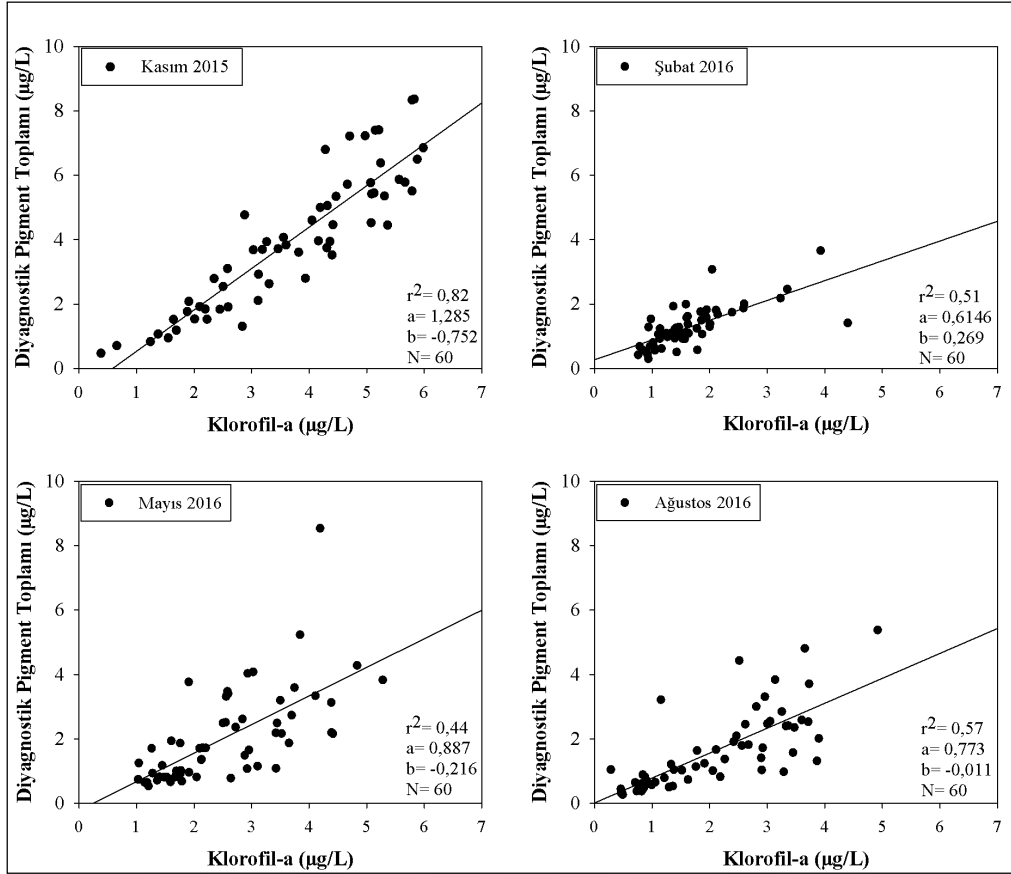
Çalışma bölgesini daha iyi karakterize etmek adına pigment indeksleri kullanılmıştır. Bu indekslerin kullanılmasındaki temel amaç fitoplankton boy gruplarının sahip oldukları farklı karakterdeki pigmentlerin gerek zamansal ve gerekse alansal olarak konsantrasyonlarının ve katkı oranlarının değişiklik göstermesidir.

3.6.1. Diyagnostik Pigmentler

Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde diyagnostik pigment toplamı 0,27-8,54 µg/L arasında önemli değişim göstermiştir (ANOVA, $p < 0,001$). Mevsimsel değişimleri incelendiğinde Kasım 2015, Şubat 2016, Mayıs 2016 ve Ağustos 2016 dönemleri için toplam diyagnostik pigment konsantrasyonu sırasıyla 0,47-8,36 µg/L, 0,3-3,66 µg/L, 0,53-8,54 µg/L ve 0,27-5,38 µg/L arasında değişim göstermiştir.

Diyagnostik pigmentlerin toplam pigment içerisindeki oranı değerlendirildiğinde, genel olarak %21-82 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu oran mevsimsel olarak değişiklik gösterirken Kasım 2015, Şubat 2016, Mayıs 2016 ve Ağustos 2016 örnekleme dönemleri için sırasıyla %33-73, %24-69, %22-72 ve %21-82 arasında değişim göstermiştir.

Diyagnostik pigment toplamı ile klorofil-*a* arasındaki ilişki lineer regresyon analiziyle ortaya konulmaya çalışılmıştır (Şekil 13). Sonbahar döneminde çok güçlü bir ilişki ($r^2=0,82$) tespit edilirken bu dönemi sırasıyla yaz ($r^2=0,57$) ve kış dönemi ($r^2=0,51$) takip etmiştir.



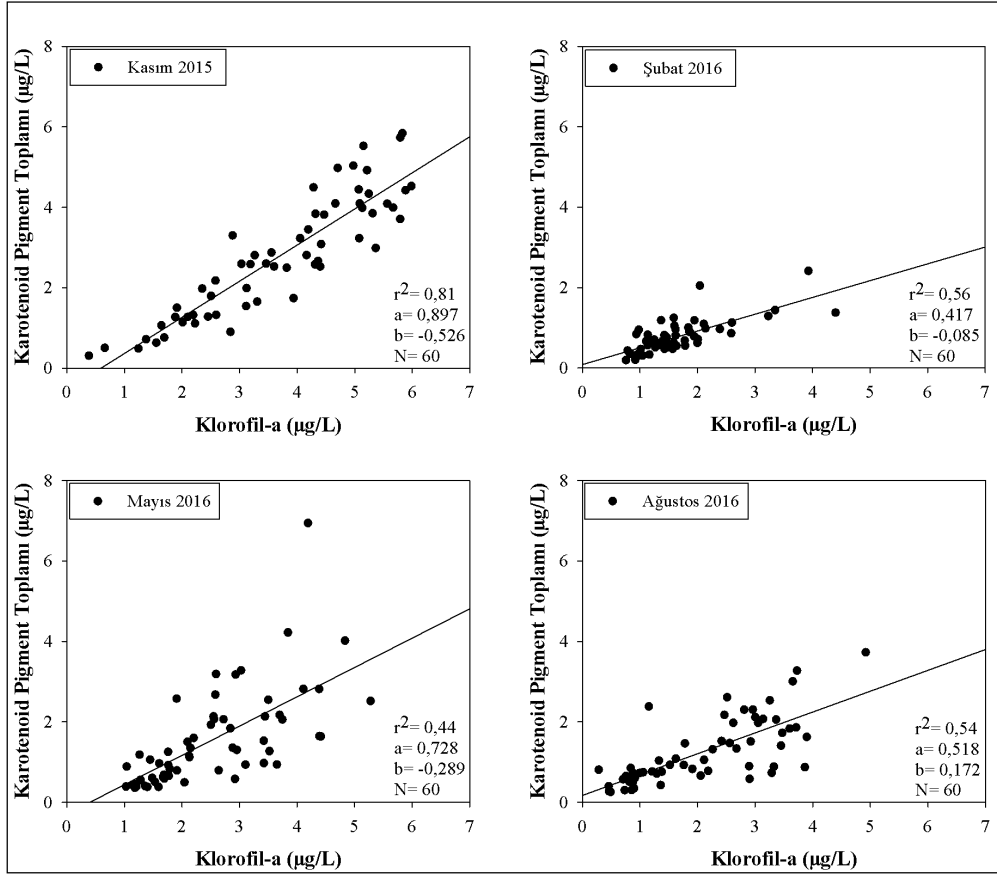
Şekil 13. Diyagnostik pigment toplamı ile klorofil-*a* arasındaki mevsimsel ilişki.

3.6.2. Karotenoid Pigmentler

Karotenoid pigmentler diyagnostik pigmentlere ilaveten diatoksantin, lutein, violaksantin ve β -karoten pigmentlerini kapsamaktadır. Çalışma dönemi içerisinde konsantrasyonları 0,19-6,94 $\mu\text{g/L}$ arasında değişim göstermiştir. İstatistiksel olarak önemli mevsimsel farklılıklar (ANOVA, $p < 0,001$) gösteren karotenoid pigmentler toplamı en çok Kasım 2015 (0,31-5,83 $\mu\text{g/L}$) ve Mayıs 2016 (0,36-6,94 $\mu\text{g/L}$) dönemlerinde öne çıkarken bunu Ağustos 2016 (0,26-3,73 $\mu\text{g/L}$) ve Şubat 2016 (0,19-2,41 $\mu\text{g/L}$) dönemleri takip etmiştir.

Karotenoid pigmentlerin toplam pigment içerisindeki payı incelendiğinde oranların %14-60 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Örnekleme dönemleri içerisinde katkı oranları Kasım 2015, Şubat 2016, Mayıs 2016 ve Ağustos 2016 için sırasıyla %23-50; %15-46; %14-55 ve %14-60 arasında değişim göstermiştir.

Klorofil-*a* ile yapılan lineer regresyon analizlerinde önemli ilişkiler tespit edilmiştir (Şekil 14). Kasım 2015 dönemi en güçlü ilişkinin ($r^2=0,81$) tespit edildiği dönem olurken, bunu Şubat 2016 dönemi ($r^2=0,56$) takip etmiştir.



Şekil 14. Karotenoid pigment toplamı ile klorofil-*a* arasındaki mevsimsel ilişki.

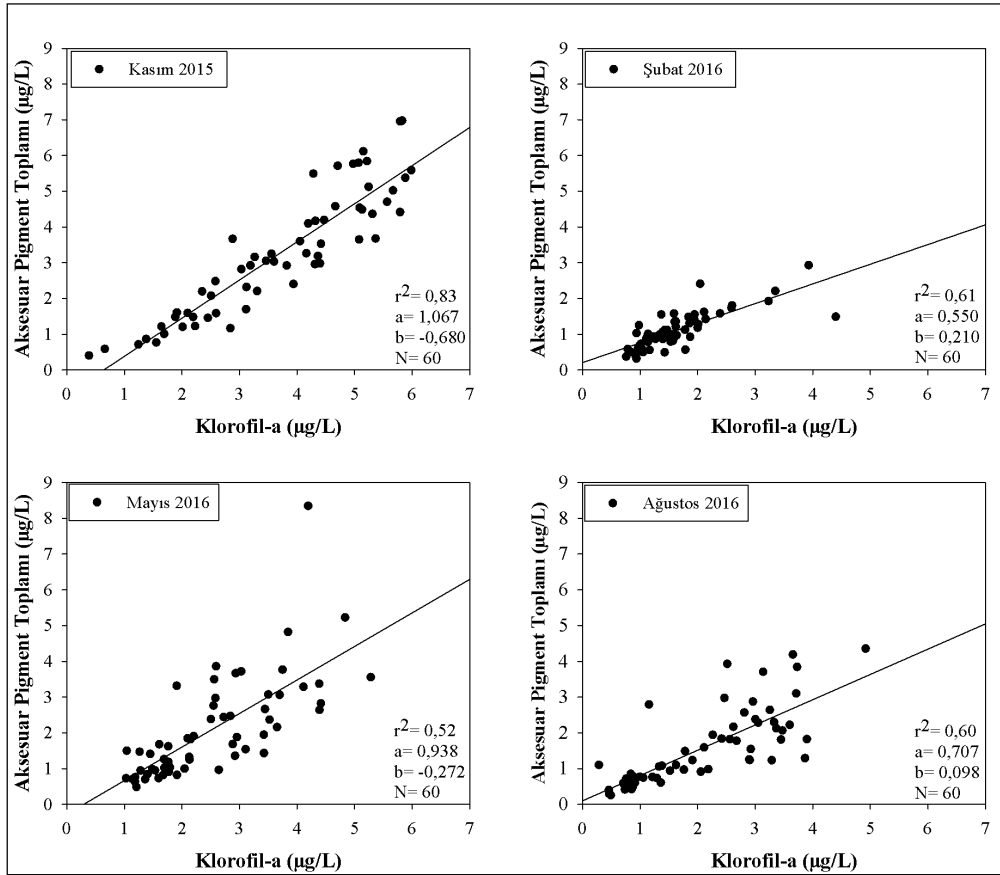
3.6.3. Aksesuar Pigmentler

Aksesuar pigmentler karotenoid pigmentler ile klorofil-*b* ve *c* ($c_1+c_2+c_3$) pigmentlerinin toplamını içerir. Çalışma bölgesinde konsantrasyonları 0,25-8,35 µg/L arasında değişim göstermiştir (ANOVA, $p<0,001$). En yüksek katkı Mayıs 2016 (0,48-8,35 µg/L) ve Kasım 2015 (0,40-6,98 µg/L) dönemlerinde kaydedilmiştir. En az katkı Şubat 2016 döneminde (0,32-2,93 µg/L) gözlenmiştir.

Aksesuar pigmentlerin toplam pigmentler içindeki oranı değerlendirildiğinde, bu oranın %24-79 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Katkı oranları Kasım 2015, Şubat

2016, Mayıs 2016 ve Ağustos 2016 için sırasıyla %29-56, %24-56, %27-67 ve %25-79 arasında değişim göstermiştir.

Yapılan lineer regresyon analizlerinde gerek diyanostik pigmentlere ve gerekse karotenoid pigmentlere oranla daha güçlü ilişkiler tespit edilmiştir (Şekil 15). Özellikle Kasım 2015 ($r^2=0,83$) ve Şubat 2016 ($r^2=0,61$) dönemleri öne çıkarken bunları Ağustos 2016 ($r^2=0,60$) ve Mayıs 2016 ($r^2=0,52$) dönemleri takip etmiştir.



