

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MİKROBİYAL DÖNGÜDE PİKOPLANKTON DİNAMİĞİ VE GÜNEYDOĞU  
KARADENİZ PELAJİK BESİN ZİNCİRİNDEKİ ÖNEMİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Su Ürünleri Yük. Müh. Ülgen KOPUZ**

**HAZİRAN 2012  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MİKROBİYAL DÖNGÜDE PİKOPLANKTON DİNAMİĞİ VE GÜNEYDOĞU**

**KARADENİZ PELAJİK BESİN ZİNCİRİNDEKİ ÖNEMİ**

**Su Ürünleri Yük. Müh. Ülgen KOPUZ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"DOKTOR (BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ)"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04.06.2012**

**Tezin Savunma Tarihi : 20.06.2012**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ali Muzaffer FEYZİOĞLU**

**Trabzon 2012**


Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Ana Bilim Dalında  
Ülgen KOPUZ Tarafından Hazırlanan


MİKROBİYAL DÖNGÜDE PİKOPLANKTON DİNAMIĞI VE GÜNEYDOĞU  
KARADENİZ PELAJİK BESİN ZİNCİRİNDEKİ ÖNEMİ


Başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 05/ 06/ 2012 gün ve 1459/3 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda


DOKTORA TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.


Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. H. Baha BÜYÜKİŞİK 

Üye : Prof. Dr. A. Muzaffer FEYZİOĞLU 

Üye : Prof. Dr. Kadir SEYHAN 

Üye : Prof. Dr. Ercan KÖSE 

Üye : Prof. Dr. Muhammet BORAN 

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

Güneydoğu Karadeniz kıyısal ekosisteminde pikoplanktonun vertikal ve zamansal dağılımı, çevre koşulları ile etkileşimi ve besin zincirindeki yerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu 2009.117.001.6 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Bu uzun ve zahmetli süreç esnasında konu seçiminden saha çalışmalarına, her an yanımda olan, kimi zaman beni yüreklendiren, kimi zaman yol gösteren tez danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Ali Muzaffer Feyzioğlu'na, yaptığım işi sonuna kadar inanarak yapmamı sağladığı ve en önemlisi bana akademik kişiliğimi kazandırdığı için minnet borçluyum. Tez izleme jüri üyelerim Prof. Dr. Ercan Köse ve Prof. Dr. Kadir Seyhan'a değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim. Deneysel çalışmalar konusunda değerli bilgilerini esirgemeyen Prof. Dr. H. Baha Büyükişık ve Dr. Ebru Yeşim Özkan'a, pikoplankton sayım ve görüntüleme yöntemleri konusunda yardımlarını aldığım Prof. Dr. Zahit Uysal ve Ayşe Gazihan Akoğlu'na teşekkür ederim. Çalışma süresince benden desteklerini esirgemeyen başta Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul Ağırbaş olmak üzere değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Ahmet Mutlu Gözler ve Yrd. Doç. Dr. Coşkun Erüz'e, Arş. Gör. Serkan Koral, Arş. Gör. Ertuğrul Terzi ve Arş. Gör. Kenan Gedik'e değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Ekip çalışması gerektiren, yorucu saha ve laboratuvar çalışmaları esnasında beni yalnız bırakmayan, en zor anlarda bile enerjimi yeniden kazanmamı sağlayan sevgili lisansüstü öğrencilerimiz Fatma Nur Şensoy ve Görkem Rakıcı, iyi ki vardınız. K.T.Ü. Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi ve Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nin akademik ve idari personeline, R/V DENAR-I personeline yardım ve destekleri için teşekkür ederim.

Kendime inanmamı sağlayan, beni ben yapan değerleri kazandıran ve hiçbir zaman desteğini üzerimden eksik etmeyen sevgili anneme, kendine ayrılması gereken zamandan fedakarlık yapan, kendi küçük yüreği büyük canım oğluma ve ailemin tüm fertlerine gönülden minnet borçluyum.

Ülgen KOPUZ  
Trabzon 2012

## TEZ BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Mikrobiyal Döngüde Pikoplankton Dinamiği ve Güneydoğu Karadeniz Pelajik Besin Zincirindeki Önemi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ali Muzaffer FEYZİOĞLU ‘nun sorumluluğuunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 04/ 06/ 2012

Ülgen KOPUZ

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER DİZİNİ .....	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Mikrobiyal Besin Döngüsü .....	2
1.2.1. Fotosentetik Cyanobakteri <i>Synechococcus</i> spp.....	5
1.2.2. Heterotrofik Bakteri .....	6
1.2.3. Heterotrofik Nanoflagellat .....	7
1.2.4. Nano ve Mikrozooplanktonun Pikoplankton Üzerine Otlama Baskısı .....	8
1.3. Çalışma Önemi ve Önceki Çalışmalar .....	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	16
2.1. Çalışma Sahası .....	17
2.2. Deniz Çalışmaları .....	18
2.3. Laboratuvar Çalışmaları .....	18
2.3.1. Pikoplankton ve Heterotrofik Nanoflagellat Örneklerinin Filtrasyonu ve Muhafazası .....	18
2.3.2. Direkt Sayım ve Hücre Sayılarının Hesaplanması .....	19
2.3.3. Görüntü Analizi ve Hücre Hacimlerinin Hesaplanması.....	20
2.3.4. Besin Elementlerinin Belirlenmesi.....	21
2.3.4.1. Nitrat+Nitrit.....	21
2.3.4.2. Fosfat.....	21
2.3.4.3. Silikat.....	22
2.4. Deneysel Çalışmalar.....	22
2.4.1. Mikrozooplankton Otlama Baskısının Belirlenmesi .....	22
2.4.2. Seyrelme Metodu .....	23
2.4.2.1. Örneklerin Alınması .....	24
2.4.2.2. Deney Düzenegi .....	24

2.5.	İstatistiki Analizler .....	26
3.	BULGULAR .....	27
3.1.	Hidrografi .....	27
3.1.1.	Sıcaklık .....	27
3.1.2.	Çözünmüş Oksijen .....	29
3.1.3.	Tuzluluk .....	34
3.1.4.	Işık .....	37
3.2.	Klorofil-a .....	39
3.3.	Besin Elementleri .....	43
3.3.1.	Nitrat + Nitrit .....	43
3.3.2.	Fosfat .....	46
3.3.3.	Silikat .....	48
3.4.	Pikoplankton Bolluk ve Karbon Biyomasları .....	52
3.4.1.	Cyanobakteri <i>Synechococcus</i> spp. ....	52
3.4.2.	Heterotrofik Bakteri .....	62
3.4.3.	Heterotrofik Nanoflagellat .....	74
3.5.	Pikoplankton-Heterotrofik Nanoflagellat Etkileşimleri .....	84
3.6.	Mikrozooplanktonun Pikoplankton Üzerindeki Otlama Baskısı .....	89
3.6.1.	Ototrofik Pikoplankton ( <i>Synechococcus</i> spp.) Büyüme ve Otlama Hızları .....	89
3.6.2.	Ototrofik Pikoplankton ( <i>Synechococcus</i> spp.) Üzerindeki Otlama Baskısı .....	94
3.6.3.	Heterotrofik Pikoplankton (Heterotrofik Bakteri) Büyüme ve Otlama Hızları .....	95
3.6.4.	Heterotrofik Pikoplankton (Heterotrofik Bakteri) Üzerindeki Otlama Baskısı ..	102
4.	TARTIŞMA .....	104
4.1.	Hidrografi .....	104
4.1.1.	Sıcaklık .....	104
4.1.2.	Çözünmüş Oksijen .....	105
4.1.3.	Tuzluluk .....	107
4.1.4.	Işık .....	108
4.2.	Klorofil-a .....	109
4.3.	Besin Elementleri .....	110
4.3.1.	Nitrat + Nitrit .....	110
4.3.2.	Fosfat .....	112
4.3.3.	Silikat .....	113
4.4.	Ototrofik Bakteri <i>Synechococcus</i> spp. ....	114

4.5.	Heterotrofik Bakteri .....	122
4.6.	Heterotrofik Nanoflagellat .....	127
4.7.	Pikoplankton-Heterotrofik Nanoflagellat Etkileşimleri .....	130
4.8.	Pikoplankton Üzerindeki Otlama Baskısı .....	134
5.	SONUÇLAR .....	141
6.	ÖNERİLER .....	145
7.	KAYNAKLAR.....	146

ÖZGEÇMİŞ



Doktora Tezi

ÖZET

MİKROBİYAL DÖNGÜDE PİKOPLANKTON DİNAMIĞI VE GÜNEYDOĞU KARADENİZ  
PELAJİK BESİN ZİNCİRİNDEKİ ÖNEMİ

Ülgen KOPUZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof.Dr. Ali Muzaffer FEYZİOĞLU  
2012, 170 Sayfa

Mikrobiyal döngü ana katılımcıları olan pikoplankton ve heterotrofik nanoflagellatların güneydoğu Karadeniz'deki yapısının ortaya konması amacıyla, Ekim 2010-Aralık 2011 süresince seçilen 3 istasyonda aylık örneklemelerle 200 m'lik su kolonu içerisindeki vertikal dağılımları, ortam parametreleri ile etkileşimleri ve besinsel ilişkileri, saha, laboratuvar ve mikrokosm deneyleri gerçekleştirilerek çalışılmıştır.

Pikoplanktonun bolluk ve biyomas bakımından baskın katılımcısı yıl boyunca yüzey sularında heterotrofik bakteri olmuştur. En yüksek hücre sayısı Haziran ayında yüzeyde  $5.7 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  olarak belirlenirken, en yüksek karbon biyoması ise 30 m derinlikte  $120 \mu g C l^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Heterotrofik bakteri ortalama hücre hacimleri suboksik-anoksik ara yüzeyinde artış göstermiştir. Ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp. toplam pikoplankton bolluk ve biyomasına en yüksek katılımı yaz aylarında öfotik bölge derinliğinde gerçekleştirmiş ve kıydan açığa gittikçe bu oran artmıştır. En yüksek hücre sayısı  $33.7 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  olurken, en yüksek biyomas değeri  $61.67 \mu g C l^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Bölgede pikoplankton yüzey sularında iki kez bloom gerçekleştirmiştir. Heterotrofik nanoflagellat bloomu da pikoplanktondaki artışı takiben gelişmiş ve hücre sayısı  $5.16 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine ulaşmıştır.

Yapılan otlama denemeleri sonucunda, *Synechococcus* spp. büyüme hızı  $0.03-1.24 \text{ gün}^{-1}$ , otlama hızı ise  $0.3-1.54 \text{ gün}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Heterotrofik bakteri büyüme hızı  $0.13-1.11 \text{ gün}^{-1}$ , otlama hızı ise  $0.3-1.41 \text{ gün}^{-1}$  arasında belirlenmiştir. Bölgede çalışma süresince mikrobiyal döngü klasik besin zincirini büyük ölçüde desteklemiştir. Besin zinciri Aralık, Ocak ve Mart aylarında yukarıdan aşağıya yönetilirken, yılın diğer aylarında kaynak tarafından kontrol edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Pikoplankton, heterotrofik nanoflagellat, otlama, besin zinciri, Karadeniz.

PhD. Thesis

SUMMARY

DYNAMICS OF PICOPLANKTON IN MICROBIAL LOOP AND THEIR IMPORTANCE AT  
PELAJIC FOOD WEB IN THE SOUTH-EASTERN BLACK SEA

Ulgen KOPUZ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Fisheries Technology Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Ali Muzaffer FEYZIOGLU  
2012, 170 Pages

In order to reveal structure of picoplankton and heterotrophic nanoflagellates, which are main contributors to microbial loop in the south-eastern Black Sea during October 2010-December 2011, samplings were carried out monthly intervals in three selected stations throughout the 200 m depths water column. Vertical distribution of picoplankton and heterotrophic nanoflagellates associated with environmental parameters and trophic interactions were studied in the field and laboratory with microcosm experiments.

In terms of biomass and abundance, heterotrophic bacteria were dominant group at the surface waters. While the highest cell number was obtained as  $5.7 \times 10^9$  cell  $l^{-1}$  in June, the highest carbon biomass was detected as  $120 \mu g C l^{-1}$  at 30 m water depths. The mean heterotrophic cell volume exhibited an increase between sub-oxic and anoxic layers. The highest abundance and biomass values of *Synechococcus* spp. occurred during summer period within the photic depth and increased from coastal to offshore. The highest cell number and biomass were obtained as  $33.7 \times 10^7$  cell  $l^{-1}$  and  $61.67 \mu g C l^{-1}$ , respectively. Two blooms of picoplankton were observed at the study area and followed by enhanced heterotrophic nanoflagellates bloom and reached up to  $5.16 \times 10^7$  cell  $l^{-1}$ .

According to grazing experiments, the growth and grazing rate of *Synechococcus* spp. was varied from 0.03 to  $1.24 d^{-1}$  and 0.3 to  $1.54 d^{-1}$ , respectively. On the other hand, the growth and grazing rate of Heterotrophic bacteria were varied from 0.13 to  $1.11 d^{-1}$  and 0.3 to  $1.41 d^{-1}$ , respectively. Throughout the sampling period, microbial loop supported to food chain. While the food chain is controlled through top-down during December, January and March, it is controlled by substrat supply during the rest of the year.

**Key words:** Picoplankton, heterotrophic nanofalgellat, grazing, food chain, Black Sea.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.	Deniz ve okyanuslardaki mikrobiyal döngü ve klasik plankton besin zinciri ile olan ilişkisi .....	3
Şekil 2.	Epifloresan mikroskobunda farklı filtre bloklarında çekilmiş <i>Synechococcus</i> spp.'ye ait görüntüler .....	5
Şekil 3.	Oksik (a), suboksik (b) ve anoksik (c) bölge heterotrofik bakterileri .....	6
Şekil 4.	Heterotrofik nanoflagellat gruplarına ait türler .....	8
Şekil 5.	Çalışma sahası ve örnekleme istasyonları .....	16
Şekil 6.	Karadeniz'de üst tabaka genel dolaşımı (Oğuz vd., 1993) .....	17
Şekil 7.	Seyrelme oranına karşı net büyüme hızı grafiği .....	24
Şekil 8.	Kartuş filtre ile (0,2 µm) deniz suyunun yerçekiminden yararlanılarak sifonla süzülmesi .....	25
Şekil 9.	Seyrelme serilerinde seyrelme oranlarına göre 0,2 µm'den süzülmüş deniz suyu ve doğal deniz suyu miktarları .....	25
Şekil 10.	Deney düzeneği .....	26
Şekil 11.	Yakın kıyı istasyonunda sıcaklığın derinliğe bağlı değişimi .....	27
Şekil 12.	Kıyı istasyonunda sıcaklığın derinliğe bağlı değişimi .....	28
Şekil 13.	Açık istasyonunda sıcaklığın derinliğe bağlı değişimi .....	29
Şekil 14.	Yakın kıyı istasyonunda çözünmüş oksijenin derinliğe değişimi .....	30
Şekil 15.	Kıyı istasyonunda çözünmüş oksijenin derinliğe bağlı değişimi .....	31
Şekil 16.	Kıyı istasyonunda oksik, suboksik ve anoksik tabakanın örnekleme boyunca değişimi .....	32
Şekil 17.	Açık istasyonunda çözünmüş oksijenin derinliğe bağlı değişimi .....	33
Şekil 18.	Açık istasyonunda oksik, suboksik ve anoksik tabakanın örnekleme boyunca değişimi .....	34
Şekil 19.	Yakın kıyı istasyonunda tuzluluğun derinliğe bağlı değişimi .....	35
Şekil 20.	Kıyı istasyonunda tuzluluğun derinliğe bağlı değişimi .....	36
Şekil 21.	Açık istasyonunda tuzluluğun derinliğe bağlı değişimi .....	37
Şekil 22.	Örnekleme istasyonlarında PAR ve klorofil max. derinliğinin zamana bağlı değişimi .....	38
Şekil 23.	Yakın kıyı istasyonunda klorofil-a değerlerinin derinliğe bağlı değişimi .....	40
Şekil 24.	Kıyı istasyonunda klorofil-a değerlerinin derinliğe bağlı değişimi .....	41
Şekil 25.	Açık istasyonunda klorofil-a değerlerinin derinliğe bağlı değişimi .....	42

Şekil 26. Yakın kıyı istasyonunda NO <sub>2+3</sub> konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi.....	44
Şekil 27. Kıyı istasyonunda NO <sub>2+3</sub> konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi.....	44
Şekil 28. Açık istasyonunda NO <sub>2+3</sub> konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi .....	45
Şekil 29. Yakın kıyı istasyonunda PO <sub>4</sub> konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi .....	46
Şekil 30. Kıyı istasyonunda PO <sub>4</sub> konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi .....	47
Şekil 31. Açık istasyonunda PO <sub>4</sub> konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi .....	48
Şekil 32. Yakın kıyı istasyonunda SiO <sub>4</sub> konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi .....	48
Şekil 33. Kıyı istasyonunda SiO <sub>4</sub> konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi.....	49
Şekil 34. Açık istasyonunda SiO <sub>4</sub> konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi .....	50
Şekil 35. Yakın kıyı istasyonunda <i>Synechococcus</i> spp. hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi .....	53
Şekil 36. Yakın kıyı istasyonunda <i>Synechococcus</i> spp. ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi.....	54
Şekil 37. Kıyı istasyonunda <i>Synechococcus</i> spp. hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi.....	56
Şekil 38. Kıyı istasyonunda <i>Synechococcus</i> spp. ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi.....	57
Şekil 39. Açık istasyonunda <i>Synechococcus</i> spp. hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi.....	58
Şekil 40. Açık istasyonunda <i>Synechococcus</i> spp. ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi.....	59
Şekil 41. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi .....	64
Şekil 42. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi.....	65
Şekil 43. Kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi.....	66
Şekil 44. Kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi.....	67
Şekil 45. Açık istasyonunda heterotrofik bakteri hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi.....	69
Şekil 46. Açık istasyonunda heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi.....	70
Şekil 47. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi .....	75
Şekil 48. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi.....	76

Şekil 49. Kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi .....	77
Şekil 50. Kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi.....	78
Şekil 51. Açık istasyonunda heterotrofik nanoflagellat hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi .....	80
Şekil 52. Açık istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi.....	81
Şekil 53. Yakın kıyı istasyonunda PAR derinliğinde (30m) ototrofik ve heterotrofik pikoplanktonun toplam pikoplankton biyomasına katılımı .....	84
Şekil 54. Yakın kıyı istasyonu yüzey sularında pikoplankton ve heterotrofik nanoflagellatların (HNF) örnekleme dönemleri boyunca dağılımı.....	85
Şekil 55. Kıyı istasyonunda ototrofik ve heterotrofik pikoplanktonun PAR derinliğinde (30m) toplam pikoplankton biyomasına katılımı .....	86
Şekil 56. Kıyı istasyonu yüzey sularında pikoplankton ve heterotrofik nanoflagellatların (HNF) örnekleme dönemleri boyunca dağılımı.....	87
Şekil 57. Açık istasyonunda ototrofik ve heterotrofik pikoplanktonun PAR derinliğinde (30m) toplam pikoplankton biyomasına katılımı .....	88
Şekil 58. Açık istasyonu yüzey sularında pikoplankton ve heterotrofik nanoflagellatların (HNF) örnekleme dönemleri boyunca dağılımı.....	89
Şekil 59. Şubat ayında farklı seyrelme denemelerinde <i>Synechococcus</i> spp.'ye ait net büyüme hızının (k) seyrelme oranıyla değişimi.....	90
Şekil 60. Şubat 2011'de <i>Synechococcus</i> spp. maksimum net büyüme hızı (kmax) ve otlanma hızının (g) dağılımı. ....	91
Şekil 61. Şubat 2011'de <i>Synechococcus</i> spp. anlık büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlanma hızının (g) dağılımı. ....	91
Şekil 62. Aralık ayında farklı seyrelme denemelerinde <i>Synechococcus</i> spp.'ye ait net büyüme hızının (k) seyrelme oranıyla değişimi.....	92
Şekil 63. Aralık 2011'de <i>Synechococcus</i> spp. maksimum net büyüme hızı (kmax) ve otlanma hızının (g) dağılımı.....	93
Şekil 64. Aralık 2011'de <i>Synechococcus</i> spp. anlık büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlanma hızının (g) dağılımı .....	93
Şekil 65. Şubat ayında farklı seyrelme denemelerinde heterotrofik bakteriye ait net büyüme hızının (k) seyrelme oranıyla değişimi.....	96
Şekil 66. Şubat 2011'de heterotrofik bakteri maksimum net büyüme hızı (kmax) ve otlanma hızının (g) dağılımı.....	97
Şekil 67. Şubat 2011'de heterotrofik bakteri anlık büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlanma hızının (g) dağılımı .....	97

Şekil 68. Haziran ayında farklı seyrelme denemelerinde heterotrofik bakteriye ait net büyüme hızının (k) seyrelme oranıyla değişimi.....	98
Şekil 69. Haziran 2011’de heterotrofik bakteri maksimum net büyüme hızı ( $k_{max}$ ) ve otlanma hızının (g) dağılımı.....	99
Şekil 70. Haziran 2011’de heterotrofik bakteri anlık büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlanma hızının (g) dağılımı .....	99
Şekil 71. Aralık ayında farklı seyrelme denemelerinde heterotrofik bakteriye ait net büyüme hızının (k) seyrelme oranıyla değişimi.....	100
Şekil 72. Aralık 2011’de heterotrofik bakteri maksimum net büyüme hızı ( $k_{max}$ ) ve otlanma hızının (g) dağılımı.....	101
Şekil 73. Aralık 2011’de heterotrofik bakteri anlık büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlanma hızının (g) dağılımı .....	101
Şekil 74. Örnekleme istasyonlarının yüzey sularında HB:HNF oranlarının dağılımı.....	134

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1. Örnekleme istasyonları ve örnekleme derinlikleri .....	16
Tablo 2. Besin elementleri için örnekleme derinlikleri arasında gerçekleştirilen varyans analiz tablosu .....	51
Tablo 3. Besin elementleri için örnekleme dönemleri arasında gerçekleştirilen varyans analiz tablosu ( $p < 0.05$ ) .....	51
Tablo 4. Besin elementleri için örnekleme istasyonları arasında gerçekleştirilen varyans analizi tablosu ( $p < 0.05$ ) .....	52
Tablo 5. Örnekleme derinliklerinde <i>Synechococcus</i> spp. ortalama hücre hacmi, bolluk ve biyomas değerleri .....	60
Tablo 6. Kıyı istasyonunda <i>Synechococcus</i> spp. ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları .....	61
Tablo 7. Açık istasyonunda <i>Synechococcus</i> spp. ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları .....	62
Tablo 8. Örnekleme derinliklerinde heterotrofik bakterinin ortalama hücre hacmi, bolluk ve biyomas değerleri .....	71
Tablo 9. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları .....	72
Tablo 10. Kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları .....	73
Tablo 11. Açık istasyonunda heterotrofik bakteri ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları .....	73
Tablo 12. Örnekleme derinliklerinde heterotrofik nanoflagellatların yıllık ortalama hücre hacmi, bolluk ve biyomas değerleri .....	82
Tablo 13. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları ..	82
Tablo 14. Kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları .....	83
Tablo 15. Açık istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları ..	83
Tablo 16. Farklı boy gruplarına ait otlayıcıların <i>Synechococcus</i> spp. üzerindeki otlamasına ait sonuçlar .....	94
Tablo 17. Farklı boy gruplarına ait otlayıcıların heterotrofik bakteri üzerindeki otlamasına ait sonuçlar .....	103

## SEMBOLLER DİZİNİ

CTD	İletkenlik, sıcaklık ve derinlik
ÇO	Çözünmüş oksijen
ÇOK	Çözünmüş organik karbon
ÇOM	Çözünmüş organik madde
DNA	Deoksiribonükleikasit
HB	Heterotrofik bakteri
HNF	Heterotrofik nanoflagellat
PAR	Fotosentetik Aktif Radyasyon
POK	Partikül organik karbon
POM	Partikül organik madde
SS	Standart sapma



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1.Giriş

Denizel ekosistemlerde güneş enerjisi kullanılarak gerçekleştirilen fotosentez yoluyla fikse edilen karbon üst besinsel seviyelere iki yoldan aktarılır. İlki mikrofitoplanktonun (20-200 µm) mesozooplankton tarafından tüketildiği, klasik besin zinciri (Riley, 1975), diğeri ise mikrobiyal döngü katılımcıları olan heterotrofik bakteri, cyanobakteri (*Synechococcus* ve *Prochlorococcus*), pikoökaryotlar ve protistleri içeren mikrobiyal besin zinciridir (Azam vd., 1983; Sherr ve Sherr, 1988). Mikrobiyal besin zincirinin temelini 0.2-2 µm boy aralığında yer alan pikoplanktonik organizmalar oluşturur (Sieburth, 1984) ve denizlerde pelajik bölgede yaşayan canlı topluluğunun büyük bir yüzdesini teşkil ederler. Pikoplanktona dahil olan organizmalar denizlerde ve tatlı su göllerinde yaygın olarak bulunurlar. Yüzey sularında cyanobakteriler  $10^7$  l<sup>-1</sup>, heterotrofik bakteriler  $10^9$  l<sup>-1</sup> ve pikoökaryotlar  $10^6$  l<sup>-1</sup> seviyesindedirler (Fogg, 1986, 1987; Nagata 1988; Stockner, 1988; Kudoh vd., 1990; Caron vd., 1991; Campbell ve Vaulot, 1993). Biyomaslarının tüm balık ve memeli canlıların toplam biyomasını büyük ölçüde geçtiği ve besin zinciri için hayati rol oynadıkları ortaya konmuştur (Pomeroy, vd., 2007). Heterotrofik nanoflagellatlar okyanus ve denizlerde pikoplanktonun baskın tüketicisi olarak tanımlanmaktadır (Fenchel, 1982 a,b). Heterotrofik nanoflagellatlar denizel ortamda  $10^6$  l<sup>-1</sup> seviyesinde bulunurlar (Sherr ve Sherr, 1984).

Mikrobiyal döngü katılımcıları okyanus ve denizlerde birincil üretimden sorumlu fitoplanktonla birlikte besin zincirinin temelini oluşturmaktadır. Fitoplankton tarafından fotosentez yoluyla sentezlenen organik karbonun büyük bir kısmı ortama çözünmüş organik karbon (ÇOK) olarak bırakılmaktadır. ÇOK heterotrofik bakteri tarafından kullanılarak partikül organik karbon (POK) şekline dönüştürülmektedir. Dolayısıyla öfotik zon içindeki biyolojik aktivite çok yoğundur. Üretimin çok yüksek olduğu upwelling sahaları gibi alanlarda klasik besin zinciri baskın olurken (Cushing, 1989), oligotrofik okyanuslarda ve kıyısal bölgelerde ise ilkbahar fitoplankton bloomundan sonra mesozooplanktona giden ana besinsel bağlantı mikrobiyal besin zinciri aracılığıyla gerçekleştirilir (Sherr ve Sherr, 1984).

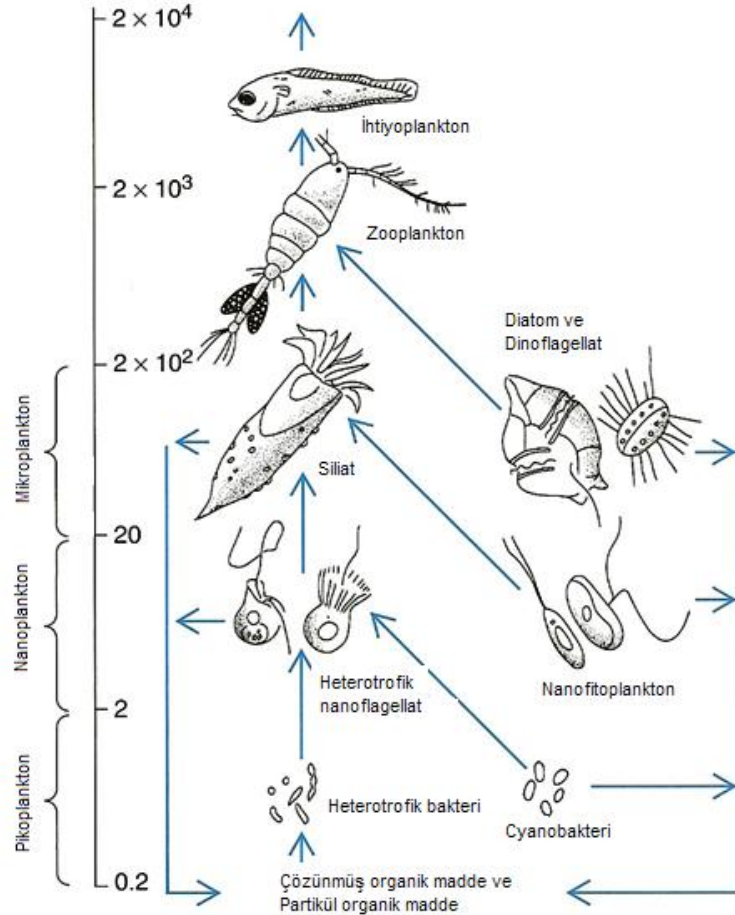
Klasik besin zinciri organik karbonu etkili bir biçimde düşük seviyelerden üst seviyelere taşırken (Cushing, 1989), mikrobiyal besin zincirinin transfer verimliliği ise birçok besinsel basamak olması ve her bir basamakta yüksek metabolik kayıp gerçekleşmesinden ötürü daha düşük olmaktadır (Roman vd.,1995; Rousseau vd., 2000). Bu yüzden herhangi bir denizel sistemdeki biyolojik üretimi anlayabilmek için planktonik besin zincirinin anlaşılması önem arz etmektedir. Besin zincirinde aşağıdan yukarı kontrol, tüketicinin kaynak tarafından sınırlandırıldığı ve dolayısıyla kendi tüketicisinin de sınırlama etkisinde kaldığı gidişattır. Yukarıdan aşağıya kontrolde ise, her tüketici bir alt basamağındaki avını kontrol eder (McQuenn vd., 1989). Ekosistemin gidişatını anlayabilmek için ilk adım besin zincirinin mevcut durumunu anlamak için aşağıdan yukarı mı (Bottom-up), yoksa yukarıdan aşağı mı (Top-down) kontrol edildiğini bilmek ve besin zincirine etki eden faktörleri tanımlamak gereklidir.