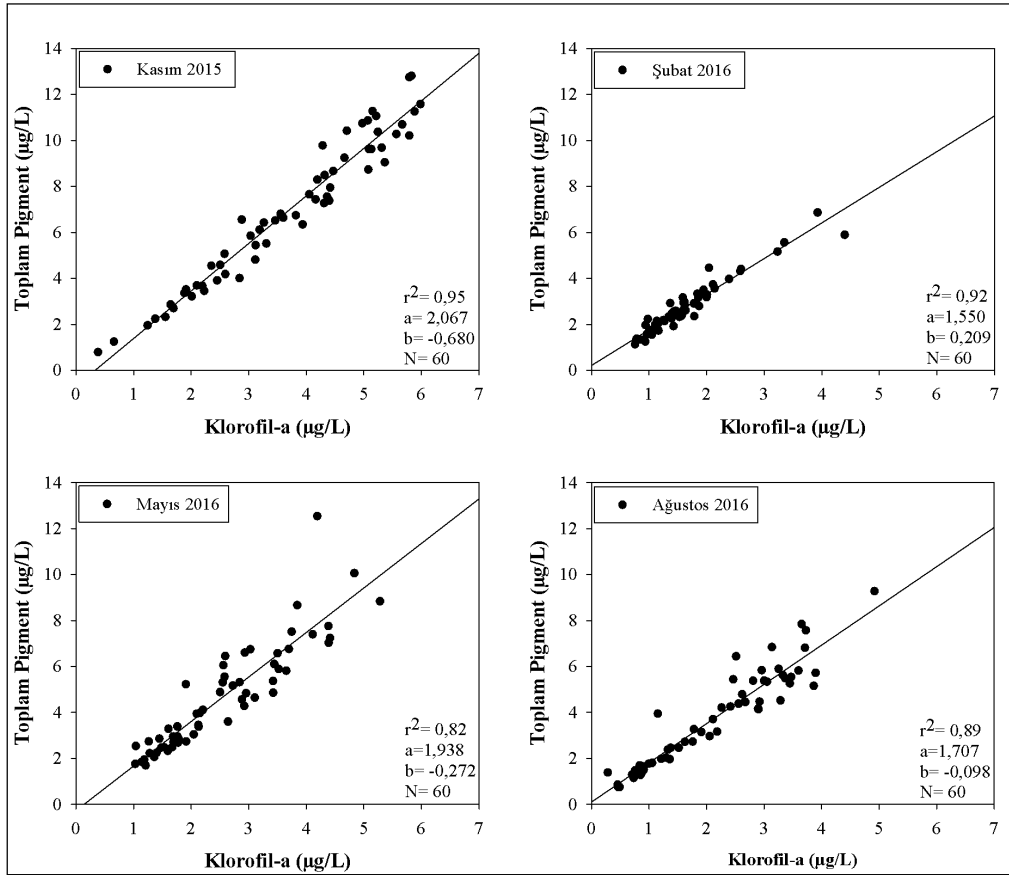
Şekil 15. Aksesuar pigment toplamı ile klorofil-*a* arasındaki mevsimsel ilişki.

3.6.4. Toplam Pigment

Toplam pigment aksesuar pigmentlere klorofil-*a*'nın eklenmesiyle elde edilen pigmentler toplamını ifade eder. Çalışma dönemi içerisinde önemli mevsimsel değişim gösteren pigmentler toplamı 0,75-12,80 µg/L arasında değişmiştir (ANOVA, $p<0,001$). Mevsimsel olarak bir değerlendirme yapıldığında Kasım 2015 (0,78-12,80 µg/L) ve Mayıs 2016 (1,69-12,53 µg/L) dönemleri en yüksek toplam pigment miktarı ile

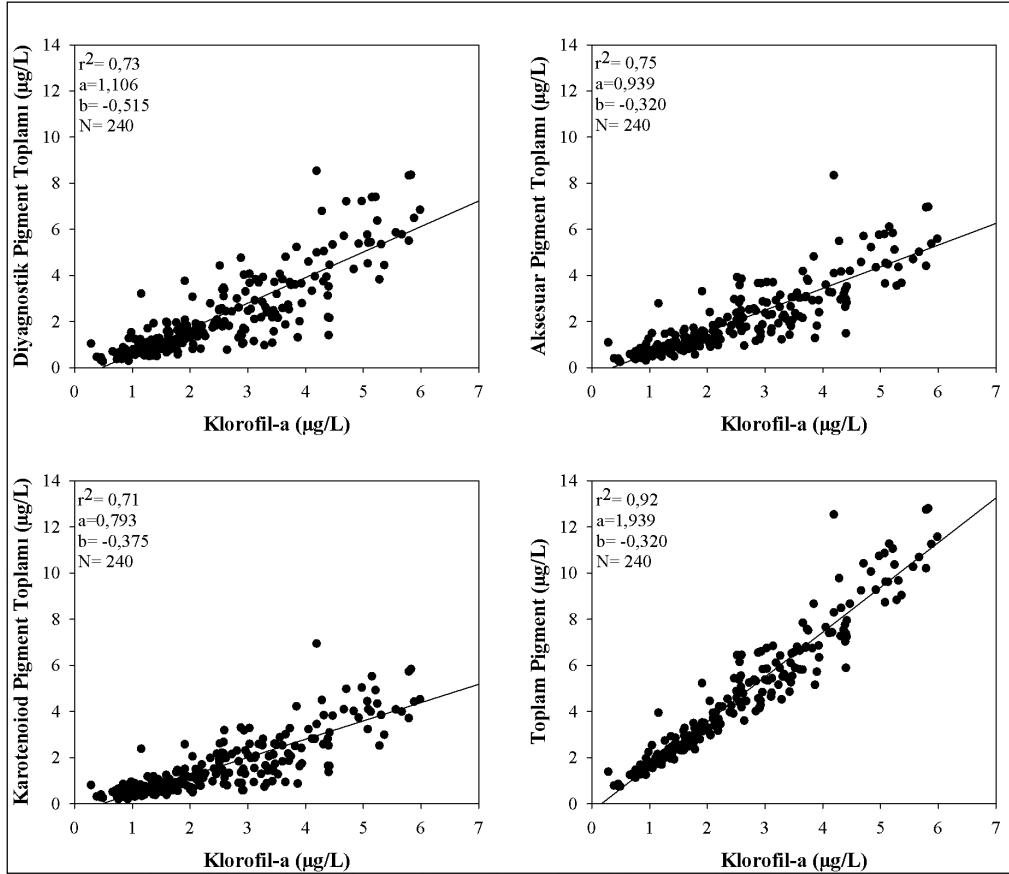
karakterize olmuştur. Bu dönemleri sırası ile Ağustos 2016 (0,75-9,27 µg/L) ve Şubat 2016 (1,13-6,86 µg/L) dönemleri takip etmiştir.

Toplam pigment ile klorofil-*a* arasında yapılan lineer regresyon analizlerinde çok güçlü ilişkiler tespit edilmiştir (Şekil 16). Toplam pigment konsantrasyonunun en yüksek olduğu Kasım 2015 dönemi ($r^2=0,95$) en güçlü ilişkinin tespit edildiği dönem olurken, bunu Şubat 2016 ($r^2=0,92$) ve Ağustos 2016 ($r^2=0,89$) dönemleri takip etmiştir.



Şekil 16. Toplam pigment ile klorofil-*a* arasındaki mevsimsel ilişki.

Çalışma süresince mevsim farkı gözetmeksizin pigment indeksleri ile klorofil-*a* arasında gerçekleştirilen lineer regresyon analizlerinde çok güçlü pozitif ilişkiler tespit edilmiştir (Şekil 17). En yüksek ilişki toplam pigment ile klorofil-*a* arasında tespit edilirken ($r^2=0,92$) diğer indekslerle olan ilişkisi de benzer durumlar ($r^2=0,71-0,75$) ortaya koymuştur.

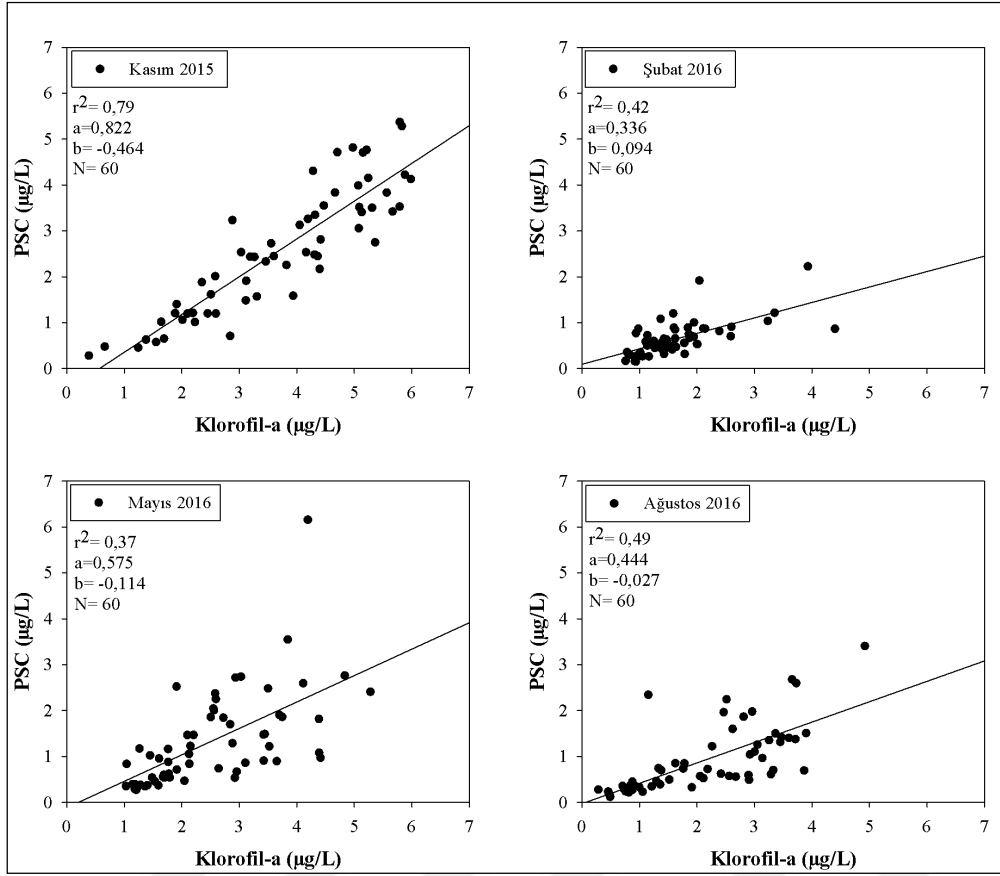


Şekil 17. Pigment indeksleri ile klorofil-*a* arasındaki ilişki.

3.6.5. Fotosentetik ve Fotoprotektan Pigmentler

Fotosentetik pigmentler (PSC) sadece fukoksantin, peridinin, 19-heksanoloksifukoksantin ve 19-butanoloksifuksantin olmak üzere 4 karotenoid pigmenti içerir. Çalışma bölgesinde konsantrasyonları 0,13-6,15 µg/L arasında değişim göstermiştir. Çalışma süresince önemli mevsimsel değişim gösteren PSC konsantrasyonları en yüksek Mayıs 2016 (0,27-6,02 µg/L) ve Kasım 2015 (0,28-5,37 µg/L) dönemlerinde kaydedilmiştir. Bu durum PSC ile klorofil-*a* arasında gerçekleştirilen lineer regresyon analizlerinde de kendini göstermiştir (Şekil 18). En güçlü ilişki Kasım 2015 ($r^2=0,79$) döneminde tespit edilirken, bunu Ağustos 2016 ($r^2=0,49$) ve Şubat 2016 ($r^2=0,42$) takip etmiştir.

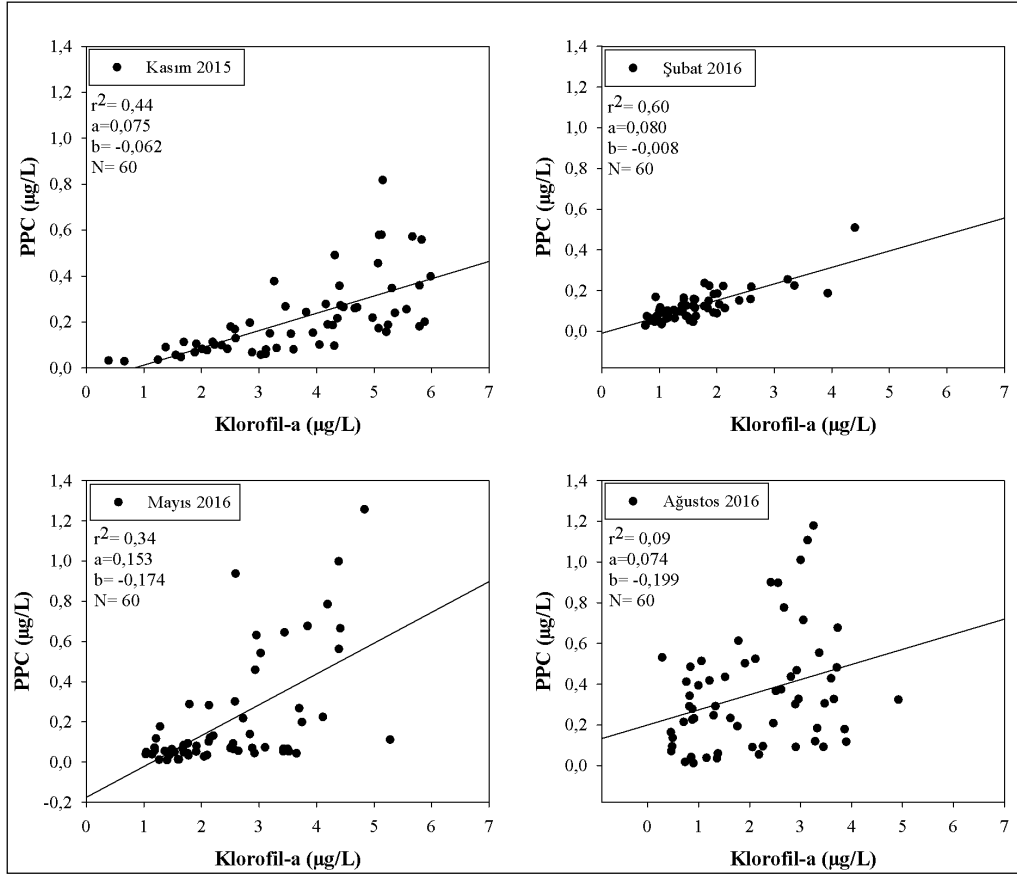
PSC'nin toplam pigment içerisindeki katkısı değerlendirildiğinde; Kasım 2015, Şubat 2016, Mayıs 2016 ve Ağustos 2016 için sırasıyla %18-49; %12-43; %13-49 ve %10-59 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 18. Fotosentetik pigment toplamı ile klorofil-a arasındaki mevsimsel ilişki.

Fotoprotektan (PPC) olarak nitelendiren ve fitoplanktonu güneşin zararlı ışınlarına karşı koruyan pigmentler violaksantin, diadinoksantin, alloksantin, diatoksantin, zeaksantin, lutein ve β -karoten pigmentlerini kapsamaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde konsantrasyonları genel olarak düşük olup, 0,01-1,26 $\mu\text{g/L}$ arasında değişim göstermiştir. En yüksek konsantrasyonlar Mayıs 2016 (0,01-1,26 $\mu\text{g/L}$) ve Ağustos 2016 (0,01-1,18 $\mu\text{g/L}$) dönemlerinde kaydedilmiştir. Yapılan regresyon analizlerinde ise klorofil-a ile PPC arasında çok güçlü ilişkiler tespit edilememiştir (Şekil 19). En güçlü ilişki Şubat 2016 ($r^2=0,60$) döneminde tespit edilirken, bunu Kasım 2015 ($r^2=0,44$) dönemi takip etmiştir.

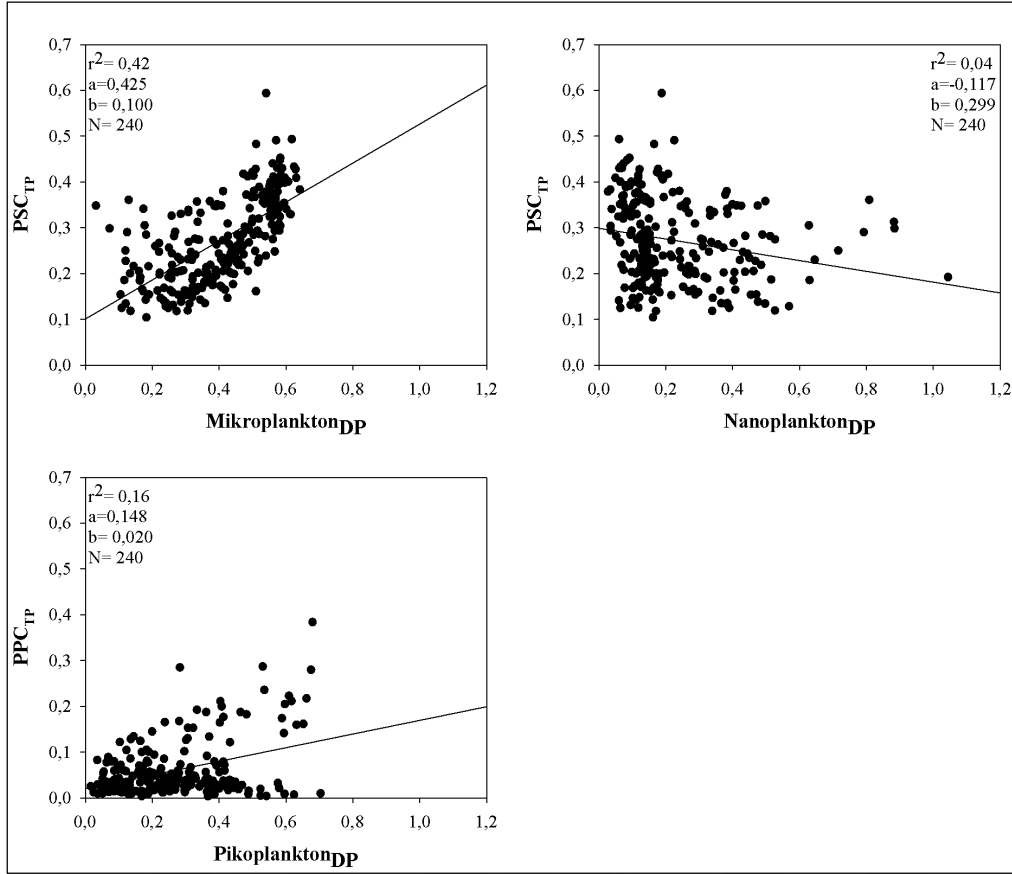
Çalışma bölgesinde PPC'nin toplam pigment içerisindeki payı genellikle düşük olarak tespit edilmiştir. Katkı oranları Kasım 2015, Şubat 2016, Mayıs 2016 ve Ağustos 2016 için sırasıyla %1-7, %2-13, %1-15 ve %1-38 arasında değişim göstermiştir.



Şekil 19. Fotoprotektan pigment toplamı ile klorofil-*a* arasındaki mevsimsel ilişki.

3.6.6. Pigment-Fitoplankton Boy Grupları İlişkisi

Fitoplankton boy gruplarından mikrofitoplankton ve nanofitoplankton ağırlıklı olarak fotosentetik pigmentlerle ve yüksek fotosentez oranlarıyla karakterize olurken, pikofitoplankton ise genellikle fotoprotektan pigmentlerle ve düşük fotosentetik kapasite ile değerlendirilmektedir. Bu durumu daha iyi açıklayabilmek adına mikrofitoplankton ve nanofitoplankton için fotosentetik pigmentlerle, pikofitoplankton için fotoprotektan pigmentlerle olan ilişkisi incelenmiştir (Şekil 20). Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde mikrofitoplankton ile fotosentetik pigmentler pozitif yönde bir ilişki sergilerken nanofitoplankton negatif bir ilişki sergilemiştir. Diğer taraftan düşük fotosentetik kapasiteye sahip olan pikofitoplankton ise fotoprotektan pigmentlerle pozitif bir ilişki sergilemiştir; ancak bu ilişki beklendiği gibi çok kuvvetli çıkmamıştır.



Şekil 20. Fitoplankton boy grupları ile fotosentetik ve fotoprotektan pigment toplamı arasındaki ilişki.

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Güneydoğu Karadeniz’de fitoplankton pigment profili ve pigmente dayalı olarak belirlenen fitoplankton boy gruplarının zamansal ve alansal değişiminin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma Kasım 2015 ve Ağustos 2016 tarihleri arasında mevsimsel olarak yürütülmüştür.

4.1. Pigment

Temel fotosentetik pigment olan klorofil-*a*’nın Karadeniz’in farklı bölgelerindeki dağılımı Tablo 5’te özetlenmiştir. Klorofil-*a*’nın uzun dönemli değişimleri incelendiğinde 1964-1986 yılları için $0,15 \pm 0,04$ µg/L arasında değiştiği bildirilmiştir (Yunev vd., 2002). Karadeniz’in geneli için ortalama klorofil-*a* değerlerinin 0,59-0,69 µg/L arasında değiştiği bildirilmiştir (Kopelevecih vd., 2004). Karadeniz’in Anadolu kıyıları için 1995-1996 yılları için klorofil-*a* konsantrasyonunun 0,1-1,5 µg/L arasında değiştiği rapor edilmiştir (Yılmaz vd., 1998). Eker-Develi vd. (2003) tarafından yürütülen başka bir çalışmada ise Türkiye kıyıları için 1996-1998 döneminde yüzey suyu klorofil-*a* değerlerinin 0,34-0,42 µg/L arasında değiştiği bildirilmiştir. Ediger vd. (2006) Güneybatı Karadeniz için ortalama klorofil-*a* konsantrasyonunun 0,15-1,23 µg/L arasında olduğunu 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) istasyonlar için sırasıyla 1,97 µg/L ve 1,84 µg/L olarak bildirmiştir. Güney Doğu Karadeniz Rize sahillerinde yürütülen başka bir çalışmada ise klorofil-*a* konsantrasyonunu 0,34-2,71 µg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir (Koca, 2014). Türkmen (2016) tarafından Güneydoğu Karadeniz ekosisteminde mevsimsel ölçekte yürütülen çalışmada ise Kasım 2014-Ağustos 2015 dönemi için yüzey suyu ortalama klorofil-*a* konsantrasyonlarının 2, 8 ve 15 mil için sırasıyla 0,37-2,68 µg/L, 0,16-2,04 µg/L ve 0,32-1,79 µg/L arasında değiştiği rapor edilmiştir. Aylık periyotlar halinde yürütülen başka çalışmada ise yüzey suyu klorofil-*a* konsantrasyonları nehir ağzı, kıyı ve açık istasyonlar için sırasıyla 0,51-3,97 µg/L; 0,16-2,47 µg/L ve 0,18-3,04 µg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir (Genç, 2018). Mevcut çalışmada ise yüzey suyu ortalama *in-situ* klorofil-*a* konsantrasyonları 2, 8 ve 15 mil için sırasıyla 2,61 µg/L, 2,56 µg/L ve 2,23 µg/L arasında değişmiştir. Elde edilen bulgular literatür verileriyle

kıyaslandığında özellikle bölgede yapılan çalışmalarla uyumluluk göstermekle beraber değerlerin yüksek olduğu dikkat çekmektedir. 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 olabilmektedir.

Tablo 5. Karadeniz’de yürütülen klorofil-*a* çalışmaları.

Bölge	Dönem	Klorofil- <i>a</i> (µg/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	Kopelevcih 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	
Kuzeybatı Kar.	Mayıs-Haziran 2001	0,03-1,92	Yılmaz vd., 2006
Güneybatı Kar.	Mayıs 2001	0,15-1,23	Ediger vd., 2006
Güneydoğu Kar.	Şubat-Aralık 2009		
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (2 mil), aylık	1,97	Ağırbaş, 2010
Güneydoğu Kar.	Açık (8 mil), aylık	1,84	Ağırbaş, 2010
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (2 mil), aylık	0,6	Kopuz, 2012
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (1 mil), aylık	0,34-2,71	Koca, 2014
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (2 mil), mevsimsel	1,22	Türkmen, 2016
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (8 mil), mevsimsel	0,81	Türkmen, 2016
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (15 mil), mevsimsel	0,76	Türkmen, 2016
Güneydoğu Kar.	Nehir Ağzı (0,5 mil), aylık	0,79-3,11	Genç, 2018
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (5 mil), aylık	0,73-2,78	Genç, 2018
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (20 mil), aylık	0,67-2,29	Genç, 2018
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (2 mil), mevsimsel	2,61	Bu çalışma
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (8 mil), mevsimsel	2,56	Bu çalışma
Güneydoğu Kar.	K1Y1 (15 mil), mevsimsel	2,23	Bu çalışma

Klorofil-*a* haricindeki pigmente dayalı çalışmalar incelendiğinde bu tür çalışmaların geçmişten günümüze giderek arttığını görmekteyiz (Tablo 6). Ediger vd. (2006) tarafından Güneybatı Karadeniz’de tek dönemde yürütülen 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 korelasyon incelenmiştir. 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 bir 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. Genç (2018) tarafından Güney Doğu Karadeniz’de aylık dönemler halinde yürütülen başka bir çalışmada ise fukoksantin, peridinin ve 19-heksanoloksifukoksantin bölgede öne çıkan pigmentler olduğu tespit edilmiştir. Bu pigment konsantrasyonlarının sırasıyla 0,03-2,94 µg/L, 0,11-2,29 µg/L ve 0,03-1,76 µg/L arasında değiştiği rapor edilmiştir. Bu çalışmada ise öne çıkan marker pigmentler fukoksantin (0,05-2,55 µg/L), peridinin (0,06-2,45 µg/L), 19-heksanoloksifukoksantin (0,02-2,10 µg/L), klorofil-*b* (0,02-1,62 µg/L), 19-butanoloksifukoksantin (0,05-1,40 µg/L), zeaksantin (0,01-1,16 µg/L), alloksantin (0,01-0,94 µg/L) ve klorofil-*c*₂ (0,001-0,75 µg/L) pigmentleri olmuştur. Elde edilen bulgular bölgede son dönemde yürütülen çalışmalar (Türkmen, 2016; Genç, 2018) ile benzerlik gösterirken önceki çalışmalardan (Ediger vd., 2006; Ağırbaş, 2010) yüksek olduğu görülmektedir. 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 nispeten durağan karakterdeki istasyonlarda çalışılmıştır.

Tablo 6. Karadeniz’de pigment üzerine yürütülen çalışmalar.

Bölge	Per	Fuk	Hex	Diad	Zea	Chl-b	B-Kar	Referans
Güneybatı Karadeniz.	0,03-0,33	0,02-0,18	0,04-0,19	-	-	-	-	Ediger vd., 2006
Güneydoğu Karadeniz	0,04-0,45	0,06-1,45	0,04-0,43	0,01-1,00	0,01-0,77	0,01-0,77	0,01-0,25	Ağırbaş, 2010
Güneydoğu Karadeniz	0,04-0,78	0,07-0,90	0,03-0,57	0,01-0,61	0,02-0,47	0,02-0,47	0,01-0,21	Koca, 2014
Güneydoğu Karadeniz	0,14-3,48	0,02-2,52	0,02-2,56	-	0,03-0,09	0,03-0,09	-	Türkmen, 2016
Güneydoğu Karadeniz	0,11-2,29	0,03-2,94	0,03-1,76	-	0,01-1,21	0,01-2,13	-	Genç, 2018
Güneydoğu Karadeniz	0,06-2,45	0,05-2,55	0,02-2,10	0,01-0,16	0,01-1,16	0,01-1,16	0,01-0,19	Bu çalışma

4.2. Fitoplankton Boy Grupları

Çalışma bölgesinde pigmente dayalı olarak belirlenen fitoplankton boy grupları ve bunların toplam fitoplanktona yaptıkları katkı alansal ve zamansal olarak önemli değişimler göstermiştir. Bölgede mikrofitoplankton (%5-90) öne çıkarken bunu nanofitoplankton (%3-77) ve pikofitoplankton (%2-60) takip etmiştir.