## 1.2. Mikrobiyal Besin Döngüsü

Geleneksel denizel besin zinciri görüşüne göre fitoplankton zooplankton tarafından (çoğunlukla kopepodlar), onlarda balıklar tarafından tüketilmektedir. Bununla birlikte 1980'lerde, floresan boyalar kullanılarak epifloresan mikroskobuyla bakterilerin direk sayımı başlamış ve Azam vd. tarafından "mikrobiyal döngü" kavramı ortaya konulmuştur (Azam vd., 1983). Mikrobiyal döngünün ana katılımcıları 0,2- 2 $\mu$  boy grubuna dâhil olan heterotrofik bakteri, iki tip fotosentetik prokaryot *Synechococcus* ve *Prochlorococcus* ve küçük fotosentetik ökaryotlardır (Fenchel, 1988). Heterotrofik bakteri ve fotosentetik Cyanobakteri *Synechococcus* okyanusların üst tabakasının her yerinde bulunur. Pikoplanktonun genellikle baskın kısmını oluşturan heterotrofik bakteri, karbon ve inorganik besin elementi döngüsünün baş katılımcısıdır (Fogg, 1995; Gasol vd., 1997). Fotosentetik prokaryot *Synechococcus* ve *Prochlorococcus* ise birçok bölgede fitoplankton topluluğu içerisinde sayı ve üretime katkı bakımından baskındır (Glover vd.,1986; Chisholm vd., 1988; Weisse, 1993). Genellikle iki grupta en yüksek sayıya yazın ulaşır, sonrasında bunu sonbahar takip eder (Li, 1998).

Fotosentez sonucu gerçekleşen günlük net üretimin yaklaşık % 50'si denizel ortama ÇOM (çözünmüş organik madde) olarak girmektedir. Ortama bırakılan ÇOM'nin %25'lik kısmı ise, mikro ve nanozooplankton tarafından otlama yoluyla tüketilen avın sindirilemeyen kısmının fekal pelet şeklide ortama bırakılması yoluyla karşılanmaktadır.

Geri kalan ÇOM kısmı ise viral lisis tarafından karşılanmaktadır. Öfotik tabakada ototrofik üretimin büyük kısmı, metabolik enerji formunda daha üst tüketicilere aktarılmaktan ya da partikül olarak dibe batmaktan ziyade, mikrobiyal döngü içinde mikroorganizmalar yoluyla okside edilmektedir (Legendre ve Le Fèvre, 1995; Lugioyo vd., 2007). Dolayısıyla piko boy grubuna dahil organizmalar mikrobiyal besin ağının temelini oluştururlar. Ortama birincil üreticiler tarafından bırakılan ve daha büyük boy organizmalar tarafından tüketilemeyen ÇOK heterotrofik bakteriler tarafından etkin biçimde kullanılarak hızlıca POK'a (partikül organik karbon) çevrilir. Pikoplankton nanoplankton tarafından tüketilerek, mikrozooplankton ve mesozoplanktona aktarılır. Böylelikle klasik besin zincirine paralel bir mikrobiyal besin zinciri oluştururlar (Şekil 1).



Şekil 1. Deniz ve okyanuslardaki mikrobiyal döngü ve klasik plankton besin zinciri ile olan ilişkisi (Fenchel, 1988'den değiştirilerek)

Deniz ve tatlı su ortamında özellikle 5 µm'den küçük olan heterotrofik nanoflagellatların (2- 20 µm) heterotrofik bakterilerin baskın otlayıcısı olduğu konusunda ise ortak görüş mevcuttur (Rassoulzadegan ve Sheldon, 1986; Wikner ve Hagström, 1988; Sherr ve Sherr, 2002). Mikrozooplanktona (20- 200 µm) dahil olan dinoflagellatlar ve siliatlar da aktif bakterivorlardır, ayrıca nanoplanktonun da etkili otlayıcılarıdır (Weisse, 1991; Gasol vd., 1995; Weisse, 2002). Bu organizmalar flagellaları ve silleri aracılığıyla su sirkülasyonu sağlayarak, saatte kendi hacimlerinin 100 ila 1000 misli suyu işlemekten geçirerek beslenirler (Munn, 2004). Aynı zamanda rotifer, kopepod ve kladoser gibi mesozooplanktona dahil organizmalar da nanoplankton avcıları olarak tanımlanırlar (Gifford ve Dagg, 1988; Dolan ve Gallegos, 1991; Gasparini ve Castel, 1997; Merrell ve Stoecker, 1998). Ayrıca radiolarian ve foraminifera da bakterivordür, ancak önemleri yeteri kadar bilinmemektedir. Pikoplankton çok küçük boyuta sahip olduğu için mesozooplankton tarafından etkin olarak tüketilememektedir (Vargas ve Gonzalez, 2004; Finlay ve Roff, 2004).

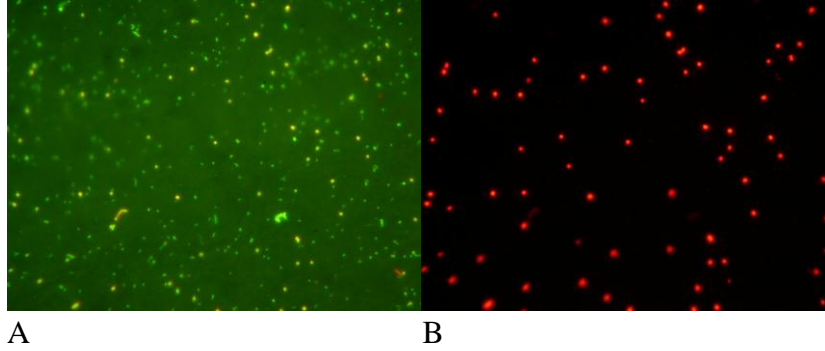
“Mikrobiyal döngü” kommensalizm, rekabet ve predasyon gibi karşılıklı ekolojik ilişkilerin sonucu olan dinamik bir yapıdır (Azam vd., 1983). Fitoplankton tarafından sentezlenen organik madde bakteri için substrat kaynağıdır. Bakteri tarafından gerçekleştirilen remineralizasyon sonucunda da besin elementleri tekrar fitoplanktonun fotosentezde kullanabileceği forma dönüştürülür. Karşılıklı yararın sağlandığı bu ilişki, aynı zamanda beraberinde inorganik besin elementi için rekabeti de getirir. Bakteriler yüksek yüzey alanı/hacim oranları dolayısıyla diffüzyon yoluyla hücre içine madde alımında avantajlı durumdadırlar. Burada devreye nano ve mikrozooplankton otlamasının girmesi, bakteri popülasyonunu kontrol altında tutarak, fitoplanktonun gelişimini destekler.

Bu kavrama göre özellikle oligotrofik bölgelerde ototrofik ve heterotrofik bakteriler mikrobiyal besin ağının temelini oluştururlar ve protistler ana tüketicileridir. Mikrobiyal besin döngüsü daha üst besinsel seviyede yer alan mesozooplankton gibi organizma grupları tarafından kullanılmayan ÇOK'un kullanılabilir hale dönüşmesini sağlayan bir bağlantıdır (Fenchel, 1988). Öfotik bölgede sentezlenen karbonun yanı sıra dış kaynaklı karbonda birçok deniz ve tatlı su ortamlarında ikincil üreticilerin büyümesini desteklemektedir (Tranvik, 1992; Karlsson vd., 2001, 2003; Daniel vd. 2005; Findlay vd., 1991; Zweifel vd., 1995; Rolff ve Elmgren, 2000; Sandberg vd., 2004). Bu tip sistemlerde mikrobiyal besin ağı mesozooplanktona giden önemli bir bağlantıdır. Bununla birlikte

organizmaların brüt büyüme verimliliği ve besinsel basamakların sayısı, üst trofik seviyelerde üretime çevrilecek olan kaynak üretiminin oranını belirler. Dolayısıyla besin ağının ekolojik verimliliğini etkilemektedir. Ayrıca kaynak boyutu ve av ile avcı arasındaki boyut oranı, enerjinin mikrobiyal besin ağı yoluyla mı yoksa klasik besin ağı yoluyla mı alınacağını belirlemektedir (Fenchel, 1988).

### 1.2.1. Fotosentetik Cyanobakteri *Synechococcus* spp.

Fitoplankton temelde büyüklüklerine göre mikrofitoplankton ( $> 20 \mu\text{m}$ ), nanofitoplankton ( $2- 20 \mu\text{m}$ ) ve pikofitoplankton ( $< 2 \mu\text{m}$ ) olarak sınıflandırılır (Sieburth vd., 1978). Bunlardan pikofitoplankton 3 organizma grubu tarafından temsil edilir; *Synechococcus*, *Prochlorococcus* ve pikofitoökaryotlar. *Synechococcus* ilk kez 1979'da tanımlanmıştır (Johnson ve Sieburth, 1979; Waterbury vd., 1979).  $1\mu\text{m}$ 'den küçük boyutlu, tek hücreli, fotosentetik cyanobakteri *Synechococcus* içerdiği fikoeritrin nedeniyle epifloresan mikroskopu aracılığıyla diğer plankton gruplarından kolayca ayırt edilebilmektedir (Şekil 2). *Prochlorococcus* mikroskobik yöntemlerle ayırt edilememekte, flowcytometer kullanımı gerektirmektedir.



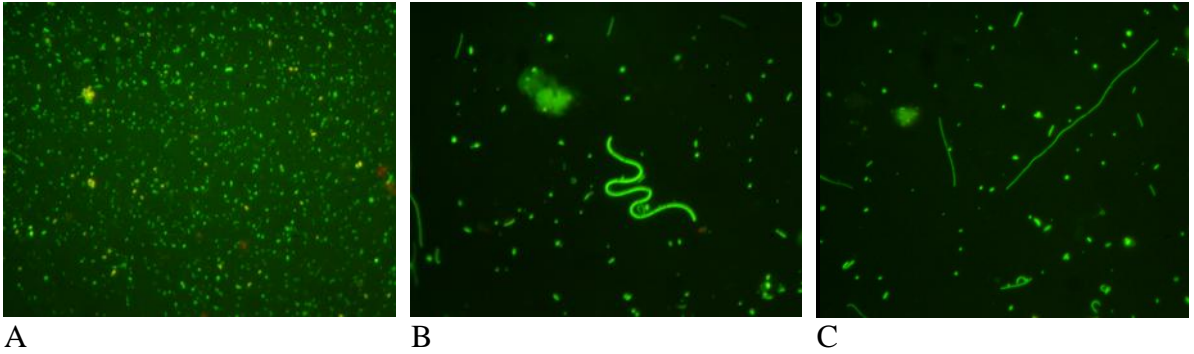
Şekil 2. Epifloresan mikroskopunda farklı filtre bloklarında çekilmiş *Synechococcus* spp.'ye ait görüntüler(A: mavi filtre, B: yeşil filtre).

Cyanobakteri ve proklorofitlerin baskın katılımcısı olduğu fotosentetik pikoplankton okyanus ve göllerde karbon döngüsünde önemli rol oynamaktadır (Waterbury vd., 1979; Johnson ve Sieburth, 1979; Joint vd., 1986; Stockner, 1988; Chisholm vd., 1988; Olson vd., 1990). Kıyısız ekosistemlerde ilkbahar fitoplankton bloomunun ardından hücre sayıları yıl içerisindeki en yüksek değerlere ulaşmaktadır (Larsson ve Hagstrom 1982;

Joint vd., 1986). *Synechococcus* yaygın olarak ılıman ve tropikal okyanusların üst tabakalarında ve kıyusal sularda yüksek konsantrasyonlarda gözlenmektedir (Li,1998). Aksine *Prochlorococcus* ise tabakalı yapı sergileyen tropikal okyanus bölgelerinde dağılım göstermektedir (Campbell vd., 1994; Partensky vd., 1999). *Prochlorococcus* subtropik Kuzey Pasifik girdabı gibi oligotrofik okyanus alanlarında baskındır (Campbell vd., 1994). *Prochlorococcus* kıyusal bölgede yüksek inorganik besin elementi konsantrasyonu ve suyun ışık geçirgenliği dolayısıyla sınırlanmaktadır (Pan vd., 2007). Mesotrofik Kuzey Atlantik ve Arap Denizi'nde ise *Synechococcus* ve pikofitoölkaryotlar daha önemli hale gelir (Li,1994; Campbell vd., 1998; Liu vd., 1998). *Synechococcus* genellikle ılıman ve tropik bölgelerde öfotik tabakada yoğunlaşır, yüzey sularında  $10^6$ -  $10^8$  hücre  $l^{-1}$  seviyesinde bulunmaktadır (Waterbury vd., 1986). *Synechococcus* okyanuslarda birincil üretimin yaklaşık % 80'inden sorumludur ve fikse edilen karbonun % 10- 60'ı tekrar heterotrofik bakteriler tarafından bakteriyel biyomasa çevrilip, üst basamaklara aktarılmaktadır (Ducklow vd., 1986).

### 1.2.2. Heterotrofik Bakteri

Okyanus ve denizlerde virüslerden sonra en bol bulunan organizma grubu heterotrofik bakterilerdir ve çözünmüş organik maddenin asimilasyonunda baskındırlar (Şekil 3). Heterotrofik bakterilerin çoğu pelajik ekosistemde partikül organik madde üretiminin büyük kısmından sorumludur ve pikoplankton içerisinde hem biyomas hem de karbon akışı bakımından baskın olabilmektedir (Hagström vd., 1979; Fuhrman ve Azam, 1980,1982; Jouris vd., 1982; Smith vd., 1984; Williams, 1984; Ducklow, 1986; Fuhrman vd., 1989; Malone ve Ducklow, 1990).



Şekil 3. Oksik (A), suboksik (B) ve anoksik (C) bölge heterotrofik bakterileri

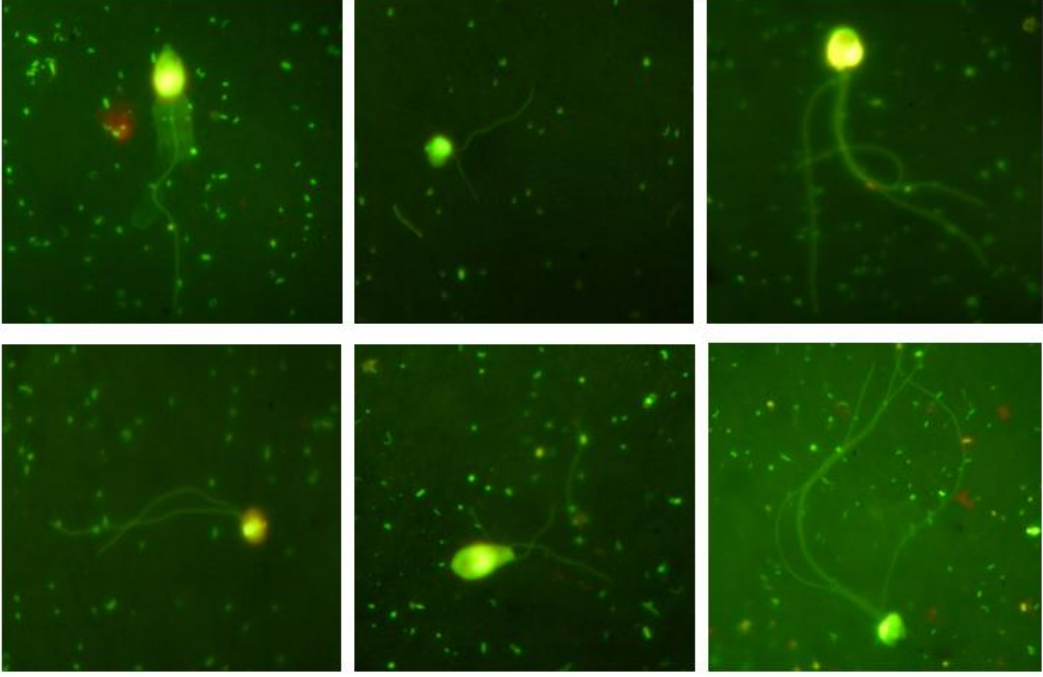
Oligotrofikten aşırı ötrofiğe değişen akuatik ekosistemlerin öfotik bölgesinde heterotrofik bakteriler yoluyla toplam birincil üretimin yaklaşık % 40'ının kullanıldığı ortaya konulmuştur (Cole vd., 1988). Bakteriyel ikincil üretim denizel besin zincirine fagotrofik protozoa ayrıca küçük ölçüde kopepodlar ve mukus yiyiciler tarafından otlama yoluyla girer (Azam vd. 1983). Heterotrofik nanoflagellatlar sucul ekosistemlerde bakteriyel üretimin en yaygın tüketicisidir (Sieburth vd., 1978; Sherr ve Sherr, 1984; Porter vd., 1985; Fenchel, 1987). Ayrıca kladoser, bakterivor siliat ve mikсотrofik dinoflagellatlarında potansiyel tüketime sahip olduklarıyla ilgili çalışmalar mevcuttur (Sherr vd., 1986; Sanders ve Porter, 1988; Bergh vd., 1989; Pace vd., 1990). Ayrıca viral lisis de bakteriyel bolluk üzerindeki kayıplarda etkilidir (Proctor ve Fuhrman, 1990).