Gerek Karadeniz’de ve gerekse dünyanın farklı denizlerinde yürütülen çalışmalar incelendiğinde pigmente dayalı olarak belirlenen FBG oranlarının değişiklik gösterdiği görülmektedir (Tablo 7). Türkmen (2016) tarafından Kasım 2014-Ağustos 2015 dönemleri arasında Güneydoğu Karadeniz’de yürütülen çalışmada fotik bölge içerisinde fitoplankton boy gruplarının toplam fitoplanktona yaptığı katkının mikrofitoplankton, nanofitoplankton ve pikofitoplankton için sırasıyla %8-93; %1-92 ve %1-71 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Araştırmacı kış ve ilkbahar döneminde mikrofitoplanktonun baskın olduğunu ve yaz mevsiminde yerini pikofitoplanktona bıraktığını tespit etmiştir. Çalışma bölgesinde en fazla katkı yapan ikinci grubun nanofitoplankton olduğunu ve özellikle klorofil maksimumun olduğu derinliklerde en yüksek katkı oranlarına ulaştığını tespit etmişlerdir (Türkmen, 2016). Pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının değerlendirildiği başka bir çalışmada ise mikrofitoplanktonun (%8-91) çalışma bölgesinde baskın olduğunu ve nano- ve pikofitoplanktonun ise hemen hemen eşit oranlarda (%1-70) katkı yaptığı rapor edilmiştir (Genç, 2018). Genç (2018) mikrofitoplanktonun nehir ağzına yakın istasyonlarda ve açıkta yer alan istasyonlarda

ise yüzey sularında baskın olduğunu, nanofitoplanktonun kıyı ve açık suların yüzey tabakalarında ve nispeten fotik bölgenin alt sınırlarında daha fazla katkı yaptığını ve pikofitoplanktonun ise açık istasyonlarda ve yüzey altı derinliklerde daha yüksek oranlarda temsil edildiğini gözlemlemiştir. Yukarıda bahsedilen çalışmalardan elde edilen bulguların gerek Türkmen (2016) ve gerekse Genç (2018)'in çalışmalarıyla tutarlı olduğu görülmektedir. Tespit edilen bazı farklılıkların bölgesel (kıyı ve açık deniz) ve özellikle örnekleme dönemlerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 7. Pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının belirlendiği çalışmalar.

Bölge	Dönem	Pikofitoplankton (%)	Nanofitoplankton (%)	Mikrofitoplankton (%)	Referans
Hint Okyanusu	Ocak-Şubat 2005	2-20	10-50	50-90	Uitz vd., 2009
Atlantik	1997-2004	7-70	20-60	50-70	Brewin vd., 2010
Güneydoğu Karadeniz	Kasım 2014-Ağustos 2015	1-71	1-92	8-93	Türkmen, 2016
Güneydoğu Karadeniz	Mayıs 2015-Nisan 2016	2-70	1-70	8-91	Genç, 2018
Güneydoğu Karadeniz	Kasım 2015-Ağustos 2016	2-60	3-77	5-90	Bu çalışma

Uitz vd. (2009) Ocak-Şubat 2005 tarihleri arasında Hint Okyanusu'nda yürüttükleri kapsamlı çalışmada pigmente dayalı olarak belirlenen fitoplankton boy grupları içerisinde en fazla katkı mikrofitoplankton (%50-90) tarafında yapılırken bunu nanofitoplankton (%10-50) ve pikofitoplankton (%2-20) takip etmiştir. Araştırmacılar çalışma süresince kıyusal bölgede yıl boyunca yoğun alg patlamalarının olduğunu ve bunun büyük hücreli fitoplankterler tarafından desteklendiğini ancak HNLC (the high-nutrient low-chlorophyll, yüksek nütrient düşük klorofil-a) karakterinde olan açık deniz bölgelerinin ise küçük hücreli fitoplankton tarafından domine edildiğini ve bu bulguların pigmente dayalı olarak elde edilen boy grupları ile tutarlı olduğuna dikkat çekmişlerdir. 1997-2004 yılları arasında Atlantik'te yürütülen başka bir çalışmada ise mikrofitoplankton en baskın grup (%50-70) olarak öne çıkarken bunu pikofitoplankton (%7-70) ve nanofitoplankton (%20-60) takip etmiştir (Brewin vd., 2010).

Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde genel olarak mikrofitoplankton sonbahar ve kış döneminde fotik bölge içerisinde önemli oranda katkı yaparken alışlagelmiş olan yüksek ilkbahar katkı oranlarında düşüş olduğu görülmüştür. Nanofitoplanktonik gruplar ise kış ve ilkbahar döneminde yüzey altı sularda önemli katkılar yapmıştır. Pikofitoplankton katkı oranları %60 seviyesini geçmezken genellikle fotik bölgenin alt sınırında (%1 PAR derinliği) önemli katkılarda bulunmuş ve en yüksek katkıyı yaz döneminde yüzey tabakalarda yapmıştır. Barlow vd. (2002) mikrofitoplankton ve nanofitoplanktonun baskın olduğu ötrofik karakterdeki suların pigment kompozisyonunun üniform olduğunu ve bunların düşey dağılımlarının derinlikle beraber azaldığını rapor etmişlerdir. Saha çalışmaları oligotrofik bölgelerde fitoplankton komünite yapısının pikofitoplankton tarafından domine edildiği ve klorofil maksimuma doğru inildikçe nanofitoplanktonun katkısının arttığını göstermiştir (Gibb vd., 2000; Zubkov vd., 1998; Barlow vd., 2002). Nanofitoplanktonun klorofil maksimum ve altında yüksek oranlarda neden bu denli yüksek olduğunun nedenleri tam olarak ortaya konulamazken, bununla ilgili birkaç teori ortaya atılmıştır. Claustre ve Marty (1995) nanofitoplanktonun nütrikline yakın bölgelerde geliştiğinin ve düşük ışık şartlarının nitrat alımını etkilediğini öne sürmüşlerdir. Diğer taraftan Perez vd. (2006) klorofil maksimumdaki nanofitoplankton baskınlığını nütriklindeki yüksek *in-situ* büyüme oranına, düşük ışık koşullarına karşı geliştirilen fizyolojik adaptasyon, yüksek nütrient konsantrasyonu, fitoplanktonik grupların agregasyon davranışları ve fitoplankton üzerindeki otlama baskısı şeklinde açıklamışlardır.

Kopuz vd. (2012) Güneydoğu Karadeniz kıyıları için *Synechococcus* spp.'nin en yüksek bolluk ve biyokütlesinin yaz döneminde (Haziran 2010) ve %1'lik ışık derinliğinde olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar 20 m'lik üst su kolonunda fitoplankton karbon biyomasının pikoplankton karbon biyokütlesinden 2-3 kat fazla olduğunu ve bu derinliklerden sonra pikoplankton karbon biyokütlesinin (%50-75) baskın duruma geçtiğini tespit etmişlerdir. Diğer taraftan düşük verimlilikle karakterize olan Batum antisiklonunun yüzey sularında ve öfotik bölge içerisinde *Synechococcus* spp.'nin baskın grup olduğu rapor edilmiştir (Uysal, 2001). Aynı araştırmacı başka bir çalışmada ise *Synechococcus* spp. bolluğunun nano- ve mikrofitoplanktonun ilkbahar patlamasından sonra arttığını tespit etmiştir (Uysal (2006). Bu artışın temel nedeninin

besin elementlerinin tüketilmesinden ve %1 ışık derinliğinin daha alt derinliklere inmiş olmasından kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Saha çalışmaları su kolonu içerisindeki tabakalaşmanın ve fotik bölge kalınlığının syanobakterilerin dikey dağılımında etkili olan temel faktörler olduğunun göstermişti (Glover vd., 1986, Miyazono vd., 1992). Fitoplankton boy gruplarında gözlemlenen bu durum yukarıda bahsedilen mekanizmalarla da örtüşmektedir. Benzer şekilde fotik bölgeye yeni nütrient girdisinin olduğu ilkbahar döneminde, termoklin tabakasının kaybolmaya başladığı sonbahar dönemi ve sonraki dönemlerde bölgede mikrofitoplankton önemli oranda katkı yapan grup olurken, bunu nanofitoplankton takip etmiştir.

4.3. Pigment İndeksleri

Fitoplankton toplulukları değişen ortam koşullarına karşı eşsiz bir adaptasyon yeteneğine sahiptir (Gibb vd., 2000; Trees vd., 2000). Değişen çevresel koşullar beraberinde pigment kompozisyonunun da değişmesine yol açmaktadır (Barlow vd., 2004). Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde pigment indeksleri önemli mevsimsel değişim göstermiştir (Tablo 8). Klorofil-*a*'nın toplam pigment havuzu içerisindeki oranı genelde %50 seviyelerinin üzerinde seyretmiştir. En yüksek katkı kış döneminde (%59,90) ve en az katkı sonbahar döneminde (%54,75) gerçekleşmiştir. Trees vd. (2000) klorofil-*a*'nın toplam klorofil-*a* (divinil klorofil-*a*, monovinil klorofil-*a*, klorofillide) içerisindeki oranının genelde % 40-50 arasında değiştiğini ancak toplam pigment havuzu içerisindeki oranının ise çok değişken olduğunu ve bu durumun aksesuar ve/veya karotenoid pigmentlerin fitoplankton boy gruplarının değişen çevresel koşullara karşı geliştirdikleri adaptasyon stratejileri üzerindeki önemini daha da ön plana çıkardığını rapor etmişlerdir.

Tablo 8. Çalışma bölgesinde pigment indekslerinin toplam pigmente yaptıkları mevsimsel ortalama katkı oranları (DP: diyagnostik pigmentler, KP: karotenoid pigmentler, AP: aksesuar pigmentler, PSC: fotosentetik pigmentler, PPC: fotoprotektan pigmentler, TP: toplam pigment).

Pigment İndeksi (%)	Kasım 2015	Şubat 2016	Mayıs 2016	Ağustos 2016
Klorofil- <i>a</i> /TP	54,75	59,90	56,93	57,82
DP/TP	55,49	45,97	41,35	42,87
KP/TP	38,67	27,51	30,88	35,01
AP/TP	45,24	40,09	43,06	42,17
PSC/TP	35,68	22,97	27,01	23,33
PPC/TP	2,98	4,54	3,88	11,68

Barlow vd. (2004) tarafından Atlantik okyanusunda Mayıs-Haziran 1998 döneminde yürütülen çalışmada toplam klorofil-*a* katkısının %40,4 ile %48,9 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Barlow vd. (2004) ile kıyaslandığında bizim bulgularımızın daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu farklılık örnekleme bölgesi, örnekleme zamanı ve örnekleme periyodu gibi faktörlerden kaynaklanabildiği gibi mevcut çalışmada hesaplamalar sadece klorofil-*a* üzerinden yapılmışken Atlantik'te gerçekleştirilen çalışmada ise toplam klorofil-*a* üzerinden yapılmıştır. Bahse konu olan bu durumun da farklılıklara neden olabileceği düşünülmektedir. Diğer taraftan, Batı İngiliz Kanalı'nda mevsimsel olarak yürütülen bir araştırmada ise kış mevsiminde %43 olan toplam klorofil-*a*/TP oranının ilkbahar plankton patlamasıyla birlikte %61 ve sonbaharda ise %65 seviyesine kadar ulaştığı tespit edilmiştir. Çalışma dönemi içerisinde toplam klorofil-*a*/TP oranı PAR değerleri ile doğrusal bir korelasyon göstermiştir. Diğer taraftan termal tabakalaşmanın görüldüğü yaz döneminde toplam klorofil-*a*/TP oranının besin elementlerinin tüketildiği yüzey tabakalarda daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Aiken vd., 2004).

Çalışma bölgesinde klorofil-*a*'dan sonra toplam pigmente en fazla katkı diyagnostik pigmentler tarafından yapılırken, en az katkı fotoprotektan pigmentler tarafından gerçekleştirilmiştir. Fitoplankton boy gruplarının belirlenmesinde kullanılan diyagnostik pigmentler en fazla katkıyı sonbahar (%55,49) ve kış döneminde (%45,97) yapmışken ilkbahar ve yaz dönemlerinde ise katkı oranları aynı oranda gerçekleşmiştir. Bölgede karotenoid pigmentlerin yaptığı katkı %27,51-38,67 arasında değişim

göstermiştir. En yüksek katkı sonbahar ve yaz döneminde gerçekleşmiştir. Aksesuar pigmentlerin katkı oranı nispeten daha yüksek olup oranları %40,09-45,24 arasında değişmiştir. PSC katkı oranları %22,97-35,68 arasında değişirken PPC katkı oranları %2,98-11,68 arasında çok düşük oranlarda gerçekleşmiştir (Tablo 8). Barlow vd. (2004) Atlantik Okyanusu için toplam karotenoid oranının %42,5-54,9 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Aynı araştırma grubu PSC oranının %17-32,1 arasında değiştiğini ve PPC oranının ise %6,7-32,5 olarak tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmadan elde edilen bulgular Barlow vd. (2004) ile kıyaslandığında karotenoid ve PPC oranlarının düşük olduğu ancak PSC oranlarının benzerlik gösterdiği görülmektedir. Gözlemlenen bu farklılığın bölgesel, mevsimsel ve dönemsel farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Margalef (1967) klorofil-*a*'nın diğer pigmentlere oranla daha hızlı sentezlenip parçalanabildiğini ve özellikle çevresel değişimlere karşı daha çabuk tepki verdiğini rapor etmiştir. Diğer taraftan, Schluter vd. (1997) ve Holmboe vd. (1999) karotenoid pigment oranının nütrient bakımından sınırlı olan kültürlerde daha büyük olduğunu (yani düşük klorofil-*a*/TP) tespit etmiştir. Jeffrey ve Hallegraeff (1980) karotenoid/klorofil-*a* oranının canlı hücreler için 2,5 ile 3,0 arasında olduğunu ve daha yaşlı hücreler için bu oranın daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Saha çalışmaları PSC/TP ve PPC/TP oranlarının bölgesel farklılıklar gösterebildiğini ve verimliliğin yüksek olduğu bölgelerde PSC/TP oranının daha baskın olduğunu ancak oligotrofik karakterdeki bölgelerde ise PPC/TP oranlarının daha yüksek olduğunu göstermiştir (Barlow vd., 2004).

Çalışmanın yürütüldüğü dönem içerisinde klorofil-*a* ile pigment indeksleri arasında yapılan regresyon analizleri hangi pigment ve/veya pigment indekslerinin bölge için indikatör olarak değerlendirilebileceği konusunda fikir vermiştir (Tablo 9). Çalışma bölgesinde klorofil-*a* en iyi toplam pigment ile korele olurken en düşük ilişki PPC ile klorofil-*a* arasında tespit edilmiştir. Klorofil-*a* ile pigment indeksleri arasında tespit edilen ilişkiler aynı zamanda bölgede mevsimsel dinamiklerin ne kadar etkili olduğunu da göstermektedir.

Tablo 9. Çalışma bölgesinde klorofil-a ile pigment indeksleri arasındaki mevsimsel ilişki (DP: diyagnostik pigmentler, KP: karotenoid pigmentler, AP: aksesuar pigmentler, PSC: fotosentetik pigmentler, PPC: fotoprotektan pigmentler, TP: toplam pigment).

Regresyon (r^2)	Kasım 2015	Şubat 2016	Mayıs 2016	Ağustos 2016
DP&Klorofil-a	0,82	0,51	0,44	0,57
KP&Klorofil-a	0,81	0,56	0,44	0,54
AP&Klorofil-a	0,83	0,61	0,52	0,60
TP&Klorofil-a	0,95	0,92	0,82	0,89
PSC&Klorofil-a	0,79	0,42	0,37	0,49
PPC&Klorofil-a	0,44	0,60	0,34	0,09

Barlow vd. (2004) toplam klorofil-*c* (TChlc/TP) ve PSC/TP oranının mikroplankton fraksiyonu ile eş zamanlı arttığını rapor etmişlerdir. Bu durumun diatom ve dinoflagellatların ışığı daha etkin kullanabilmesi için hücre içi klorofil-*c* ve fotosentetik karotenoid pigment miktarını artırmalarından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. PSC miktarındaki artışla beraber nanofitoplankton fraksiyonunun artması fotosentetik karotenoidlerin ışık kullanımında nanofitoplanktonik gruplarda önemli bir rol oynadığı, diğer taraftan PPC artışına paralel olarak artan pikofitoplankton fraksiyonu pikofitoplankton popülasyonlarının yüksek oranda fotoprotektan pigment içeriği ile karakterize olduğu rapor edilmiştir. Bu durum pikofitoplankton baskın popülasyonlarda klorofil ve fotosentetik karotenoidlerin %68 oranında azalmasına neden olabilmektedir (Barlow vd., 2004).

Çalışma bölgesinde mikrofıtoplankton fraksiyonu ile PSC pozitif bir ilişki sergilerken beklenenin aksine nanofıtoplankton fraksiyonu ile negatif bir ilişki sergilemiştir. Diğer taraftan pikofıtoplankton ile PPC arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 20). Yanısıra, büyüklük indeksi ile klorofil-a arasındaki ilişki bölgede fıtoplankton boy gruplarının mevsimsel dinamiği hakkında bilgi vermektedir (Şekil 21). Büyük hücreli fıtoplanktonik gruplar (mikrofıtoplankton) yüksek klorofil-*a* içeriği ile sonbahar ve ilkbahar mevsiminde öne çıkan gruplar olurken nanofıtoplankton gibi daha küçük boy grupları kış ve ilkbaharda dikkat çekmektedir. Diğer taraftan düşük klorofil-*a* içeriği ile karakterize olan pikofıtoplankton gibi küçük hücreli fıtoplankterler ise ağırlıklı olarak yaz mevsimiyle karakterize olmuştur. Ancak şu unutulmamalıdır ki

fitoplankton boy gruplarını mevsimsel olarak tamamen birbirinden ayırmak mümkün olamamıştır.

Sonuç olarak bu çalışma Güney Doğu Karadeniz’de fitoplankton pigment kompozisyonunun ve fitoplankton boy gruplarının mevsimsel dinamiklere bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Klorofil-*a* ile yapılan regresyon analizleri toplam pigment içeriğinin bölge özelinde bir gösterge olabileceğini ve bölgede özellikle fotosentetik karotenoid pigmentlerin baskın olduğunu göstermiştir.



5. ÖNERİLER

Karadeniz gibi marjinal denizler yapılarında meydana gelen ekolojik değişimlere karşı daha hassastırlar. Beraberinde antropojenik faaliyetlere bağlı yoğun besin elementi ve kirletici girdisi ile iklim değişikliğine bağlı değişimler bu dengeyi daha hassas hale getirmektedir. Su kolonunda meydana gelen bu ekolojik değişimler fitoplanktonik yapının önemli ölçüde değişmesine yol açabilmektedir. Fitoplankton 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 zamanda tespit edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma ile hızlı ve tekrarlanabilir yöntem olan HPLC ile pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının zamansal ve alansal dağılımı belirlenmiştir.

Mevcut çalışma ile ortaya konulan fitoplankton pigment kompozisyonu ve fitoplankton boy grupları ile klorofil-*a* arasında tespit edilen pozitif ilişkiler aksesuar/karotenoid pigmentlerin bir gösterge olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda bu göstergelerin de değerlendirilmesi bölgeyi karakterize etmek için büyük önem taşımaktadır.

Diğer taraftan uzaktan algılama sayesinde farklı spektruma sahip olan marker pigmentlerin saptanması fitoplanktonik grupların katkısının belirlenmesine, model çalışmalarına ve validasyona katkı sağlayabilir. Özellikle Karadeniz gibi optik özellikleri farklı olan denizler için kendine has algoritmalar üretme zorunluluğu kaçınılmaz bir gerçektir. Çalışmalar uzaktan algılama ile birincil üretimin belirlenmesi için geliştirilen biyo-optik modellerde sadece farklı spektruma sahip fotosentetik pigmentlerin kullanılmasının iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Mevcut çalışmada boy gruplarını belirlemek için fotosentetik pigmentler kullanıldığı için bölge özelinde geliştirilecek olan algoritmalara bir altık oluşturacağına inanılmaktadır. Bundan dolayı balıkçılık açısından son derece önemli olan bu bölge için bu tarz çalışmaların sürekliliği önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- 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., Airs, R.L. and Llewellyn, C.A., 2015.** Temporal changes in total and size-fractioned 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.
- Ağırbaş, E., 2016.** Fitoplankton Pigment Konsantrasyonunun ve Boy Gruplarının HPLC Tekniği ile Belirlenmesi (Güneydoğu Karadeniz, Rize). *Yunus Araştırma Bülteni*, 16, 81-90.
- 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*, 59, 283-299.
- Aiken, J., Fishwick, J., Moore, G., Pemberton, K., 2004.** The annual cycle of phytoplankton photosynthetic quantum efficiency, pigment composition and optical properties in the western English Channel. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84, 301-313.
- 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 II-Topical Studies in Oceanography*, 56 (15), 899-917.
- 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.
- 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.
- Bricaud, A., Claustre, H., Ras, J., Oubelkheir, K., 2004.** Variability of phytoplanktonic absorption in oceanic waters: Influence of the size structure of algal populations. *Journal of Geophysical Research*, 109, C11010.

- 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.
- Brown, C.W., Yoder, J.A., 1994.** Coccolithophorid blooms in the global ocean. *Journal of Geophysical Research*, 99, 7467-7482.
- Burkill, P.H., 1987.** Analytical flow cytometry and its application to marine microbial ecology. In: Sleight, M. A. (Ed.), *Microbes in the Sea*. Ellis Horwood Ltd, Chichester, pp. 139-166.
- Buskey, E. and Hyatt, C.J., 2006.** Use of the FlowCAM for semi-automated recognition and enumeration of red tide cells (*Karenia brevis*) in natural plankton samples. *Harmful Algae*, 5, 685-692.
- Charlson, R.J., Lovelock, J.E., Andreae, M.O., and Warren, S.G., 1987.** Ocean phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate. *Nature*, 326, 655-661.
- Chisholm, S.W., Olson, R.J., Zettle, E.R., Goericke, R., Waterbury, J.B. and Welschmeyer, J.B., 1988.** A Novel Free-Living Prochlorophyte Abundant in the Oceanic Euphotic Zone. *Nature*, 334, 340-343.
- Claustre, H., 1994.** The trophic status of various oceanic provinces as revealed by phytoplankton pigment signatures. *Limnology and Oceanography*, 39 (5), 1206-1210.
- Claustre, H. and Marty, J.C., 1995.** Specific phytoplankton biomasses and their relation to primary production in the tropical North Atlantic. *Deep-Sea Research Part I*, 42, 1475-1493.
- Davey, H.M., Winson, M.K., 2003.** Using flow cytometry to quantify microbial heterogeneity. *Current Issues in Molecular Biology*, 5, 9-15.
- 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-Topical Studies in Oceanography*, 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.
- Falciatore, A., d'Alcalà M.R., Croot, P., and Bowler, C., 2000.** Perception of environmental signals by a marine diatom. *Science*, 288, 2363-2366.
- Falkowski, P.G. and Raven, J.A., 2007.** Aquatic photosynthesis, Princeton University Press, Second edition, 484 s.
- Genç N., 2018.** Güneydogu Karadeniz'de pigmente dayalı fitoplankton boy gruplarının fotik bölge dinamiği, (Yüksek Lisans Tezi) Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü-, Rize, Türkiye, 48 s.
- 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., Kraay, G.W., Nontji, A., Setiapermana, D., Sutomo, 1988.** Monsoonal alternation of a mixed and a layered structure in the phytoplankton of the euphotic zone of the Banda Sea (Indonesia): a mathematical analysis of algal pigment fingerprints. *Netherlands Journal of Sea Research*, 22, 123-137.
- 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.
- Glover, H.E., Campbell, L. and Prezelin, B.B. 1986.** Contribution of *Synechococcus* spp. to sized-fractioned primary productivity in three water masses in the Northwest Atlantic Ocean. *Marine Biology*, 91, 193-203.
- 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. *Limnology and Oceanography*, 30, 412-414.
- Holmboe, N., Jensen, H. S. and Andersen, F.O., 1999.** Nutrient addition bioassays as indicators of nutrient limitation of phytoplankton in a eutrophic estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 186, 95-104.

- 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.
- Jeffrey, S.W., Mantoura, R.C.F. and Wright, S.W., 1997.** *Phytoplankton Pigments in Oceanography, Monographs on Oceanographic Methodology*, UNESCO press, pint in France, 661.
- Jeffrey, S.W., Mantoura, R.F.C, 1997.** Development of pigment methods for oceanography: SCOR-supported working groups and objectives. In: Jeffrey, S. W., Mantoura, R. F. C, Wright, S. W. (Eds.), *Phytoplankton Pigments in Oceanography: GuideUnes to modern methods*. UNESCO Pubhshing, Paris, pp. 38-84.
- Jeffrey, S.W. and Hallegraeff, G.M., 1980.** Studies of phytoplankton species and photosynthetic pigments in a warm core eddy of the East Australian current. II. A note on pigment methodology. *Marine Ecology Progress Series*, 3, 295-301.
- Kana, T.M., Gilbert, P.M., Goericke, R., Welschmeyer, N.A., 1988.** Zeaxanthin and β -carotene in *Synechococcus* WH7803 respond differently to irradiance. *Limnology and Oceanography*, 36, 1623-1627.
- Kirk, J.T.O., 1994.** *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*, Second Edition, Cambridge University Press, 528.
- 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.
- Kopelevcih, O.V., Burenkov, V.I., Ershova, S.V., Sheberstov, S.V. ve 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, U., Feyzioglu, A.M., Agirbas, E., 2012.** Picoplankton Dynamics during Late Spring 2010 in the South-Eastern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 397-405.
- 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.
- Lalli, C. and Parsons, T., 1993.** *Biological Oceanography: An Introduction*; Butterworth-Heinemann, 320 s.

- 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.
- Maranon, E, 2009.** Phytoplankton size structure In- Steele, J H, Turekian, K, Thorpe, S A (Eds), *Encyclopedia of Ocean Sciences Academic Press, Oxford*.
- Millie, D.F., Paerl, H.W., Hurley, J.P. and Kirkpatrick, G.J. 1993.** Algal pigment determinations in aquatic ecosystems: Analytical Evaluations, applications and recommendations. *Current Topics Botinical Research*, 1, 1-13. *Oceanography UNESCO, Paris*, 327-341.
- Millie, D.F., Schofield, O.M., Kirkpatrick, G.J., Johnsen, G., Tester, P.A. and Vinyard, B.T., 1997.** Detection of harmful algal blooms using photopigments and absorption signatures: A case study of the Florida red tide dinoflagellate, *Gymnodinium breve*. *Limnology and Oceanography*, 42 (5), 1240-1251.
- Miyazono, A., Odate, T. and Maita, Y. 1992.** Seasonal fluctuations of cell density of Cyanobacteria and other picophytoplankton in Iwania Bay, Hokkaido, Japan. *Journal of Oceanography*, 48, 257-266.
- Moore, L.R , Goencke, R , Chisholm, S.W., 1995.** Comparative physiology of *Synechococcus* and *Prochlorococcus* Influence of light and temperature on growth, pigments, fluorescence and absorptive properties. *Marine Ecological Progress Series*, 116, 259-275.
- 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. *Archiv fur Hydrobiologie*, 137, 145-160.
- Nair A., Sathyendranath S., Platt T., Morales J., Stuart V., Forge, M.H., Devred E. and Bouman H. 2008.** Remote sensing of phytoplankton functional types. *Remote Sensing of Environment*, 112 (8), 3366-3375.
- Nelson, D.M., Treguer, P., Brzezinski, M.A., Leynaert, A. and Queguiner, B., 1995.** Production and dissolution of biogenic silica in the ocean: Revised global estimates, comparison with regional data and relationships to biogenic sedimentation. *Global Biogeochemical Cycles*, 9, 359-372.

- 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.
- Partensky, F., Hess, W.R., Vaultot, D., 1999.** *Prochlorococcus*, a Marine Photosynthetic Prokaryote of Global Significance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 63 (1), 106-127.
- Perez, V., Fernandez, E., Maranon, E., Moran, X.A.G. and Zubkov, M.V., 2006.** Vertical distribution of phytoplankton biomass, production and growth in the Atlantic subtropical gyres. *Deep Sea Research I*, 53, 1616-1634.
- Porra, R.J., Pfundel, E.E., and Engel, N. 1997.** Metabolism and function of photosynthetic pigments. In: S. W. Jeffrey, R. F. C. Mantoura & S. W. Wright, *Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods*. UNESCO Monograph in Oceanographic Methods. SCOR WH 78. Paris: SCOR-UNESCO Monographs on Oceanographic Methodology.
- Schluter, L., Riemann, B. and Sondergaard, M., 1997.** Nutrient limitation in relation to phytoplankton carotenoid chlorophyll a ratios in freshwater mesocosms. *Journal of Plankton Research*, 19, 891-906.
- Sieracki, C.K, Sieracki, M.E, Yentsch, C.S, 1998.** An imaging-in-flow system for automated analysis of marine microplankton. *Marine Ecological Progress Series*, 168, 285-296.
- Sokal and Rohlf, 1969.** *Biometry* W. A. Freeman and Company. San Francisco, 340 pp.
- Stauber, J.L. and Jeffrey, S.W., 1988.** Photosynthetic Pigments in fifty-one Species of Marine Diatoms. *Journal of Phycology*, 24, 158-172.
- Sze, P, 1993.** *A biology of the Algae*, 2nd edition Wm C Brown Publishers, Iowa.
- 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.
- Trees, C.C., Clark, D.K., Bidigare, R.R., Ondrusek, M.E. and Mueller, J.L., 2000.** Accessory Pigments Versus Chlorophyll-a Concentrations within Euphotic Zone: a Ubiquitous Relationships. *Limnology and Oceanography*, 45, 5, 1130-1143.