Okyanus ve denizlerde heterotrofik bakteriler tarafından gerçekleştirilen ikincil üretim birincil üretime büyük katkı sağlamaktadır (Sherr vd., 1997). Heterotrofik bakteriler üst su kolonunda birincil üretimin yaklaşık % 40'luk kısmını kullanırlar ve ~%50 verimlilikle üst besinsel seviyelere aktarımını sağlarlar (Fenchel, 1982 b). Bu yüzden pikoplankton dinamiği üzerine yapılan araştırmalar, denizel ekosistemi tanımlamak ve besin zincirinin fonksiyonunu anlamak açısından önem taşımaktadır.

### 1.2.3. Heterotrofik Nanoflagellat

Heterotrofik nanoflagellatlar 2- 20 µm boya sahiptirler ve mikrobiyal besin ağında önemli rol oynarlar (Şekil 4). Oligotrofikten ötrofiğe birçok denizel ekosistemde ilk 30 m'lik su kolonu içerisinde  $10^6$  hücre  $l^{-1}$  seviyesinde bulunurlar (Fenchel, 1988; Thronsen, 1997). Birçok akuatik sistemde pikoplanktonik hücrelerinin en etkili tüketicisi olarak bilinirler (Sanders vd., 1992; Pernthaler vd., 1996). Farklı denizel sistemlerde yapılan birçok çalışmada özellikle 5 µm'den küçük nanoflagellatların baskın bakterivorler olduğu ortaya konmuştur (Sieburth, 1984; Calbet vd., 2001; Wikner ve Hagström, 1988). Daha büyük boy protozoan ve metazoanların temel besinlerini oluşturarak, pikoplanktonik karbonu üst besinsel seviyelere iletirler, bu yüzden bakteri biyoması ve üretimini potansiyel olarak kontrol ederler (Cleven, 1996; Jurgens vd., 1994). Heterotrofik nanoflagellatlar genellikle sistemin besinsel durumuna bağlı olarak artış gösterir ve bakteri bolluğuna oranla ortalama 1000 kat daha az bulunurlar (Sanders vd., 1992). Oligotrofik sistemlerde yıl içerisinde bollukları çok fazla değişim göstermemekle birlikte, sistem ötrofiğe doğru gittikçe dalgalanmalarla karakterize olurlar (Fenchel, 1988).

Özellikle siliatlar ve mikсотrofik dinoflagellatlar, heterotrofik nanoflagellatların baş tüketicileridir. Ayrıca denizlerde pelajik tunikatlar (Salpa, Doliolid ve Larvacean) ve sarkodinlerin (Foraminifera, Sarcodina ve Acantharia) bakterivor flagellatların önemli tüketicisi olabilecekleri görüşü de mevcuttur (Sanders, 1992).



Şekil 4. Heterotrofik nanoflagellat gruplarına ait türler

#### 1.2.4. Nano ve Mikrozooplanktonun Pikoplankton Üzerine Otlama Baskısı

Heterotrofik tabanlı bir besin zincirinde çözünmüş organik karbonun bakteriler, nanoflagellatlar ve siliatlar yoluyla üst trofik seviyelere aktarıldığı ortaya konulmuş ve gerçekleşen bu süreç “mikrobiyal döngü” olarak adlandırılmıştır (Azam vd., 1983). Bunu takip eden yıllarda planktonik bakteri üzerindeki protist otlamasının hesaplanması için farklı metotlar geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda bu sürecin esas olarak başta 2- 5  $\mu\text{m}$  boya sahip heterotrofik flagellatlar olmak üzere nanoplanktonik hücreler tarafından yürütüldüğü ve bakteriyel üretim ile bakteriyel otlama kayıpları arasında kabaca bir denge olduğu ortak görüşüne varılmıştır (McManus ve Fuhrman, 1988). Birçok deniz sisteminde birincil üretim büyük ölçüde pikoplanktonik hücre (cyanobakteri ve pikoökaryotlar) temellidir ve fagotrofik protistler ana herbivorlardır. Bu besinsel ilişki karmaşık bir mikrobiyal besin zincirinde gerçekleşir (Sherr ve Sherr, 1984). Ayrıca



bakteriyofajda bakteri üretimi üzerinde en az protist otlaması kadar önemli diğer bir biyotik faktördür (Jürgens ve Massana, 2008). Bunların yanı sıra özellikle haliç ve kıyısularda siliatların, hatta Appendicularian (Örn: Oikopleura) gibi bazı metazoanların baskın bakterivorler olduğu durumlarda söz konusudur (Deibel ve Lee, 1992). Heterotrofik bakteri biyoması, protistler tarafından otlama yoluyla, hemen hemen aynı seviyede tutulur ki, bu denizel besin zinciri için kritik bir durumdur. Bakterivorler sahip oldukları mekanizma sayesinde çok küçük bakterilerin içerdiği besin elementlerini, büyük boy planktonik organizmaların kullanabileceği duruma getirir. Bakteri üretimi üzerinde kontrol sağlayarak heterotrofik döngüde, cyanobakteri üzerindeki otlama baskısıyla ile de direkt olarak birincil üretimin kontrolünde etkin rol oynarlar.

Bakteriyel bolluk ve biyomasın substrat miktarı ve nütrientler tarafından mı (aşağıdan yukarı) yoksa predasyon tarafından mı (yukarıdan aşağı) kontrol edildiği, bu modların nasıl bir etkileşimle kontrol ettiği (Thingstad, 2000) ve zaman içindeki değişimi konusunda (Psenner ve Sommaruga, 1992) devam eden tartışmalar mevcuttur. Oligotrofik okyanus alanları düşük besin elementi konsantrasyonu ile karakterize edilmektedir. Bu bölgelerde bakteriyel büyüme substrat kaynağı tarafından sınırlanır. Aynı şekilde oligotrofik bölgelerde plankton biyoması ve üretimi de substrat tarafından sınırlanırken, ötrofik bölgelerde ise predasyonun etkili faktör olduğu görüşü ileri sürülmüştür (Sanders vd., 1992; Morita 1997; Choi vd. 2001).

Geniş akuatik sistemlerde değerler kararlı hal durumu olarak adlandırılan 1:1 hattı etrafında kümelenmektedir. 1:1 kararlı hal hattında bakteriyel üretimin tamamı bakterivorler tarafından tüketilmektedir. Ancak küçük ekosistemlerde kararlı hal hattından önemli sapmalar vardır (Sanders vd., 1992). Bakteri bolluğu açısından çok büyük değişimlerin görülmediği ekosistemlerde heterotrofik nanoflagellat ve bakteri arasında güçlü bir ilişki vardır. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda hem aşırı oligotrofik hem de aşırı ötrofik sistemlerde 1:1 hattından sapma eğilimi açıkça ortaya konmuştur. Oligotrofik sistemlerde genellikle otlama hızı bakteriyel üretim hızından yüksektir (Gasol vd., 2002). Aşırı ötrofik sistemlerde ise otlama hızı bakteriyel üretim hızından düşüktür. Bu tip sistemlerde ise viral lisis önemli hale gelir. Kimi kıyısul sistemlerde viral lisis bakteri ölümlerinden en az protist otlaması kadar sorumluyken (Fuhrman ve Noble, 1995), açık deniz oligotrofik sistemlerinde ise daha az öneme sahiptir (Guixa-Boixareu vd.,1999). Yine de sistemlerin karşılaştırmalı analizi yapıldığında genellikle bakterivorlük planktonik bakteri kayıplarına neden olan baskın faktördür (Pedrós-Alió vd., 2000).

### 1.3. Çalışmanın Önemi ve Önceki Çalışmalar

Ototrofik ve heterotrofik bakterilerin denizel plankton içindeki yeri 1970'lere kadar tartışmalıydı ve yöntemlerin yetersizliği dolayısıyla bakteri bolluğu ve aktivitesi bilinmiyordu. 1970'lerin sonlarında epifloresan mikroskobu ve floresan özelliğe sahip DNA boyaları gibi yeni yöntemler sayesinde, sucul ortamlarda pikoplanktonların daha önce tanımlanan sayılarından çok daha bol oldukları, okyanus ve denizlerde toplam biyokütle ve üretime önemli katkıları olduğu ortaya konmuştur. Pomeroy tarafından 1974 yılında yapılan çalışmada heterotrofik bakteri ve fagotrofik protistlerin pelajik besin zincirindeki önemleri üzerine dikkat çekilmiştir (Pomeroy, 1974). 1980'lerin başında ise Azam vd. (1983) tarafından tanımlanan "mikrobiyal döngü" kavramı ile de besin zincirindeki yerleri tam anlamıyla anlaşılmıştır.

Pikoplanktonun baskın olması ortamda enerji transferinin büyük oranda mikrobiyal döngü tarafından yürütüldüğünü gösterir. Pikoplanktonun mevcut plankton komünitelerinde baskın olduğu geniş okyanus bölgelerinde üretime katkısı ve önemi büyük ölçüde ortaya konulmuştur (Li vd., 1983, Zubkov vd., 1998, 2000 b; Fernández vd., 2003). Yıllık ölçekte yapılan çalışmalarda Atlantik Okyanusu'nda (Sargosso Denizi; DuRand vd., 2001) ve Pasifik Okyanusu'nda birçok bölgede (subtropikal; Campbell vd., 1997; Batı SubArktik; Liu vd., 2002; Kaliforniya kıyısı suları; Worden vd., 2004) pikoplanktonun baskın olduğu bulunmuştur. Weisse (1989) Kızıl Deniz'de yaptığı çalışmada mikrobiyal döngü dinamiğini ortaya koymuştur. Hagström vd. (1988) oligotrofik Akdeniz'de mikrobiyal döngü katılımcılarının dinamiğini ve karşılıklı etkileşimlerini bildirmiştir. Baltık Denizi'nde Jochem vd. (1988) picocyanobakterinin dağılımını kıyı sularından bildirirken, Kuosa ve Kivi (1989) Kuzey Baltık Denizi'nde bakteri ve flagellatların pelajik karbon döngüsündeki yerini ve Kuoso (1991) yine aynı bölgede pikoplanktonun mevsimsel dinamiğini ve flagellat otlamasını rapor etmiştir. Malone vd. 1991 yılında mesohalin karaktere sahip Chesapeake körfezinde ototrofik ve heterotrofik pikoplanktonun mevsimler ve yıllar arası değişimlerini rapor etmişlerdir. Agawin vd. (1998) tarafından Akdeniz'de yürütülen çalışmada *Synechococcus* spp.'nin mevsimsel bolluğu ve büyüme hızı rapor edilmiştir. Duclow vd. (2001) 1994- 1997 yılları arasında Ross denizi'nde (Antartika) bakteriyoplankton dinamiğini ortaya koymuştur. Akdeniz'de yapılan bir çalışmada fototrofik pikoplanktonun bolluk ve biyomasının yanısıra birincil üretime katkısı da ortaya konmuştur (Magazzu ve Decembrini, 1995). Batı

Pasifik kıyılarında Chang vd. (1996) tarafından yapılan çalışmada *Synechococcus* spp. bolluğu bildirilerek, ortam fiziko-kimyasal parametreleriyle ilişkisi tartışılmıştır. Akdeniz’de Agawin vd. (1998) *Synechococcus* spp. bolluğunu ve büyümesini ortaya koymuştur. Caron vd. (1999) Sargossa Denizi yüzey sularında pikoplankton ve nanoplankton arasındaki besinsel birlikteliği rapor etmişlerdir. Choi vd. (2001) Karayip Denizi’nde kısa süreli bakteriyoplankton dinamiğini bildirmişlerdir. Tanaka vd. (2005) kuzeybatı Akdeniz’de yaptıkları çalışmada bakteri, protozoa ve zooplankton arasındaki besin ağını inceleyerek, aralarındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır. Calvo-Díaz ve Morán (2006) Biscay körfezi kıyısall sularında mevsimsel pikoplankton dinamiğini rapor etmişlerdir. Grob vd. (2007) Pasifik okyanusu hiper-oligotrofik merkez döngüsünde ve ötrofik kıyılarında karşılaştırmalı olarak pikoplankton dinamiğini ve toplam partikül organik karbona katkısını ortaya koymuşlardır. Tanaka (2009) kuzeybatı Akdeniz mesopelajik bölgesinde mikrobiyal döngü katılımcılarının fonksiyonunu ve yapısını rapor etmiştir. Lin vd. (2009) Tayvan kıyısall sularında *Synechococcus* spp. ve HNF etkileşimlerini ortaya koymuştur.

Heterotrofik nanoflagellatların, birçok akuatik sistemde pikoplanktonik hücrelerin etkili tüketicisi olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Sanders vd., 1992; Pernthaler vd., 1996). Fenchel (1982b) Kuzey Denizi’nde mevsimsel HNF (heterotrofik nanoflagellat) dinamiğini rapor etmiştir. Fukami vd. (1996) Japonya kıyısında ötrofik bir bölgede HNF bolluğunun mevsimsel ve dikey dağılımını bildirmiştir. Karayanni vd. (2005) Kuzey Atlantik Okyanusu’nda heterotrofik nanoflagellat ve siliatların mevsimsel dinamiğini ortaya koymuş, aynı zamanda *Synechococcus* spp. kayıpları üzerindeki etkilerini de değerlendirmişlerdir. Baltık Denizi’nin Polonya kıyılarında Rychert (2006) tarafından yapılan çalışmada farklı beslenme şekillerine sahip nanoflagellatlar rapor edilmiştir.

1980’li yıllarda mikrobiyal döngü kavramının ortaya konulmasından sonra piko ve nanoplanktonik grupların besin döngülerindeki yeri daha anlaşılır hale gelmiştir. Bu grupların dinamiklerinin belirlenmesinin yanı sıra, enerji akışındaki önemleri de ortaya konulmaya başlanmış, bu amaçla özellikle nano ve mikrozooplanktonun pikoplankton üzerindeki otlama baskılarının belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Bakteri populasyonlarının yapısı, dinamiği ve yoğunluğu üzerinde otlama baskısının etkileri çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Campbell ve Carpenter (1986) Kuzey Atlantik Okyanusu’nda heterotrofik nanoplanktonun *Synechococcus* spp. üzerindeki

otlama baskısını seyrelme metodu ve metabolik inhibitör metodu kullanarak belirlemişlerdir. Caron vd. (1991) Atlantik Okyanus'unun batı kıyılarında metabolik inhibitör kullanarak yaptıkları çalışmada *Synechococcus* spp. ve heterotrofik bakterinin protozoa tarafından kullanımını ve otlanmalarını rapor etmişlerdir. Adriyatik kıyılarında yaptıkları çalışmada Šolić ve Krstulović (1994) heterotrofik nanoflagellatların bakteri stoklarını kontrol etmedeki rollerini ortaya koymuşlardır. Liu vd. (1998) metabolik inhibitör yöntemi kullanarak ototrofik pikoplankton büyüme ve otlama hızlarını hesaplamışlardır. Vazquez-Dominguez vd. (1998) floresan işaretli bakteri kullanarak pikoplankton kayıplarında otlamanın etkisini rapor etmiştir. Jürgens vd. (1994) Atlantik Okyanusu'nda yürüttükleri çalışmada bakteri biyomasi ve üretimindeki artışa bağlı olarak bakterivor davranışını ve bakterivorlerin bakteri boyutunun dağılımı üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Sargosso Denizi'nde yapılan başka bir çalışmada Sanders vd. (2000) pikoplankton üzerindeki heterotrofik ve miksotrofik nanoplankton predasyonunu tespit edilmiştir. Choi vd. (2001) Karayip Denizi'nde seyrelme metodu kullanarak yaptıkları çalışmalarında heterotrofik bakteri büyümesini ve bakterivor otlama baskısını ortaya koymuşlardır. Akdeniz genelinde Christaki vd. (2001) nanoflagellatların ototrofik ve heterotrofik bakteri populasyonları üzerindeki etkisini rapor etmişlerdir. Shinada vd. (2003) Pasifik Okyanusu kıyısında gerçekleştirdikleri çalışma ile heterotrofik nanoflagellatların otlama davranışındaki mevsimsel değişimleri ortaya koymuşlardır. Cuevas ve Morales (2006) Kuzey Şili kıyısındaki upwelling bölgesinin oksik ve suboksik sularında heterotrofik nanoflagellatların *Synechococcus* spp. üzerinde neden olduğu kayıpları bildirmiştir. Zöllner vd. (2009) kopepodların baskın mesozooplankton olduğu besin zincirinde mikrobiyal döngü katılımcıları arasındaki enerji akışını floresan işaretli bakteri kullanarak ortaya koymuşlardır.

Karadeniz'de yapılan çalışmalara bakıldığında ise pikoplanktonu genel olarak değerlendiren çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Mikrobiyal döngü katılımcılarının ve dinamiğinin tam anlamıyla ortaya konduğu bir çalışma ise literatürde bulunamamıştır. Yapılan çalışmaların genelinde ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp. ve heterotrofik bakteri bir arada değil, ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bird ve Carl (1991) Karadeniz'in güneybatısında heterotrofik bakteri biyomasi ve populasyon çeşitliliğini çalışmışlardır. Sorokin vd. (1995) tarafından yapılan çalışmada ise kuzeybatı kıta sahanlığında heterotrofik bakteri biyomasi, üretimi ve aktivitesi bildirilmiştir. Bouvier vd. (1998) Karadeniz'in Ukrayna kıyılarında yaptıkları çalışmada mikrobiyal besin döngüsünün

besinsel verimliliğini ve protozooplankton dinamiğini ortaya koymuşlardır. Uysal (2000, 2001) güney ve batı Karadeniz’de cyanobakteri *Synechococcus* spp.’nin pigment içeriği, boyut ve yoğunluk dağılımını spektrofotometre, epifloresans mikroskopu ve flowsitometre yoluyla incelemiştir. Becquevort vd. (2002) kuzeybatı Karadeniz açık sularında heterotrofik bakteri karbon biyomasını rapor etmişlerdir. Doğu Karadeniz’de ise Feyzioğlu vd. 2004 yılı yaz aylarında ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp.’nin bolluk ve dağılımını ortaya koymuşlardır. Morgan vd. 2006 yılında Karadeniz’in batısında bakteriyel bolluk ve üretim miktarlarını rapor etmişlerdir. 2006 yılında Uysal, Batı ve Güney Karadeniz’de *Synechococcus* spp.’nin dikey dağılımını rapor etmiştir (Uysal, 2006). Mosharova ve Sazhin (2007) kuzeydoğu Karadeniz’de yaptıkları çalışmada yaz ve sonbahar dönemine ait kısa süreli bakteriyoplankton dinamiğini ortaya koymuşlardır. Lasternas vd. (2010) Akdeniz genelinde bakteriyoplankton ve fitoplankton bolluğunu araştırdıkları çalışmalarında, Marmara denizi ve güneybatı Karadeniz’i de örnekleyerek *Synechococcus* spp. ve heterotrofik bakteri bolluk ve durumunu da rapor etmişlerdir.

Dünyanın en büyük anoksik baseni olan Karadeniz eşsiz biyokimyasal doğası ile mikrobiyolojik süreçleri araştırmak için ideal bir denizdir. Biyojeokimyasal bakımdan değerlendirildiğinde dar oksik tabaka, suboksik tabaka ve anoksik tabaka arasında baskın inorganik besin elementi döngüsü ve organik maddenin remineralizasyonu ve farklı redoks sistemleri, fiziksel ve biyolojik süreçler arasındaki karmaşık etkileşimler ile sonuçlanır (Murray vd., 1995, 1999; Oğuz vd. 1999). Ancak bir zamanlar zengin biyolojik çeşitlilik ve balık potansiyeline sahip olan Karadeniz ekosistemi son 30 yılda ortaya çıkan bir dizi iklimsel ve insan kaynaklı etkenlerden dolayı günümüzde son derece sağlıklı bir görüntü çizmektedir (Bologa, 1986; Chirea ve Gomoiu, 1986; Mee, 1992). Nehir sularının aşırı kirlenmesi, nehirler üzerine kurulan barajlar sonucu Karadeniz’e tatlı su girdisinin azalması ve bu suların kimyasal özelliklerinin, özellikle besin elementlerinin yapısında değişikliğin meydana gelmesine, ayrıca besin değeri olmayan ve diğer denizlerden gelen bazı canlı türlerinin Karadeniz ekosisteminde baskın hale gelmesine yol açmıştır (Tuğrul vd., 1992; Saydam vd., 1993). Karadeniz’de balıkçılığın son yıllarda çökmüş olmasında da, balık avlamadaki artışlar kadar ekosistemde gerçekleşen olumsuz yöndeki gelişmelerin de etkili olduğu düşünülmektedir (Kıdeyş, 1994). Özellikle besin zincirindeki uzamalar, her bir besinsel basamakta gerçekleşecek kayıplar yüzünden, enerjinin üst basamaklara daha az miktarda aktarılmasına neden olarak verimliliği de etkilemektedir.

Son on yıldır Karadeniz’de meydana gelen önemli değişimlerden bir tanesi de ana fitoplankton gruplarının oranında meydana gelen değişimdir. Özellikle ana deşarj noktası olan Tuna nehri üzerine kurulan barajlar dolayısıyla 1970’li yıllardan günümüze azalan reaktif silikat miktarına bağlı olarak, fitoplankton kompozisyonlarında 1990’ların başlarında dramatik değişimler gözlenmiştir (Humborg vd., 1997). Sonuç olarak diatom ağırlıklı populasyonlardan flagellat ve kokolitofor ağırlıklı populasyonlara geçiş olduğu ortaya konmuştur. (Yılmaz, 2002). Doğu Karadeniz’de de son yıllarda yapılan çalışmalarda diatomların kalitatif bakımdan azalırken, dinoflagellatların artış gösterdiği ve ana fitoplankton oranlarındaki bu değişimin besin elementi ve su sıcaklığı rejimindeki değişime bağlı olabileceği konusunda görüşler mevcuttur (Feyzioğlu ve Seyhan, 2007; Anonim, 2008; Ağırbaş, 2010; Bat vd., 2011).

Genel olarak ötrofik sulardaki besin zincirinde büyük boyutlu birincil üreticiler baskındır. Karadeniz de ötrofik olarak sınıflandırılan bir denizdir. Fakat son yıllarda ekosistemde özellikle besin elementlerinde gözlenen değişimler mikrofitoplankton gruplarının kompozisyonu ve oranlarının değişmesine neden olmuştur (Feyzioğlu ve Seyhan, 2007). Bunun yanında rejim değişiklikleri de araştırmacılar tarafından son yıllarda vurgulanan bir kavram haline gelmiştir (Oğuz vd. 2006). Üst su kolonu içerisinde çökmekte olan POM’nin yaklaşık % 90’ı öfotik bölge ve oksiklin içinde mineralize edilmektedir (Oğuz vd., 1999). Bakterilerin çöken POM’yi üst su tabakalarında etkili biçimde remineralize ettikleri göz önünde bulundurulursa, mikrobiyal komüniteler üst trofik seviyelerdeki herhangi bir değişimden doğrudan ya da dolaylı yoldan etkileneceklerdir. Besin elementlerindeki azalmalar, özellikle diatom ve dinoflagellat tür çeşitliliği ve biyomas miktarlarında meydana gelen değişiklikler, rekabet gücü yüksek piko ve nanoplanktonik grupların ortamda ön plana çıkmasına neden olabilmektedir. Karadeniz’de de bu tip değişimlerin meydana gelerek besin zincirinde uzamaya sebep olabileceği düşünölmektedir. Karadeniz’de az bilinen piko ve nanoplanktonik grupların durumu, bunların besin zincirindeki yerlerinin belirlenmesi, yıl içerisindeki biyokütle değişimleri ve otlanma oranlarının belirlenmesi, sadece kendi içlerinde değil tüm ekosistemin geleceği hakkında bilgi sahibi olmak açısından önemlidir.

Doktora tezi olarak sunulan bu çalışma ile saha ve laboratuvar çalışmalarının yanısıra mikrokosm deneyleri de gerçekleştirilerek kıyısız ve açık denizdeki döngüler, bu döngülerde pikoplanktonik ve nanoplanktonik organizmaların yerleri, biyokütle miktarlarının farklı özellikteki su kütleleri arasında zamana bağlı değişimleri üzerinde

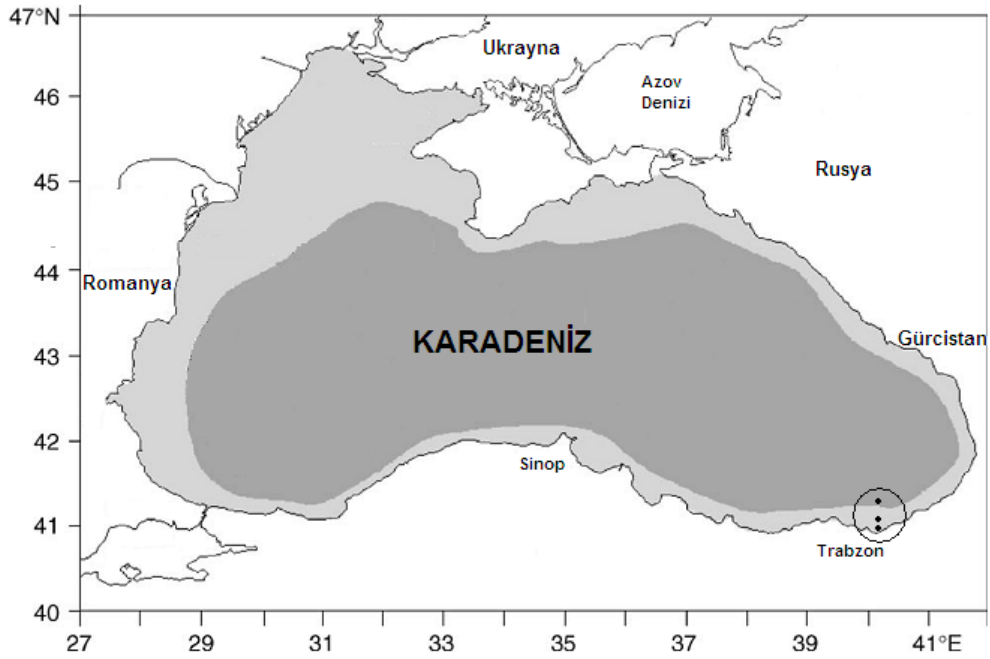
etkili biyotik ve abiyotik faktörlerin rollerine açıklık getirilmesi amaçlanmıştır. Bunun yanında bölge için mikrobiyal tabanlı besin zincirinin ekolojik verimliliği ortaya konmaya çalışılarak, pelajik besin zincirindeki yeri zamansal ölçekte tartışılmıştır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Güneydoğu Karadeniz’de yapılan bu çalışma, pikoplantonun dağılımını ve çevresel faktörlerle etkileşimini ortaya koymak üzere farklı karaktere sahip olduğu düşünülen 3 istasyonda (Tablo 1) Ekim 2010- Aralık 2011 tarihleri arasında aylık periyotlarda yürütülmüştür (Şekil 5). Örneklemeler KTÜ Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesine ait R/V DENAR I araştırma gemisi kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 1. Örnekleme istasyonları ve örneklem derinlikleri

İstasyon	Uzaklık (deniz mili)	Derinlik (m)	Koordinat	Örneklem Derinlikleri (m)
Yakın kıyı	0.5	50	40° 55’14’’ N; 40°11’31’’E	0, 5, 10, 20, 30
Kıyı	2	400	41° 00’01’’ N; 40°10’33’’ E	0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200
Açık	10	750	41° 03’12’’ N; 40°09’08’’ E	0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200

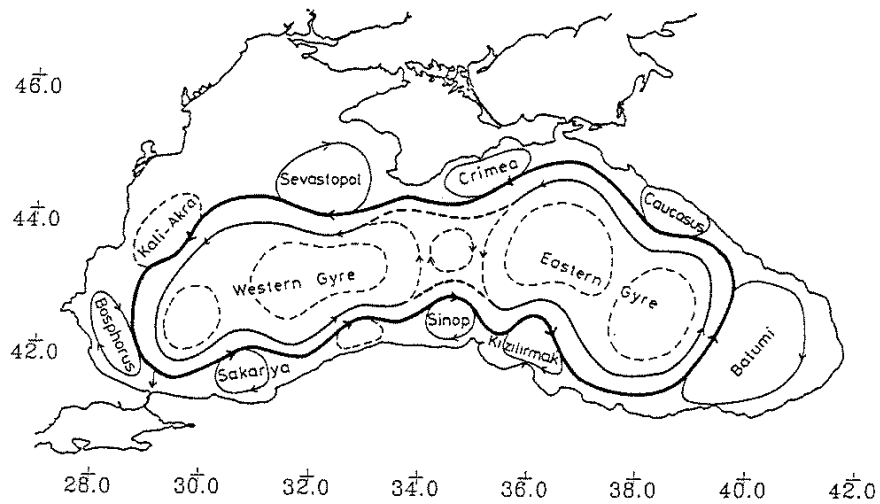


Şekil 5. Çalışma sahası ve örneklem istasyonları



## 2.1. Çalışma Sahası

Dünya denizlerine dar ve sığ İstanbul Boğazı'yla bağlanan Karadeniz, yüzeydeki oksijenli tabakasının (70- 120 m) altında derin basen sularının oksijensiz olması ve yüksek konsantrasyonda hidrojen sülfür içermesiyle karakterize olmaktadır (Sorokin, 1983). Tatlı su kaynaklarından olan su girdisinin buharlaşma yolu ile olan su kaybından daha yüksek olduğu Karadeniz, pozitif bir su dengesine sahiptir. Tuzluluğu düşük (~ ‰ 18) ince bir karışım tabakası (~ 30 m) yüzeyde çok güçlü bir mevsimsel ısınma ve soğumaya uğrar. Karadeniz, 18- 20 °C'ye kadar ulaşan mevsimsel bir değişim ile yüzey sularında mevsimsel sıcaklık farklılığının en fazla olduğu denizlerden biridir. Yüzey suyu sıcaklığı ortalama olarak kışın 5 °C, yazın ise 25 °C civarındadır (Anonim, 2000). Karadeniz yüzey sularında ÇO (çözünmüş oksijen) derişimi mevsimlere bağlı olarak yaz aylarında 250- 300 µM, kış aylarında ise su sıcaklığının düşmesiyle beraber 350- 400 µM seviyesine ulaşmaktadır. Kış aylarında yoğun dikey karışımlar dolayısıyla üst tabaka sularında ÇO konsantrasyonu homojen bir yapı sergilemektedir. Karadeniz'de ışıklı tabakanın kalınlığı veya pratik olarak ışığın yüzeydeki değere göre %1'e indiği derinlik 20- 35 m olarak belirlenmiştir (Yılmaz, 2002).