- 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*.
- Uitz, J., Claustre, H., Gentih, B., Stramski, D., 2010.** Phytoplankton class-specific primary production in the world's oceans: Seasonal and interannual variability from satellite observations. *Global Biogeochemical Cycles*, 24.
- Utermohl, H., 1958.** Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton: Methodik. *Mitteilung Internationale Vereinigung Theoretische und Angewandte Limnologie* 9, 1-38.
- Uysal, Z. 2001.** Chroococcoid cyanobacteria *Synechococcus* spp. in the Black Sea: pigments, size, distribution, growth and diurnal variability. *Journal of Plankton Research*, 23 (2), 175-189.
- Uysal, Z. 2006.** Vertical distribution of marine cyanobacteria *Synechococcus* spp. in the Black, Marmara, Aegean and eastern Mediterranean Seas. *Deep-Sea Research II*, 53, 1976- 1987.
- van Dijk, M.A., Gregori, G., Hoogveld, H.L., Rijkeboer, M., Denis, M., Malkassian, A., Gons, H.J., 2010.** Optimizing the setup of a flow cytometric cell sorter for efficient quantitative sorting of long filamentous cyanobacteria. *Cytometry*, 77, 911-924.
- Vaulot, D., Courties, C, Partensky, F , 1989.** A simple method to preserve oceanic phytoplankton for flow cytometric analyses *Cytometry* 10, 629-635.
- 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.
- Wright, S.W. and Shearer, J.D., 1984.** Rapid Extraction and High-Performance Liquid Chromatography of Chlorophyll-a and carotenoids from Marine Phytoplankton. *Journal of Chromatography*, 29, 281-294.
- 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.
- 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., 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.
- Zarauz, L., Irigoien, X., and Fernandes, J.A., 2009.** Changes in plankton size structure and composition, during the generation of a phytoplankton bloom in the central Canabrian sea. *Journal of Plankton Research* 2: 193-207
- Zubkov, M.V., Sleight, 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., Sleight, 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.

EKLER

Ek-1. Kasım 2015 döneminde istasyonlara ait pigment konsantrasyonları.

İstasyon	Derinlik (m)	Chl-C3	Chl-C2	Perid	19-But	Fuco	19-Hex	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lut	Chl-b	dVChl-a	Chl-a	B-Car
K2	Yüzey	0,04	0,08	1,42	<0,005	1,05	0,26	0,06	0,05	<0,005	0,03	<0,005	0,01	0,26	0,01	3,55	0,01
	10	0,04	0,10	1,20	<0,005	1,39	0,47	0,07	0,05	<0,005	0,03	<0,005	0,01	0,28	0,01	5,08	0,02
	20	0,02	0,05	1,13	<0,005	0,60	0,18	0,01	0,03	<0,005	0,02	<0,005	0,01	0,25	<0,005	3,12	0,01
	30	0,04	0,07	0,54	<0,005	0,78	0,25	0,02	0,02	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,44	<0,005	3,31	0,02
	40	0,01	0,03	0,40	<0,005	0,44	0,17	0,02	0,02	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,11	<0,005	1,64	0,01
K8	Yüzey	0,02	0,07	1,37	<0,005	0,68	0,12	0,11	0,07	<0,005	0,02	0,14	0,01	0,36	<0,005	4,40	0,02
	10	0,02	0,09	1,57	<0,005	0,81	0,15	0,09	0,06	<0,005	0,02	0,08	0,01	0,34	0,01	4,16	0,02
	20	0,09	0,12	1,84	<0,005	2,37	0,61	0,11	0,06	<0,005	0,01	<0,005	0,01	0,51	<0,005	4,97	0,03
	30	0,04	0,06	0,36	<0,005	0,86	0,26	0,03	0,02	<0,005	0,01	<0,005	0,01	0,05	<0,005	3,11	<0,005
	40	0,03	0,02	0,31	<0,005	0,14	0,02	0,01	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,04	<0,005	0,66	<0,005
P2	Yüzey	0,04	0,13	1,37	0,09	1,67	0,39	0,01	0,06	0,28	<0,005	0,20	0,01	0,27	0,03	5,09	0,02
	10	0,05	0,15	1,22	<0,005	1,82	0,46	0,01	0,03	0,24	<0,005	0,02	0,02	0,32	0,10	5,31	0,03
	20	0,04	0,08	0,89	<0,005	1,10	0,34	0,01	0,02	0,23	<0,005	<0,005	<0,005	0,33	0,05	3,46	0,01
	30	0,03	0,06	0,98	<0,005	0,79	0,24	0,01	0,02	0,14	<0,005	<0,005	<0,005	0,22	0,02	2,58	0,01
	40	0,01	0,03	0,50	<0,005	0,44	0,12	0,01	0,01	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	0,02	0,01	2,01	0,01
P8	Yüzey	0,05	0,12	2,04	<0,005	1,46	1,21	0,02	0,09	0,32	<0,005	0,36	0,02	0,43	0,04	5,15	0,01
	10	0,05	0,11	1,59	<0,005	1,41	0,40	0,01	0,06	0,18	<0,005	0,29	0,04	0,34	<0,005	5,13	0,02
	20	0,06	0,13	1,82	<0,005	1,82	0,49	0,09	0,04	<0,005	<0,005	0,25	0,01	0,87	0,06	5,98	0,02
	30	0,04	0,08	1,67	<0,005	1,43	0,45	0,01	0,03	0,18	<0,005	0,03	0,01	0,26	<0,005	4,47	0,01
	40	0,03	0,02	0,21	<0,005	0,37	0,13	0,02	0,01	0,10	<0,005	0,06	0,01	0,22	0,28	2,84	0,01

Ek-1 (devam)

P15	Yüzey	0,05	0,13	1,41	<0,005	1,52	0,43	0,08	0,05	0,22	<0,005	0,12	0,01	0,16	0,03	4,32	0,01
	10	0,07	0,15	1,51	<0,005	1,84	0,49	0,01	0,04	0,18	<0,005	<0,005	0,02	0,27	0,04	4,66	0,01
	20	0,06	0,14	1,43	<0,005	1,88	0,52	<0,005	0,03	0,20	<0,005	<0,005	0,02	0,42	0,03	5,56	0,01
	30	0,01	0,06	1,13	<0,005	0,99	0,31	<0,005	0,02	0,15	<0,005	0,20	0,01	0,28	0,02	3,26	<0,005
	40	0,01	0,01	0,73	<0,005	0,51	0,16	0,01	0,01	0,08	<0,005	<0,005	0,01	0,08	0,01	1,91	<0,005
Ç2	Yüzey	0,05	0,14	1,14	<0,005	1,71	0,40	0,08	0,04	<0,005	0,03	<0,005	0,02	0,46	0,07	4,19	0,03
	10	0,01	0,17	1,38	<0,005	2,15	0,62	0,08	0,03	<0,005	0,03	<0,005	0,01	0,61	0,03	5,24	0,03
	20	0,13	0,19	1,56	<0,005	1,96	0,70	0,08	0,04	<0,005	0,03	<0,005	0,02	0,63	0,03	5,88	0,03
	30	0,02	0,05	0,73	<0,005	0,33	0,14	0,02	0,01	<0,005	0,02	<0,005	0,02	0,25	<0,005	2,10	0,01
	40	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,16	0,12	0,00	0,01	<0,005	0,01	<0,005	0,01	0,09	<0,005	0,38	0,01
Ç8	Yüzey	0,10	0,19	1,71	<0,005	1,30	0,42	0,14	0,04	<0,005	0,04	0,31	0,03	0,74	<0,005	5,67	0,01
	10	0,30	0,75	1,27	<0,005	1,60	1,12	0,21	0,10	<0,005	0,09	<0,005	0,05	0,30	0,17	5,07	<0,005
	20	0,02	0,05	0,56	<0,005	0,80	0,25	0,02	0,01	0,14	<0,005	<0,005	<0,005	0,22	0,02	2,51	0,01
	30	0,04	0,08	0,60	<0,005	0,71	0,28	0,03	0,02	0,08	<0,005	<0,005	0,02	0,54	0,03	3,94	0,01
	40	0,02	0,04	0,39	<0,005	0,61	0,20	0,02	0,01	0,08	<0,005	<0,005	0,01	0,20	0,02	2,59	0,01
T2	Yüzey	0,09	0,21	2,31	<0,005	1,76	1,22	0,02	0,09	0,41	0,01	<0,005	0,02	0,84	0,03	5,83	0,02
	10	0,14	0,31	2,46	<0,005	1,71	1,21	0,02	0,06	0,24	0,01	<0,005	0,02	0,78	0,12	5,79	0,02
	20	0,06	0,13	2,15	<0,005	2,06	0,51	0,01	0,04	0,15	0,02	<0,005	0,01	0,54	0,09	4,70	0,02
	30	0,01	0,03	0,37	<0,005	0,66	0,18	0,02	0,01	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	0,14	<0,005	2,45	<0,005
	40	<0,005	0,01	0,11	<0,005	0,37	0,10	0,01	0,01	0,04	<0,005	<0,005	<0,005	0,12	<0,005	1,55	<0,005
T8	Yüzey	0,02	0,05	1,79	<0,005	0,86	0,16	<0,005	0,05	0,15	<0,005	0,06	0,01	0,38	<0,005	4,41	<0,005
	10	0,03	0,06	1,27	<0,005	0,80	0,19	0,01	0,04	0,13	<0,005	0,05	0,01	0,33	<0,005	3,82	0,01
	20	0,03	0,09	1,00	<0,005	1,21	0,24	0,01	0,03	0,14	<0,005	0,04	0,01	0,41	<0,005	4,36	<0,005
	30	0,01	0,02	0,16	<0,005	0,41	0,09	0,02	0,01	<0,005	<0,005	0,08	0,01	0,21	<0,005	1,69	<0,005
	40	0,01	0,01	0,20	<0,005	0,38	0,06	0,01	0,01	<0,005	<0,005	0,07	0,01	0,12	<0,005	1,38	<0,005

Ek-1 (devam)

T15	Yüzey	0,01	0,03	1,01	<0,005	0,39	0,48	0,01	0,03	0,05	<0,005	<0,005	0,01	0,18	<0,005	2,35	<0,005
	10	0,02	0,03	0,71	<0,005	0,43	0,08	<0,005	0,03	0,06	<0,005	<0,005	0,01	0,11	0,04	2,19	<0,005
	20	0,03	0,08	0,78	<0,005	1,38	0,32	0,01	0,03	0,04	<0,005	<0,005	0,01	0,27	0,03	4,31	0,01
	30	0,03	0,07	1,12	<0,005	1,05	0,27	0,03	0,02	0,09	<0,005	<0,005	0,01	0,24	0,02	3,19	0,01
	40	0,02	0,02	0,32	<0,005	0,55	0,15	0,02	0,01	0,06	<0,005	<0,005	<0,005	0,08	0,00	2,23	0,01
G2	Yüzey	0,04	0,12	1,89	<0,005	1,01	0,23	0,01	0,04	<0,005	0,03	<0,005	0,02	0,22	0,08	4,05	0,01
	10	0,02	0,07	1,37	<0,005	0,93	0,24	0,01	0,02	<0,005	0,01	<0,005	0,01	0,14	0,14	3,03	0,01
	20	0,05	0,07	0,51	<0,005	0,45	0,25	0,02	0,02	<0,005	0,01	<0,005	0,01	0,10	0,09	1,88	0,01
	30	0,04	0,08	2,01	<0,005	0,94	0,29	0,01	0,02	<0,005	0,02	<0,005	0,01	0,25	0,06	2,88	0,02
	40	0,01	0,01	0,17	<0,005	0,18	0,10	0,01	0,01	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,20	0,01	1,24	<0,005
G8	Yüzey	0,02	0,08	1,86	<0,005	0,74	0,15	0,07	0,07	<0,005	0,04	<0,005	0,03	0,59	0,01	5,36	0,03
	10	0,07	0,15	1,99	<0,005	1,82	0,50	0,08	0,04	<0,005	0,03	<0,005	0,02	0,79	0,02	4,28	0,02
	20	0,04	0,08	1,74	<0,005	1,37	0,42	0,08	0,04	<0,005	0,03	<0,005	0,02	0,59	0,07	5,79	0,02
	30	0,05	0,11	2,42	<0,005	1,83	0,51	0,07	0,04	<0,005	0,02	<0,005	0,01	0,75	0,08	5,21	0,02
	40	0,02	0,07	1,26	<0,005	0,92	0,27	0,03	0,02	<0,005	0,02	<0,005	0,01	0,42	0,03	3,60	0,01

Ek-2. Şubat 2016 döneminde istasyonlara ait pigment konsantrasyonları.