Şekil 6. Karadeniz'de üst tabaka genel dolaşımı (Oğuz vd., 1993)

Basen ölçeğinde siklonik sırt akıntısı Karadeniz genelindeki dolaşımın ana özelliğidir. Temel dolaşım sıklıkla, siklonik merkez döngüleri, perifer boyunca bir dizi

antisiklonik döngüleri ve basenin en doğu köşesinde yer alan yarı-sürekli bir antisiklonik dolaşım olan Batum döngüsünü kuşatır (Şekil 6). Yapılan bu çalışmada seçilen istasyonların tümü Batum antisiklonu etkisinde kalmaktadır (Anonim, 2000).

## **2.2. Deniz Çalışmaları**

Farklı su tabakalarındaki pikoplankton dinamiğini ve çevresel parametrelerle etkileşimini ortaya koymak üzere örnekleme istasyonlarında seçilen derinliklerden SBE 32 Carousel 12 şişeli su örnekleme cihazı ile 5'er litre su örneği alınmıştır. Çalışmalar sırasında, sıcaklık °C olarak 0.0001, tuzluluk ‰ 0.0001, pH 0.001, oksijen kuru tip oksijen probu ile 0.001 mg/L hassasiyetle General Oceanic Idronaut 316 marka CTD kullanılarak birer metre aralıklarla ölçülmüştür. PAR (fotosentetik aktif radyasyon) ölçümlerinde Li-Cor LI-193SA Spherical Quantum Sensor (deniz içerisinde ışık miktarının belirlenmesinde) ve LI-190SA Quantum Sensor (deniz yüzeyine gelen ışık miktarının belirlenmesinde) cihazları kullanılmıştır. Deniz ortamında yerinde (in-situ) floresan ölçümleri Satlantic Hiperspektral Radyofotometre ile yapılarak, yüzeyden 100 m derinliğe kadar klorofil-a profilleri çıkarılmıştır. Besin tuzları için deniz suyu örnekleri filtre edilerek analiz aşamasına kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir. Pikoplankton için 50 ml deniz suyu örneği siyah renkli cam şişelere alınarak zaman geçirilmeden 2 ml glutaraldehit (%2) ile fikse edilerek laboratuvar aşamasına kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir.

## **2.3. Laboratuvar Çalışmaları**

### **2.3.1. Pikoplankton ve Heterotrofik Nanoflagellat Örneklerinin Filtrasyonu ve Muhafazası**

Laboratuarda 10 ml deniz suyu 125 mm-Hg basınç altında 25 mm çaplı 0.2 µm göz açıklı, siyah, nukleopor membran filtreden süzölmüştür. Hücrelerin filtre üzerine eşit dağılımını sağlamak için yarı-ıslak Millipore geri filtre (0.8 µm) kullanılmıştır. Süzme işlemi sırasında silindir içinde yaklaşık 2- 3 ml su kaldığında 200 µl Acridine Orange (3,6-bis (dimethylamino) acridine) (% 0.02) eklenerek heterotrofik bakteri ve heterotrofik nanoflagellatların hücre DNA'ları boyanmıştır (Hobbie vd., 1977). Süzme işlemi tamamlandığında filtre lam ve lamel arasına düşük floresan yansıtan immersiyon yağı ile

fikse edilmiştir (Knap vd., 1996). Mikroskop analizlerine kadar  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de saklanan örnekler iki hafta içerisinde analiz edilmiştir.

### 2.3.2. Direkt Sayım ve Hücre Sayılarının Hesaplanması

Pikoplankton ve heterotrofik nanoflagellatlara ait hücre sayımları K.T.Ü. Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi mikroskop laboratuvarında bulunan Nikon E-600 epifloresan mikroskobu ile gerçekleştirilmiştir. Heterotrofik bakteri ve heterotrofik nanoflagellat hücre sayımlarda B- 2A (DM 505, EX 450- 490, BA 520) filtre bloğu, cyanobakteri *Synechococcus* spp. hücre sayımlarında ise G-1A (DM 575, EX 546/10, BA 580) filtre bloğu kullanılmıştır. Cyanobakteri *Synechococcus* spp.'ye ait hücreler mavi filtre bloğu altında (B-2A) sarımsı-turuncu renkte, heterotrofik bakteriye ait hücreler ise parlak yeşil renkte görülmektedir. *Synechococcus* spp.'ye ait hücreler yeşil filtre bloğu (G-1A) altında ise parlak kırmızımsı-turuncu renkte floresan vermekte, ancak heterotrofik bakteriler görünmemektedir. Bu şekilde iki filtre bloğu arasında geçişler yapılarak, *Synechococcus* spp.'ye ait hücrelerin sağlaması yapılmıştır. Heterotrofik nanoflagellatlarda benzer şekilde ototrofik nanoflagellatlardan ayırt edilmiştir. Her filtre üzerinde en az 400 hücre olacak şekilde 30 görüntü alanı sayılmıştır (Sherry ve Wood, 2001). Pikoplankton ve heterotrofik nanoflagellatların direkt sayımı aşağıdaki eşitlik kullanılarak birim hacimdeki hücre sayısına dönüştürülmüştür;

$$N = MF \times \text{Ort.} / V \quad (1)$$

N: Birim hacimdeki hücre sayısı

MF : Multiplikasyon faktörü

Ort. : Tüm mikroskop sayım alanlarında sayılan ortalama hücre sayısı

V : Süzülen toplam hacim (ml)

MF (Multiplikasyon faktörü) aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmıştır;

$$MF = FA / A \quad (2)$$

FA : Toplam filtre alanı ( $2.1 \text{ cm}^2$ )

A : Bir objektif alanı

100 X için MF = 29012

Bir objektif alanı aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır;

$$A = \pi r^2 \quad (3)$$

$\pi$  : 3.14

r : Objektif çapı (100X için 0.096 mm)

### 2.3.3. Görüntü Analizi ve Hücre Hacimlerinin Hesaplanması

Hücre boyutu ölçümleri ve biyokütle hesaplamaları dijital kamera ve Görüntü Analiz Sistemi (Image Pro Plus 6.0) aracılığı ile yapılmıştır. Yazılım aracılığı ile hücre üzerinden 55 değişik ölçüm alınabilmektedir. Dijital fotoğraf makinası yardımı ile 100 X büyütme altında en az 10 görüntü alanı olmak üzere pikoplankton ve heterotrofik nanoflagellatlara ait fotoğraflar çekilmiştir. Çalışmada pikoplankton ve heterotrofik nanoflagellatlara ait alan ve büyük eksen ölçülmüştür. Her iki grup için hücre hacim hesaplamalarında elipsoid şekil için geliştirilmiş hacim formülü kullanılmıştır (Sieracki, 1989). Burada küçük eksen elipsoid alan formülü kullanılarak hesaplanmaktadır. Hücre hacimleri aşağıda verilen işlemler sonrası saptanmıştır;

$$V = b^2 \times a \times \pi / 6 \quad (4)$$

V : Hücre hacmi

b : Hücrenin küçük eksen

a : Hücrenin büyük eksen

$\pi$  : 3.14

Minör eksen aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır;

$$b = (A / (\pi \times a) / 2) \times 2 \quad (5)$$

b : Hücrenin küçük eksen

A : Hücrenin alanı

a : Hücrenin büyük eksen

$\pi$  : 3.14

Cyanobakteri *Synechococcus* spp. karbon içeriği hesaplamalarında her bir  $\mu\text{m}^3$  için 123 fg C (Waterbury vd., 1986), heterotrofik bakteri karbon içeriği hesaplamalarında her bir  $\mu\text{m}^3$  için 77 fg C (Carlson vd., 1999) ve heterotrofik nanoflagellat karbon içeriği hesaplamalarında ise her bir  $\mu\text{m}^3$  için 220 fg C oranı (Borsheim ve Bratbak,1987) kullanılmıştır.

### 2.3.4. Besin Elementlerinin Belirlenmesi

Her istasyonda anılan standart derinliklerden örnekleme yapılmıştır. Nitrat+nitrit, fosfat ve silikat analizleri için deniz suyu örnekleri 100 ml'lik plastik (seyreltik HCL ile yıkanmış) şişelere alınmıştır. Koruyucu kimyasal eklemesi yapmadan silikat örnekleri buzdolabında, fosfat ve nitrit+nitrat örnekleri ise derin dondurucuda analiz zamanına kadar saklanmıştır.

#### 2.3.4.1. Nitrit + Nitrat

Ayrı şişelere alınan nitrit+ nitrat örnekleri bekletilmeden analiz edilmiştir.  $\text{NO}_{2+3}$  ölçümünde iki kanallı Seal marka oto-analizör kullanılmıştır. Çok sayıda örneğin devamlı analizine olanak veren bu otomatik sistemde kullanılan ölçüm yöntemleri Seal firmasının geliştirilmiş ve uluslararası standart ölçüm metotları olarak kabul edilmiştir. Bu yöntemin hassasiyeti nitrit+nitrat için 0.05  $\mu\text{M}$  seviyesindedir.

#### 2.3.4.2. Fosfat

Fosfat analizi için su örnekleri 47 mm GF/F filtre kağıdı kullanılarak süzülmüş, 100 ml deniz suyu örneğine amonyum molibdat, sülfürik asit, askorbik asit ve potasyum antimol tartarat çözeltilerinin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen çözeltiden 10 ml ilave edilmiştir. Sonrasında 885 nm dalga boyunda Shimadzu 2250 model spektrofotometre ile absorbans okunarak fosfat miktarları ( $\mu\text{M}$ ) hesaplanmıştır (Parsons vd., 1984).

### **2.3.4.3. Silikat**

Silikat analizi için, 50 ml'lik ölçü silindire 10 ml molibdat solüsyonu eklenmiş, üzerine oda sıcaklığına getirilen 25 ml'lik su örneği eklenip karıştırıldıktan sonra 10 dk bekletilmiştir. Üzerine 50 ml'ye tamamlanacak şekilde indirgenme reaktifi eklenerek karıştırılmıştır. 2-3 saatlik indirgenme süresi sonrasında Shimadzu 2250 model spektrofotometre ile 810 nm dalga boyunda absorbans okunarak ölçüm yapılmış ve silikat değerleri ( $\mu\text{M}$ ) hesaplanmıştır (Parsons vd., 1984).

## **2.4. Deneysel Çalışmalar**

### **2.4.1. Mikrozooplankton Otlama Baskısının Belirlenmesi**

Mikrozooplanktonun beslenme etkisinin belirlenmesi için kullanılan yöntemler üç ana kategoriye ayrılmaktadır; (1) doğal kominütelerden çıkarımlar, (2) izleyici teknikler ve (3) kominüte manipülasyonları (Gifford, 1988; Landry, 1994). Çıkarımsal uygulamalarda beslenme oranları hesaplamalarında çalışma alanından toplanan örneklerin ölçülebilir karakteristikleri (Örn; pigment bozulma ürünleri, hücre bölünme evreleri, vakuol içerikleri ve sindirim enzimleri) temel alınmaktadır. İzleyici metodlarında radyoisotop ya da floresanla işaretlenmiş hedef av popülasyonları kullanılmaktadır. Kominüte manipülasyonlarında ise boyut fraksiyonu, avı avcıdan ayırmak için seyrelme ve plankton katılımcılarının otlaması ya da büyümesini ortadan kaldırmak ve/veya baskılamak için seçilen metabolik inhibitörler kullanılır.

Tüm bu deneysel yöntemler içinde, deniz suyu seyrelme metodu (Landry ve Hassett, 1982) günümüzde nano ve mikrozooplanktonun fitoplankton ve bakteri üzerindeki otlama baskısının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Landry vd., 1984; Tremaine ve Mills, 1987). Seyrelme tekniği örnekleme bölgesinden alınan filtre edilmiş deniz suyu ile deniz suyu örneklerinin seyreltilmesi yoluyla, av ve avcı arasındaki karşılaşma oranlarının düşürülmesi temeline dayanmaktadır. Aynı zamanda eş zamanlı olarak avın büyüme ve otlama hızını da sağlamaktadır.

### 2.4.2. Seyrelme Metodu

Seyrelme tekniğinde çeşitli seyrelme serilerinden elde edilen net büyüme hızları seyrelme ile iki kabul yoluyla bağıntılıdır;

- 1-Bakteri büyüme hızı populasyon yoğunluğu üzerindeki seyrelme etkisinden bağımsızdır.
- 2-Nano ve mikrozooplankton otlaması sebebiyle meydana gelen bakteri kayıpları, nano ve mikrozooplankton bolluğu üzerindeki seyrelme etkisiyle orantılıdır.

Populasyon büyümesinin üssel modeli dikkate alındığında seyrelme ile net büyüme hızı ( $k$ ) arasındaki doğrusal bağıntı aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Landry ve Hassett, 1982);

$$k = \mu_{\max} - mD_i \quad (6)$$

Bağıntıda;

$m$ : otlama hızı ( $\text{gün}^{-1}$ ),

$\mu_{\max}$ : bakteri potansiyel büyüme hızı,

$D_i$ : seyrelme (doğal deniz suyu kesri) oranını ifade etmektedir.

Büyüme hızı deneysel olarak hücre sayısı ya da karbon biyomasındaki günlük değişim oranının  $\ln$ 'i ile bulunabilir ve aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir;

$$k = (1/\Delta t) \times \ln (C_t/C_0) \quad (7)$$

Burada;

$\Delta t$ : deney süresi,

$C_t$ : bitiş anındaki bakteri konsantrasyonu,

$C_0$ : başlangıç anındaki bakteri konsantrasyonunu temsil etmektedir.

Birinci kabulde, bakteri bolluğunun büyüme grafiğinde üssel fazda olduğu ve seyrelme ile yine bu fazda kaldığı düşünülmekte ve üssel büyüme fazında hızın sabit olduğu bilinmektedir. İkinci kabulü yani otlama hızının seyrelme ile orantılı olarak değiştiği görüşünü ele aldığımızda, otlama  $m = P \times F$  şeklinde yazılmaktadır. Burada;  $P$ ; otlayıcı bolluğu,  $F$  ise otlayıcının filtrasyon hızını (bireysel temizleme hızı) ifade etmektedir (Frost 1972). Bundan dolayı oran yani  $F$ , hiperbolik olarak azalmaktadır.