İstasyon	Derinlik (m)	Chl-C3	Chl-C2	Perid	19-But	Fuco	19-Hex	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lut	Chl-b	dVChl-a	Chl-a	B-Car
K2	Yüzey	<0,005	0,02	0,43	<0,005	0,19	0,08	0,02	0,02	0,04	<0,005	<0,005	<0,005	0,59	<0,005	1,94	0,01
	10	<0,005	0,01	0,21	<0,005	0,16	0,10	0,01	0,01	0,08	<0,005	<0,005	0,01	0,41	<0,005	1,34	<0,005
	20	<0,005	0,02	0,11	<0,005	0,13	0,05	0,01	0,01	0,04	<0,005	<0,005	<0,005	0,14	<0,005	0,84	<0,005
	30	<0,005	0,02	0,22	<0,005	0,13	0,07	0,01	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,01	0,31	<0,005	1,57	<0,005
	40	<0,005	0,01	0,00	<0,005	0,22	0,06	<0,005	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,01	0,25	<0,005	1,04	<0,005
K8	Yüzey	<0,005	0,02	0,35	<0,005	0,18	0,04	0,01	0,01	0,07	<0,005	<0,005	0,01	0,38	<0,005	1,40	<0,005
	10	<0,005	0,01	0,50	<0,005	0,30	0,07	0,01	0,01	0,05	<0,005	<0,005	0,01	0,29	<0,005	0,98	<0,005
	20	<0,005	0,01	0,22	<0,005	0,22	0,10	0,01	0,01	0,06	<0,005	<0,005	0,01	0,25	<0,005	1,16	0,01
	30	<0,005	0,02	0,11	<0,005	0,24	0,09	0,01	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,01	0,34	<0,005	1,27	0,01
	40	<0,005	0,01	0,10	<0,005	0,15	0,04	0,01	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,01	0,26	<0,005	0,96	<0,005
P2	Yüzey	<0,005	0,03	1,02	<0,005	0,13	0,05	0,01	0,02	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,31	<0,005	1,59	<0,005
	10	<0,005	0,01	0,85	<0,005	0,17	0,06	0,02	<0,005	0,08	<0,005	<0,005	<0,005	0,36	<0,005	1,37	<0,005
	20	<0,005	0,01	0,28	<0,005	0,16	0,09	0,01	0,01	0,08	<0,005	<0,005	0,01	0,38	<0,005	1,40	<0,005
	30	<0,005	0,01	0,21	<0,005	0,15	0,12	0,01	0,01	0,04	<0,005	<0,005	0,01	0,44	<0,005	1,46	0,01
	40	<0,005	0,01	0,18	<0,005	0,12	0,06	0,01	<0,005	0,10	<0,005	<0,005	0,01	0,25	<0,005	1,01	0,01
P8	Yüzey	<0,005	0,03	0,36	<0,005	0,22	0,09	0,01	0,01	0,11	<0,005	0,08	0,01	<0,005	<0,005	1,87	<0,005
	10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,09	0,06	0,01	<0,005	0,10	<0,005	0,04	0,01	<0,005	<0,005	0,93	0,01
	20	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,21	0,10	0,01	<0,005	0,11	<0,005	0,02	0,01	<0,005	<0,005	1,43	0,01
	30	0,02	0,10	0,28	0,07	0,32	0,20	0,02	0,01	0,22	<0,005	0,19	0,03	<0,005	<0,005	4,40	0,03
	40	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,21	0,11	0,01	0,01	0,10	<0,005	0,10	0,02	<0,005	<0,005	1,79	0,01
P15	Yüzey	<0,005	0,05	0,25	<0,005	0,31	0,15	0,02	0,01	0,12	<0,005	<0,005	0,01	0,82	<0,005	2,59	0,01
	10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,18	0,08	0,01	<0,005	0,05	<0,005	<0,005	0,01	0,22	<0,005	1,16	<0,005
	20	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,13	0,03	0,01	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	<0,005	0,18	<0,005	0,76	<0,005
	30	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,12	0,04	<0,005	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,01	0,19	<0,005	0,92	<0,005
	40	<0,005	0,02	0,08	<0,005	0,14	0,05	0,01	<0,005	0,09	<0,005	<0,005	0,01	0,31	<0,005	1,00	<0,005

Ek-2 (devam)

Ç2	Yüzey	<0,005	0,03	0,25	<0,005	0,50	0,12	0,02	0,03	0,16	<0,005	<0,005	0,01	0,50	0,02	2,11	<0,005
	10	<0,005	0,02	0,49	<0,005	0,37	0,14	0,02	0,02	0,13	<0,005	<0,005	0,01	0,35	0,02	1,95	<0,005
	20	<0,005	0,02	0,18	<0,005	0,24	0,08	0,01	0,01	0,04	<0,005	<0,005	0,01	0,21	0,02	1,13	<0,005
	30	<0,005	0,01	0,51	<0,005	0,18	0,04	0,01	0,01	0,07	<0,005	<0,005	0,01	0,17	0,01	1,14	<0,005
	40	<0,005	<0,005	0,17	<0,005	0,16	0,03	0,01	0,01	0,06	<0,005	<0,005	<0,005	0,15	0,01	0,78	<0,005
Ç8	Yüzey	<0,005	0,08	0,92	<0,005	0,23	0,06	0,02	0,08	0,10	0,01	<0,005	0,01	0,69	0,04	3,35	0,01
	10	<0,005	0,02	0,66	<0,005	0,21	0,03	0,01	0,01	0,08	<0,005	<0,005	0,01	0,46	<0,005	1,84	<0,005
	20	<0,005	0,02	0,55	<0,005	0,16	0,07	0,01	0,01	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	0,17	<0,005	0,94	<0,005
	30	<0,005	0,01	0,30	<0,005	0,15	0,05	<0,005	<0,005	0,05	<0,005	<0,005	0,01	0,31	<0,005	1,58	<0,005
	40	<0,005	0,01	0,46	<0,005	0,28	0,11	0,01	0,00	0,09	<0,005	<0,005	0,01	0,38	<0,005	1,62	<0,005
T2	Yüzey	<0,005	0,03	0,32	<0,005	0,63	0,09	0,02	0,01	0,20	<0,005	<0,005	0,01	0,61	0,03	3,23	0,01
	10	<0,005	0,01	0,25	<0,005	0,26	0,09	0,01	0,01	0,07	<0,005	<0,005	0,01	0,21	0,05	1,25	0,01
	20	<0,005	0,01	0,39	<0,005	0,36	0,11	0,01	0,01	0,06	<0,005	<0,005	0,02	0,43	0,02	2,14	0,01
	30	<0,005	0,02	0,32	<0,005	0,33	0,10	0,01	0,01	0,10	<0,005	<0,005	0,01	0,39	0,05	1,86	0,02
	40	<0,005	0,08	0,33	<0,005	0,39	0,10	0,01	0,01	0,11	<0,005	<0,005	0,01	0,54	0,05	2,39	0,01
T8	Yüzey	<0,005	0,03	0,50	<0,005	0,29	0,13	0,02	0,03	0,15	<0,005	<0,005	0,01	0,65	0,08	2,60	0,01
	10	<0,005	0,02	0,27	<0,005	0,28	0,10	0,01	0,01	0,12	<0,005	<0,005	0,01	0,29	0,07	1,42	0,01
	20	<0,005	0,02	0,35	<0,005	0,21	0,07	0,01	<0,005	0,10	<0,005	<0,005	0,01	0,34	<0,005	1,47	<0,005
	30	<0,005	0,02	0,29	<0,005	0,16	0,09	0,01	0,01	0,05	<0,005	<0,005	0,01	0,29	<0,005	1,49	<0,005
	40	<0,005	0,02	0,20	<0,005	0,19	0,09	0,01	0,01	0,05	<0,005	<0,005	0,01	0,40	<0,005	1,63	<0,005
T15	Yüzey	<0,005	0,01	0,25	<0,005	0,21	0,07	0,02	0,02	0,14	<0,005	<0,005	0,01	0,56	<0,005	2,01	<0,005
	10	<0,005	0,03	0,21	<0,005	0,15	0,06	0,01	0,01	0,10	<0,005	<0,005	0,01	0,29	<0,005	1,39	<0,005
	20	<0,005	0,01	0,24	<0,005	0,17	0,09	0,01	0,01	0,10	<0,005	<0,005	0,01	0,37	<0,005	1,59	<0,005
	30	<0,005	0,03	0,20	<0,005	0,28	0,09	0,01	0,01	0,09	<0,005	<0,005	0,01	0,41	0,02	1,78	0,01
	40	<0,005	0,01	0,18	<0,005	0,18	0,09	0,01	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,00	0,28	<0,005	1,53	<0,005

Ek-2 (devam)

G2	Yüzey	<0,005	0,03	0,92	<0,005	0,89	0,10	0,01	0,03	0,08	<0,005	<0,005	0,01	0,34	0,06	2,04	<0,005
	10	<0,005	0,06	0,99	<0,005	1,14	0,10	0,01	0,03	0,12	<0,005	<0,005	0,01	0,46	<0,005	3,93	0,02
	20	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,45	0,08	0,01	0,02	0,05	<0,005	<0,005	0,01	0,52	<0,005	2,00	<0,005
	30	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,26	0,04	<0,005	0,01	0,04	<0,005	<0,005	0,01	0,13	<0,005	0,82	<0,005
	40	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,23	0,04	0,01	0,01	0,02	<0,005	<0,005	0,01	0,18	<0,005	1,05	<0,005
G8	Yüzey	<0,005	0,01	0,40	<0,005	0,15	0,10	0,01	0,01	0,13	<0,005	<0,005	<0,005	0,39	0,01	1,62	<0,005
	10	<0,005	0,02	0,15	<0,005	0,38	0,08	0,01	0,01	0,07	<0,005	<0,005	<0,005	0,18	0,06	1,15	<0,005
	20	<0,005	0,04	0,46	<0,005	0,29	0,14	0,01	0,01	0,13	<0,005	<0,005	0,01	0,26	0,03	1,60	<0,005
	30	<0,005	0,02	0,37	<0,005	0,13	0,03	0,01	0,01	0,11	<0,005	<0,005	0,01	0,28	0,02	1,46	<0,005
	40	<0,005	0,01	0,44	<0,005	0,10	0,04	<0,005	0,01	0,07	<0,005	<0,005	<0,005	0,20	0,01	1,11	<0,005

Ek-3. Mayıs 2016 döneminde istasyonlara ait pigment konsantrasyonları.

İstasyon	Derinlik (m)	Chl-C3	Chl-C2	Perid	19-But	Fuco	19-Hex	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lut	Chl-b	dVChl-a	Chl-a	B-Car
K2	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	0,07	0,52	0,36	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,71	<0,005	1,60	<0,005
	10	0,06	0,17	<0,005	0,36	1,58	0,47	<0,005	0,04	0,00	<0,005	0,07	<0,005	0,81	<0,005	5,28	<0,005
	20	0,01	0,02	<0,005	0,48	0,36	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,57	<0,005	1,04	<0,005
	30	<0,005	0,04	<0,005	0,58	0,13	0,15	0,01	0,01	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,56	<0,005	3,10	0,02
	40	<0,005	0,01	<0,005	0,31	0,09	0,08	0,01	0,01	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,49	<0,005	2,04	<0,005
K8	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	0,08	0,30	<0,005	0,02	<0,005	0,16	<0,005	<0,005	<0,005	0,39	<0,005	1,28	<0,005
	10	0,02	0,05	<0,005	0,14	0,47	0,06	0,02	<0,005	0,59	<0,005	<0,005	<0,005	0,51	<0,005	2,95	0,02
	20	0,02	0,05	0,37	0,40	0,62	0,10	0,01	<0,005	0,61	<0,005	<0,005	<0,005	0,46	<0,005	3,44	0,02
	30	0,04	0,09	0,93	0,40	0,42	0,07	0,01	<0,005	0,94	<0,005	<0,005	<0,005	0,43	<0,005	4,38	0,04
	40	0,16	0,52	0,23	0,73	1,20	0,61	0,05	0,03	0,92	<0,005	0,18	<0,005	0,52	0,18	4,83	0,07
P2	Yüzey	0,08	0,04	0,06	0,69	1,32	0,18	0,17	0,05	0,53	0,06	0,13	<0,005	0,55	<0,005	2,59	<0,005
	10	0,01	0,04	<0,005	0,25	1,23	<0,005	0,03	0,02	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,37	<0,005	3,42	0,01
	20	0,02	0,06	0,52	0,71	1,26	<0,005	0,02	0,03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,44	<0,005	3,50	0,01
	30	0,03	0,03	0,00	0,56	0,35	<0,005	0,01	0,04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,40	<0,005	3,42	0,01
	40	0,01	0,02	0,21	0,59	0,43	<0,005	0,01	0,01	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	1,06	<0,005	3,52	0,02
P8	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	0,59	0,44	<0,005	0,02	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,35	<0,005	1,45	<0,005
	10	<0,005	0,02	<0,005	0,09	0,53	<0,005	0,02	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,24	<0,005	1,77	<0,005
	20	<0,005	<0,005	<0,005	0,18	0,36	<0,005	0,01	0,04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,43	<0,005	1,69	<0,005
	30	0,04	0,06	0,58	0,83	0,48	0,16	0,02	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,52	<0,005	2,55	0,02
	40	0,03	0,05	0,62	0,77	0,25	0,36	0,01	0,01	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	1,34	<0,005	2,56	0,02
P15	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,27	<0,005	0,02	<0,005	0,09	<0,005	<0,005	<0,005	0,09	<0,005	1,21	0,01
	10	0,02	0,08	0,19	0,28	1,12	0,11	0,03	0,01	0,00	0,09	<0,005	<0,005	0,53	<0,005	2,84	0,01
	20	0,01	0,03	0,57	0,41	0,16	0,09	0,01	<0,005	<0,005	0,09	<0,005	<0,005	0,43	<0,005	2,15	0,02
	30	0,03	0,06	0,65	0,64	0,14	0,43	<0,005	0,01	0,11	0,04	<0,005	<0,005	1,62	<0,005	3,75	0,04
	40	<0,005	0,02	<0,005	0,24	0,13	0,09	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	<0,005	<0,005	0,42	<0,005	1,53	<0,005

Ek-3 (devam)