Seyrelme oranına karşı net büyüme hızı grafiği, azalan negatif eğimli bir doğrudur. Y eksenini kestiği nokta  $\mu_{max}$ , populasyon büyüme hızını, -eğim ise otlama hızını vermektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Seyrelme oranına karşı net büyüme hızı grafiği

#### 2.4.2.1. Örneklerin Alınması

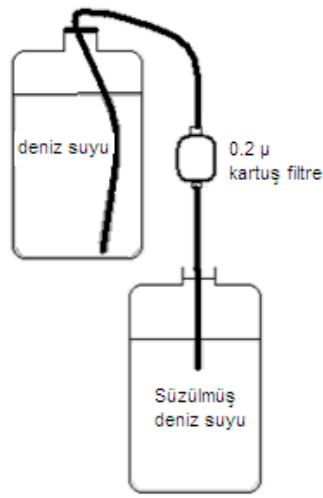
Farklı boy grubuna ait zooplanktonun bakteri biyoması üzerindeki otlama baskısını ortaya koymak amacı ile Güneydoğu Karadeniz kıyısız bölgesinde Şubat, Haziran ve Aralık 2011'de toplam 3 deney gerçekleştirilmiştir. Deney öncesinde, kullanılacak tüm şişeler, bidonlar, konteynerler, filtreler ve sifonlamada kullanılan PVC borular HCl'den (%10) geçirilmiş ve saf suyla yıkanmıştır. Örnekler K.T.Ü. Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi açıklarında seçilen bir istasyonda yüzeyden 20 l'lik polietilen bidonlarla alınmıştır. Örnekleme esnasında General Oceanic Idronaut 316 marka CTD kullanılarak sıcaklık, tuzluluk ve çözünmüş oksijen ölçülmüştür. Alınan deniz suyu örnekleri vakit geçirilmeden deneyin başlatılması için Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesine getirilmiştir. Fakülte bünyesinde bulunan dalgıç pompa ile alınan deniz suyunun polietilen inkübatörler içinde sirkülasyonu sağlanarak, deniz ortamıyla eş sıcaklık oluşturulmuştur.

#### 2.4.2.2. Deney Düzenegi

Seyrelmenin sağlanabilmesi için yeterli miktarda deniz suyu örneği 0.2 µm kartuş filtreden geçirilerek av ve avcıdan uzaklaştırılmıştır (Şekil 8). Farklı boy grubuna ait



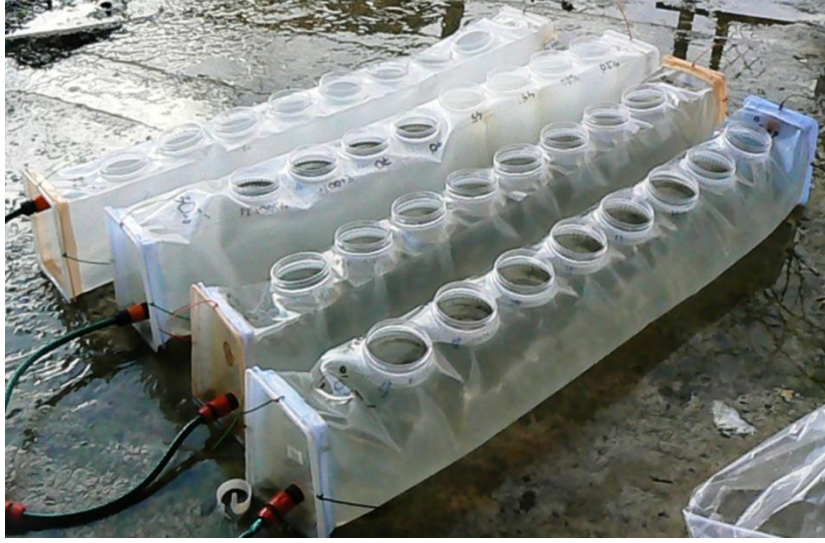
zooplanktonun bakteri popülasyonları üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, boyut gruplaması yapılmıştır. Bu amaçla doğal deniz suyu örnekleri 200  $\mu\text{m}$ , 75  $\mu\text{m}$  ve 20  $\mu\text{m}$ 'lik filtrelerden geçirilerek örnek içinde bulunan zooplankton boy gruplarına ayrılmıştır. Doğal deniz suyu, 200  $\mu\text{m}$ , 75  $\mu\text{m}$  ve 20  $\mu\text{m}$ 'lik filtreden geçirilmiş deniz suyu örnekleri 0.2  $\mu\text{m}$ 'den filtre edilmiş deniz suyu ile seyreltilerek 2 paralel olacak şekilde seriler oluşturulmuştur (Şekil 9). % 20, % 45, % 70, % 100 deniz suyu olacak şekilde, filtre edilmiş deniz suyu ile seyreltilen örnekler 3 l hacimli polietilen şişelere konulmuştur (Şekil 10).



Şekil 8. Kartuş filtre ile (0,2  $\mu\text{m}$ ) deniz suyunun yerçekiminden yararlanılarak sifonla süzülmesi



Şekil 9. Seyrelme serilerinde seyrelme oranlarına göre 0,2  $\mu\text{m}$ 'den süzölmüş deniz suyu ve doğal deniz suyu miktarları



Şekil 10. Deney düzeneği

Başlangıç ve bitiş anında bakteri sayısı ve biyomasının belirlenmesi amacıyla 10 ml deniz suyu alınarak 400 µl glutaraldehit (% 2) hemen fiske edilerek, + 4 °C’de saklanmış ve iki hafta içinde hücre sayımları gerçekleştirilmiştir.

Net büyüme hızları klorofil ve bakteri hücre sayısı tabanlı olarak  $k=(1/\Delta t) \times \ln(C_t/C_0)$  formülüyle ayrı ayrı hesaplanmıştır. Landry ve Hassett’e (1982) göre seyrelme oranına karşı bakteri potansiyel büyüme hızı grafikleri çizilerek, doğrunun eğiminden otlama hızı, kaymadan potansiyel büyüme hızı hesaplanmıştır. Yukarıda sözü geçen denemelerden bu ilişki regresyon analizi ile elde edilmiştir.

## 2.5. İstatistik Analizler

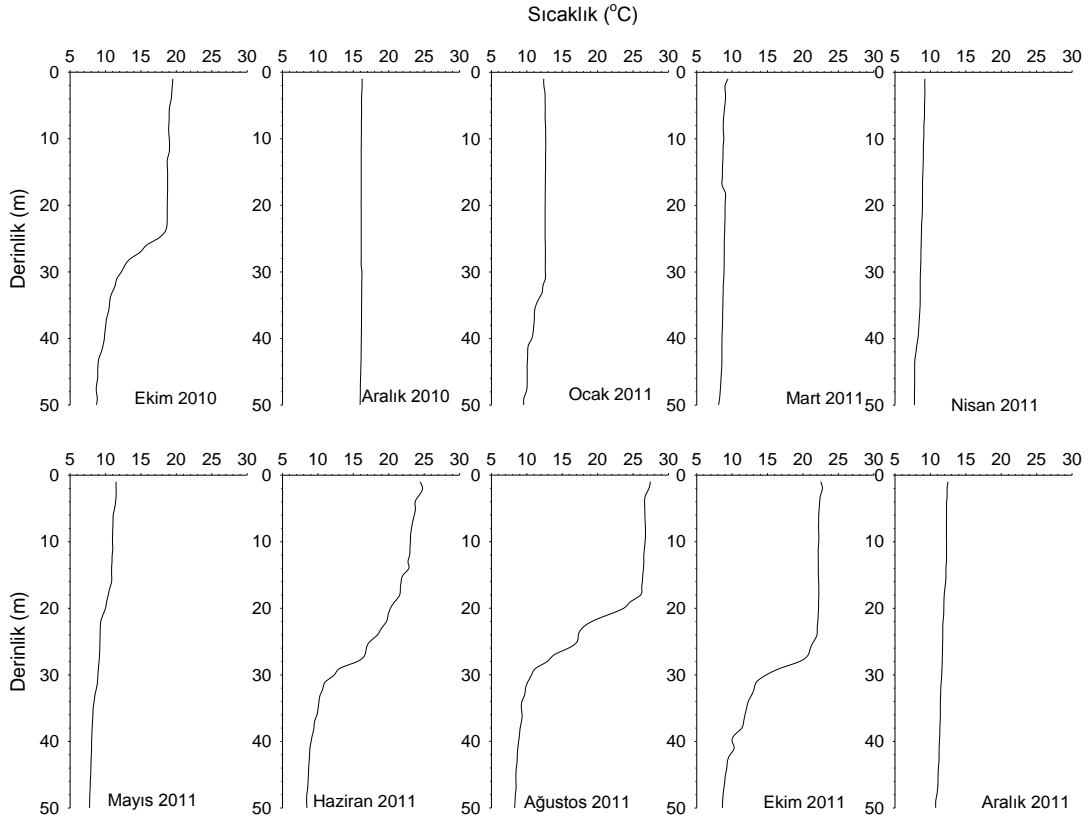
Veriler, “Office 2007 Excel, Grafer 7, Surfer 7 ve Sigma Plot 11” programları kullanılarak düzenlenmiştir. Statistica 7 istatistik paket programı kullanılarak analizlere başlamadan önce verilere logaritmik dönüşüm uygulanarak her bir parametrenin normal dağılım gösterip göstermediği test edilmiştir. Yapılan normalite testleri sonucunda parametrelerin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Bu nedenle biyolojik ve fiziko-kimyasal parametreler arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesi için parametrik olmayan Spearman Rank-Order korelasyonu gerçekleştirilmiştir. Ayrıca besin elementlerinin tarih, derinlik ve istasyonlara göre farklılıklarının belirlenebilmesi amacıyla % 95 güven aralığında Tukey homojenite testi uygulanmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Hidrografi

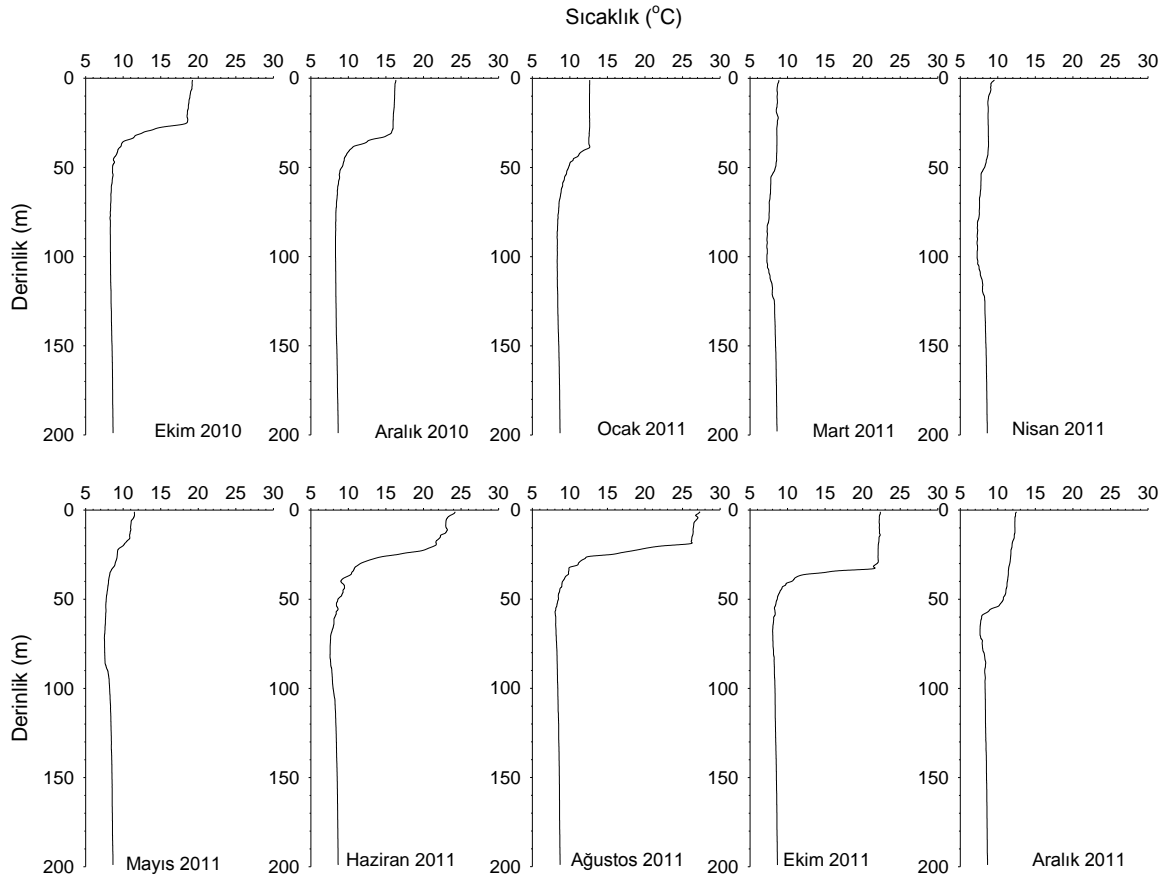
##### 3.1.1. Sıcaklık

Yakın kıyı istasyonunda yüzey suyu sıcaklığı örnekleme periyodu boyunca en düşük Nisan ve en yüksek Ağustos aylarında olmak üzere 9.22- 27.44 °C arasında değişim göstermiştir. Ekim 2010'dan itibaren ilk 50 m'lik su kolununda su sıcaklığı homojen hale gelmiştir. En düşük su sıcaklıkları karların erimeye başlamasıyla birlikte ilkbahar aylarında ölçülmüştür. Mayıs 2011'le beraber yüzey suyu sıcaklığı artış göstererek 15 m'de mevsimsel termoklin oluşmaya başlamış ve Haziran ayında 30 m'de termoklin alt yüzeyi gözlenmiştir. Ekim 2011'de ise 20-30 m ara yüzeyinde keskin bir termoklin varlığı söz konusu olmuştur (Şekil 11).



Şekil 11. Yakın kıyı istasyonunda sıcaklığın derinliğe bağlı değişimi

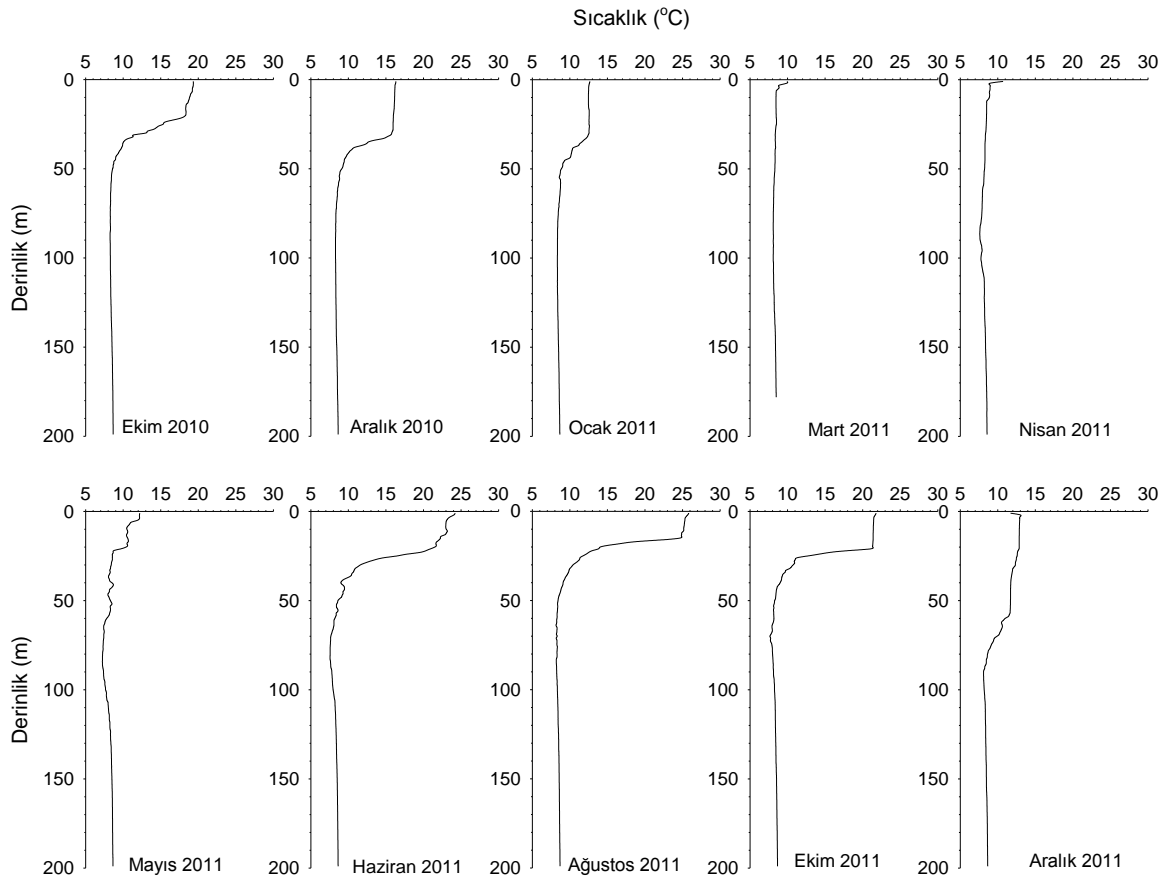
Kıyı istasyonunda yüzey suyu sıcaklığı 8.84- 27.33 °C arasında değişmiştir (Şekil 12). En düşük yüzey suyu sıcaklıklarının ölçüldüğü Mart ve Nisan aylarında, sıcaklık profili yüzeyden 200 m derinliğe kadar olan su kolonunda dikey karışımlar dolayısıyla önemli bir değişim göstermemiştir. Mayıs 2011’de yakın kıyı istasyonunda olduğu gibi kıyı istasyonunda da mevsimsel termoklin (20 m) oluşmaya başlamıştır. Bulgular ışığında Mart ve Nisan ayları hariç yıl boyunca su kolonunda sıcaklık tabakalaşması gözlenmiştir. Yaz boyunca 20- 40 m ara yüzeyinde devam eden güçlü termoklinin, Ekim ayıyla birlikte alt yüzeyi daha derinlere inmiştir. Böylelikle Ekim 2011’de termoklinin üst yüzeyiyle sınırlanan yüzey karışım tabakası net şekilde gözlenmiştir.