Ç2	Yüzey	0,02	0,07	<0,005	0,36	2,37	<0,005	0,11	0,01	0,42	0,01	<0,005	<0,005	0,35	<0,005	3,03	<0,005
	10	0,07	0,19	0,69	0,43	2,43	<0,005	0,07	0,01	0,58	<0,005	<0,005	<0,005	0,33	<0,005	3,84	0,02
	20	0,04	0,07	0,24	0,19	1,94	<0,005	0,05	0,01	0,23	<0,005	<0,005	<0,005	0,19	<0,005	2,58	0,02
	30	<0,005	<0,005	<0,005	0,43	0,11	<0,005	<0,005	<0,005	0,28	<0,005	<0,005	<0,005	0,20	<0,005	1,79	<0,005
	40	<0,005	0,01	<0,005	0,10	0,19	<0,005	<0,005	<0,005	0,07	<0,005	<0,005	<0,005	0,26	<0,005	1,18	<0,005
Ç8	Yüzey	0,02	0,08	0,24	0,34	2,03	0,11	0,10	0,03	0,31	0,01	<0,005	<0,005	0,39	<0,005	2,93	0,02
	10	0,13	0,44	2,32	1,29	2,55	<0,005	0,09	0,01	0,64	0,01	<0,005	<0,005	0,83	<0,005	4,19	0,03
	20	0,01	0,03	0,10	0,07	0,68	<0,005	0,01	<0,005	0,26	<0,005	<0,005	<0,005	0,09	<0,005	2,13	0,01
	30	<0,005	0,02	<0,005	0,42	0,12	<0,005	<0,005	0,01	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,76	<0,005	2,92	0,01
	40	<0,005	0,02	<0,005	0,13	0,14	0,10	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,45	<0,005	1,40	<0,005
T2	Yüzey	0,02	0,06	0,82	0,51	0,14	0,37	<0,005	0,06	0,09	0,05	<0,005	<0,005	0,30	<0,005	2,72	0,02
	10	0,02	0,08	0,46	<0,005	0,21	0,49	<0,005	0,01	0,04	0,03	<0,005	<0,005	0,27	<0,005	1,76	0,02
	20	<0,005	0,03	<0,005	0,48	0,07	0,33	<0,005	0,01	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,23	<0,005	1,76	0,01
	30	0,01	0,02	1,85	0,48	0,08	0,12	<0,005	<0,005	0,02	0,02	<0,005	<0,005	0,71	<0,005	1,91	0,01
	40	<0,005	<0,005	<0,005	0,21	0,87	0,09	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,29	<0,005	1,26	<0,005
T8	Yüzey	0,01	0,05	0,91	0,75	0,93	<0,005	0,05	0,02	0,10	0,05	<0,005	<0,005	0,41	<0,005	4,11	0,01
	10	0,05	0,03	0,56	0,51	0,14	0,26	0,05	0,01	<0,005	0,05	<0,005	<0,005	0,23	0,06	2,20	0,02
	20	<0,005	0,02	0,36	0,65	0,46	<0,005	0,01	0,02	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,32	<0,005	2,10	<0,005
	30	0,05	0,11	<0,005	0,36	0,24	<0,005	0,01	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,41	<0,005	1,69	0,02
	40	<0,005	<0,005	<0,005	0,20	0,17	<0,005	<0,005	0,01	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,35	<0,005	1,59	<0,005
T15	Yüzey	<0,005	0,02	<0,005	0,14	0,42	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,17	<0,005	1,67	<0,005
	10	<0,005	0,01	<0,005	0,16	0,24	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,26	<0,005	1,14	<0,005
	20	0,04	0,11	0,22	0,47	0,39	<0,005	0,01	<0,005	0,53	0,01	<0,005	<0,005	0,85	<0,005	4,39	0,01
	30	0,09	0,31	0,25	0,30	0,42	<0,005	0,02	0,06	0,52	0,01	<0,005	<0,005	0,79	0,13	4,41	0,05
	40	<0,005	0,02	<0,005	0,33	0,21	<0,005	<0,005	<0,005	0,06	<0,005	<0,005	<0,005	0,36	<0,005	1,48	<0,005

Ek-3 (devam)

G2	Yüzey	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,16	0,56	<0,005	0,02	0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	1,91	0,01
	10	<0,005	0,04	<0,005	0,19	0,24	0,63	<0,005	0,01	0,04	0,04	<0,005	<0,005	0,13	<0,005	2,12	0,01
	20	0,01	0,03	<0,005	0,36	0,38	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,12	<0,005	2,64	0,01
	30	0,01	0,03	0,29	0,56	0,35	0,09	0,01	<0,005	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,28	<0,005	2,88	0,02
	40	0,02	0,03	<0,005	0,54	0,36	<0,005	0,01	0,01	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	1,17	<0,005	3,65	0,01
G8	Yüzey	<0,005	0,02	<0,005	0,06	0,29	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,28	<0,005	1,36	<0,005
	10	<0,005	0,01	<0,005	0,08	0,27	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,33	<0,005	1,03	<0,005
	20	0,02	0,04	0,93	0,48	0,32	0,12	0,01	<0,005	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,39	<0,005	2,50	0,01
	30	0,01	0,05	0,54	0,82	0,18	0,36	0,01	0,01	0,22	<0,005	<0,005	<0,005	0,83	<0,005	3,70	0,02
	40	<0,005	0,01	<0,005	0,23	0,17	<0,005	<0,005	<0,005	0,06	<0,005	<0,005	<0,005	0,29	<0,005	1,19	<0,005

Ek-4. Ağustos 2016 döneminde istasyonlara ait pigment konsantrasyonları.

İstasyon	Derinlik (m)	Chl-C3	Chl-C2	Perid	19-But	Fuco	19-Hex	Viol	Diad	Allo	Diat	Zea	Lut	Chl-b	dVChl-a	Chl-a	B-Car
K2	Yüzey	<0,005	0,12	<0,005	<0,005	1,02	0,96	<0,005	0,04	0,14	<0,005	0,14	<0,005	0,45	<0,005	2,96	0,01
	10	<0,005	0,11	<0,005	<0,005	0,84	1,84	<0,005	0,06	<0,005	<0,005	0,24	<0,005	1,07	<0,005	3,65	0,02
	20	0,09	0,23	0,77	0,23	1,06	0,54	<0,005	0,08	0,19	0,26	<0,005	0,03	0,25	0,20	3,73	0,13
	30	0,06	0,19	0,36	0,48	0,28	0,25	<0,005	0,08	0,21	0,11	<0,005	0,01	0,99	0,19	3,71	0,07
	40	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,45	0,11	<0,005	<0,005	0,11	<0,005	0,65	<0,005	0,42	<0,005	2,68	0,02
K8	Yüzey	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,14	0,20	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,28	<0,005	0,90	<0,005
	10	<0,005	0,04	<0,005	0,15	0,24	<0,005	<0,005	0,01	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,14	<0,005	1,36	0,01
	20	<0,005	0,03	<0,005	0,35	0,38	<0,005	<0,005	0,02	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,17	<0,005	2,18	0,01
	30	0,03	0,05	<0,005	0,52	0,19	0,61	<0,005	0,01	<0,005	0,04	0,03	<0,005	0,32	<0,005	3,45	0,01
	40	<0,005	0,05	<0,005	0,23	0,14	0,12	<0,005	0,01	<0,005	0,06	<0,005	<0,005	0,60	<0,005	2,90	0,02
P2	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	0,45	1,74	0,15	<0,005	0,03	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,41	<0,005	1,15	<0,005
	10	0,02	0,10	0,41	<0,005	2,31	0,68	0,01	0,07	0,05	0,01	0,16	<0,005	0,50	0,02	4,92	0,02
	20	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,35	0,38	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,18	<0,005	<0,005	<0,005	1,76	<0,005
	30	0,02	0,07	0,40	0,06	0,78	0,63	<0,005	0,01	0,04	<0,005	0,38	<0,005	0,18	<0,005	2,81	0,01
	40	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,23	0,10	<0,005	<0,005	0,10	<0,005	0,39	<0,005	0,39	<0,005	1,91	0,01
P8	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,17	0,06	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,15	<0,005	<0,005	<0,005	0,46	<0,005
	10	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,07	0,13	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,07	<0,005	<0,005	<0,005	0,46	<0,005
	20	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,34	0,51	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,59	<0,005	<0,005	<0,005	1,78	0,01
	30	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,43	0,19	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,88	<0,005	0,30	<0,005	2,42	0,02
	40	0,01	0,04	<0,005	<0,005	0,90	0,07	<0,005	0,01	0,16	<0,005	0,93	0,01	1,58	<0,005	3,14	<0,005
P15	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,48	0,11	0,02	<0,005	0,05	<0,005	0,23	<0,005	0,36	<0,005	2,90	0,01
	10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,13	0,24	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,47	<0,005	<0,005	<0,005	0,84	<0,005
	20	<0,005	0,06	<0,005	0,16	0,79	0,56	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	<0,005	0,07	<0,005	<0,005	3,90	0,02
	30	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,25	0,32	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,07	0,25	<0,005	2,05	0,02
	40	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,60	0,11	0,04	<0,005	0,05	<0,005	<0,005	0,09	1,38	<0,005	3,33	0,01

Ek-4 (devam)

	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,30	0,04	<0,005	0,02	0,06	<0,005	0,32	0,01	<0,005	<0,005	1,21	0,01
Ç2	10	<0,005	0,02	<0,005	0,32	0,14	<0,005	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,22	<0,005	<0,005	<0,005	1,29	<0,005
	20	<0,005	0,01	<0,005	0,61	0,25	<0,005	<0,005	0,02	0,04	<0,005	0,17	<0,005	<0,005	<0,005	1,62	<0,005
	30	0,04	0,07	0,27	<0,005	0,32	0,83	<0,005	0,02	0,05	<0,005	0,24	<0,005	0,24	<0,005	3,47	<0,005
	40	0,04	0,06	<0,005	<0,005	0,47	0,11	<0,005	0,01	0,07	<0,005	0,82	<0,005	0,25	0,11	2,56	<0,005
	Yüzey	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,60	0,14	<0,005	0,04	0,13	<0,005	0,13	<0,005	<0,005	<0,005	1,33	0,01
Ç8	10	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,73	0,31	<0,005	0,04	0,19	0,01	0,21	<0,005	<0,005	<0,005	2,92	0,01
	20	0,02	0,06	<0,005	<0,005	0,16	0,53	<0,005	0,03	0,12	0,02	<0,005	<0,005	0,34	<0,005	3,86	0,01
	30	0,03	0,04	<0,005	0,05	0,82	0,63	<0,005	0,01	0,07	<0,005	0,46	<0,005	<0,005	<0,005	3,36	0,02
	40	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,21	0,15	<0,005	<0,005	0,05	<0,005	0,15	<0,005	<0,005	<0,005	0,71	0,01
	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,16	0,08	<0,005	0,02	0,30	<0,005	0,19	0,02	<0,005	<0,005	1,06	<0,005
T2	10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,18	0,19	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,22	<0,005	<0,005	<0,005	0,91	<0,005
	20	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,14	0,14	<0,005	0,02	0,04	<0,005	0,46	<0,005	0,25	<0,005	0,28	0,01
	30	0,01	0,03	<0,005	0,89	0,17	0,16	<0,005	0,01	0,04	0,04	<0,005	<0,005	0,59	<0,005	2,26	0,01
	40	0,06	<0,005	<0,005	1,41	0,27	0,29	<0,005	0,01	<0,005	0,05	0,12	<0,005	0,75	<0,005	2,46	0,03
	Yüzey	<0,005	0,01	<0,005	0,14	0,08	<0,005	<0,005	0,02	<0,005	0,02	0,25	<0,005	<0,005	<0,005	0,82	0,01
T8	10	<0,005	0,06	<0,005	0,10	0,14	<0,005	<0,005	0,02	<0,005	0,02	0,38	<0,005	<0,005	<0,005	0,76	<0,005
	20	0,01	0,09	0,42	<0,005	0,49	0,45	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	1,16	<0,005	<0,005	<0,005	3,25	<0,005
	30	0,03	0,05	<0,005	<0,005	0,40	0,71	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,97	<0,005	0,18	<0,005	3,00	0,03
	40	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,30	0,23	<0,005	<0,005	0,04	<0,005	0,48	<0,005	0,51	<0,005	2,11	0,01
	Yüzey	<0,005	0,05	<0,005	<0,005	0,34	0,11	<0,005	0,03	<0,005	<0,005	0,23	0,01	<0,005	<0,005	0,88	0,01
T15	10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,13	0,13	<0,005	0,01	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,12	<0,005	0,85	0,01
	20	<0,005	<0,005	<0,005	0,21	0,19	0,30	<0,005	0,01	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,32	<0,005	1,38	0,01
	30	0,02	0,05	<0,005	0,29	0,24	0,08	<0,005	0,01	<0,005	0,08	<0,005	<0,005	0,43	<0,005	3,29	0,03
	40	<0,005	<0,005	<0,005	0,12	0,12	0,04	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,11	<0,005	0,73	0,01
	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,30	0,04	<0,005	0,02	0,06	<0,005	0,32	0,01	<0,005	<0,005	1,21	0,01

Ek-4 (devam)

G2	Yüzey	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,10	0,08	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,10	<0,005	<0,005	<0,005	0,48	<0,005
	10	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	0,07	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,13	<0,005	<0,005	<0,005	0,49	<0,005
	20	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,12	0,15	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,22	<0,005	<0,005	<0,005	0,88	<0,005
	30	0,02	0,05	<0,005	0,11	0,16	0,74	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,33	<0,005	0,13	<0,005	2,62	0,02
	40	0,03	0,03	<0,005	<0,005	0,14	2,10	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,34	<0,005	1,26	<0,005	2,51	0,02
G8	Yüzey	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	0,14	0,10	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,33	<0,005	<0,005	<0,005	0,82	0,01
	10	0,02	0,02	<0,005	0,19	0,15	<0,005	<0,005	0,01	<0,005	0,04	0,35	<0,005	<0,005	<0,005	0,99	<0,005
	20	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,23	0,27	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,42	<0,005	<0,005	<0,005	1,52	0,01
	30	0,01	0,04	<0,005	<0,005	0,85	0,55	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	0,40	<0,005	0,34	<0,005	3,60	0,01
	40	0,02	0,03	<0,005	<0,005	0,71	0,56	<0,005	0,01	<0,005	<0,005	0,69	<0,005	0,25	<0,005	3,05	0,02

ÖZGEÇMİŞ

Merve Nuriye KARADENİZ, 11/09/1992 tarihinde Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini 2006 yılında Trabzon/Ortahisar Boztepe İlköğretim Okulu'nda, Ortaöğremini 2010 yılında Trabzon/Ortahisar 88.Yıl Cumhuriyet Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2010 yılında başladığı ön lisans eğitimini 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maçka Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü, Su Ürünleri Programı'nda, yüksekokul 1.si ve program 1.si olarak tamamladı. 2012 yılında başladığı lisans eğitimini 2015 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü'nde, fakülte 2.si olarak tamamladı. 2016 yılında başladığı Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.