Şekil 12. Kıyı istasyonunda sıcaklığın derinliğe bağlı değişimi

Açık istasyonunda ise su sıcaklığının vertikal profili kıyı istasyonu ile benzer seyretilmiştir. Yüzey suyu sıcaklığı yıl boyunca en düşük Mart, en yüksek Temmuz olmak üzere 9.95- 27.15 °C arasında değişmiştir (Şekil 13). Örnekleme istasyonlarında su

sıcaklığı profiline baktığımızda, yakın kıyı istasyonunda yıl boyu ilk 30 m’de termoklin üst yüzeyiyle sınırlanan yüzey karışım tabakasının varlığından söz edilebilir. Kıyı istasyonunda karışım tabakası, vertikal karışımdan dolayı tabakalaşmanın görülmediği Şubat, Mart ve Nisan ayları hariç, 20- 60 m arasında gözlenmiştir. Bu tabakanın mevcut derinliği açık istasyonda ise 15- 80 m arasında değişmiştir. Termoklinin son bulmasıyla beraber su sıcaklığı derinliğe bağlı değişim göstermemiş ve sabit kalmıştır.

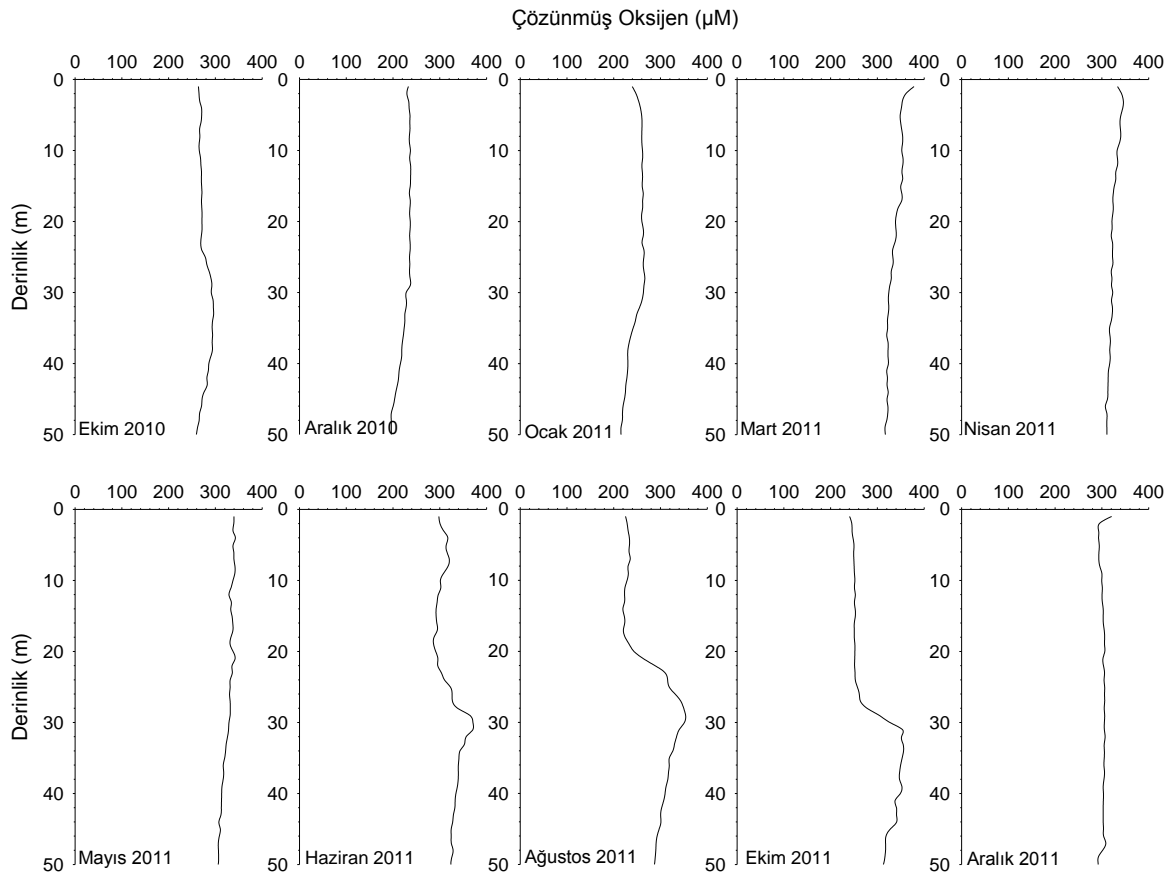


Şekil 13. Açık istasyonda sıcaklığın derinliğe bağlı değişimi

### 3.1.2. Çözünmüş Oksijen

Kıydan 0.5 mil uzaklığa ve 50 metre dip derinliğine sahip yakın kıyı istasyonunda çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu yaz aylarında yüzey sularında 225-298  $\mu\text{M}$ , kış aylarında ise 233-240  $\mu\text{M}$  değerleri arasında değişmiştir (Şekil 14). Örnekleme periyodu boyunca en yüksek yüzey ÇO konsantrasyonu Mart 2011’de 378  $\mu\text{M}$  olarak ölçülmüştür.

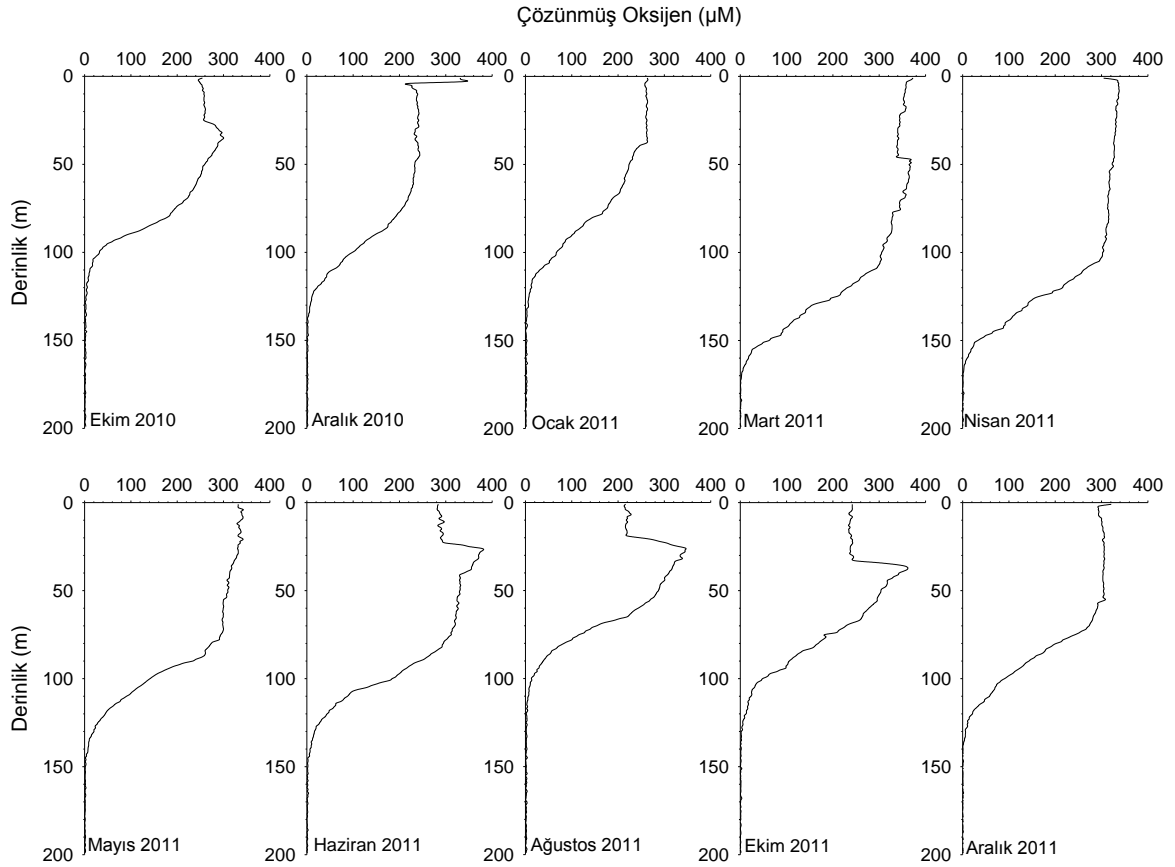
En yüksek yüzey  $\text{CO}$  konsantrasyonlarının ölçüldüğü ilkbaharda, yüzeyden itibaren derinliğe bağlı olarak  $\text{CO}$  değerlerinde düşüş kaydedilmiştir. Yaz aylarında ise  $\text{CO}$  konsantrasyonu yüzeyden başlayarak derinliğe bağlı bir artış göstermiş ve en yüksek değerlere ( $350\text{-}356 \mu\text{M}$ ) mevsimsel termoklinin altındaki soğuk sularda ulaşmıştır. Ekim 2011’de yüzeyde  $320 \mu\text{M}$  olan  $\text{CO}$ , ilk birkaç metrede hızlı bir düşüş gösterdikten sonra,  $50 \text{ m}$ ’lik su kolonunda homojen dağılım sergilemiştir. Yakın kıyı bölgesinde kış aylarında ise yaz aylarındakine benzer bir davranış sergileyerek,  $30 \text{ m}$ ’de en yüksek değerlere ulaşmıştır.



Şekil 14. Yakın kıyı istasyonunda çözünmüş oksijenin derinliğe değişimi

Güneydoğu Karadeniz’in oksijence zengin üst tabakasının kalınlığı kıyı istasyonunda Ekim 2010-Aralık 2011 tarihleri arasında  $40\text{-}110 \text{ m}$  arasında değişmiştir. Güneş ışığının ulaştığı ve fotosentezin süregeldiği yüzey sularında ölçülen çözünmüş oksijen ( $\text{CO}$ ) derişimi mevsimlere bağlı olarak yaz aylarında yüzey sularında  $216\text{-}284 \mu\text{M}$ , kış aylarında

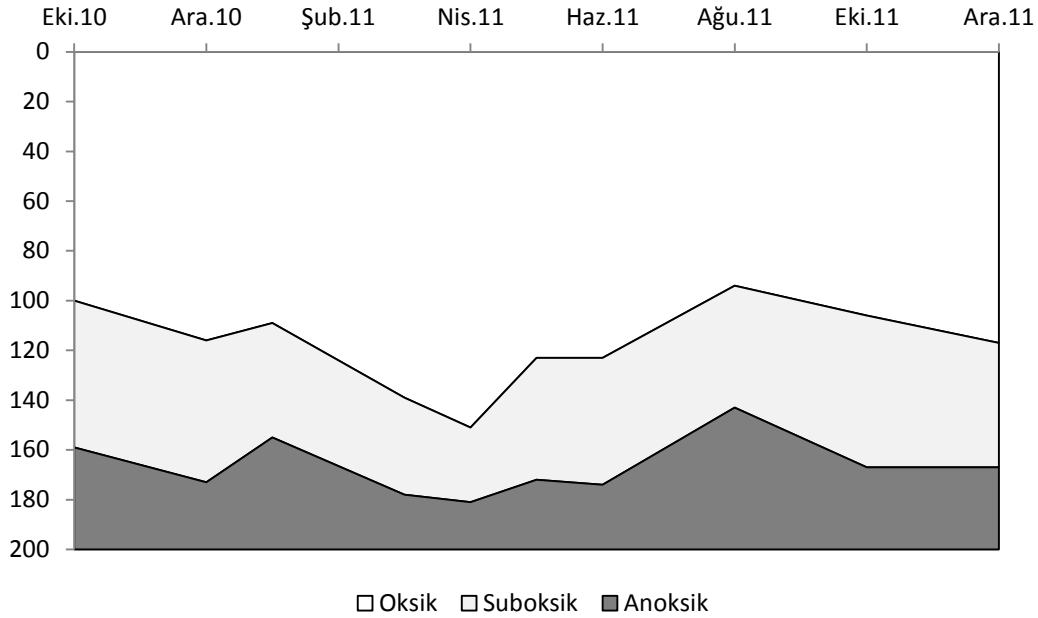
ise 262- 332  $\mu\text{M}$  değerleri arasında değişmiştir (Şekil 15). Erken ilkbahar döneminde (Mart) ise en yüksek yüzey ÇO değeri (373  $\mu\text{M}$ ) ölçülmüştür. Ocak 2011 ve Mayıs 2011 tarihleri arasında üst tabaka suları dikey karışımla homojen hale geldiğinden halokline kadar uzanan su kolonunda homojen bir ÇO konsantrasyonu gözlenmiştir. Yaz aylarında ise benzer yüksek ÇO değerlerine (345- 371  $\mu\text{M}$ ) mevsimsel termoklinin altında kalan soğuk ve fotosentez için yeterli güneş ışığı alan sularda (27- 32 m) rastlanılmıştır. Oksijence fakir ara tabakanın (suboksik) üst sınırı kıyısız bölgede mevsimsel olarak haloklinin derinliğine bağlı olarak farklı derinliklerde ölçülmüştür. ÇO değerlerinin suboksik (20- 30  $\mu\text{M}$ ) değerlere düştüğü derinlikler, su yoğunluğunun tutarlı bir şekilde 15.4- 15.6 olduğu derinliklerde gözlenmiştir.



Şekil 15. Kıyı istasyonunda çözünmüş oksijenin derinliğe bağlı değişimi

Örnekleme periyodu boyunca Güneydoğu Karadeniz’de oksijence zengin üst tabaka (oksik), oksijensiz hidrojen sülfürlü (anoksik) tabakadan yaklaşık 34- 64 m’lik bir ara geçiş

tabakasıyla ayrılmıştır. Suboksik tabaka yaz aylarında yüzeye yaklaşarak, 91- 96 m derinlikte belirlenmiş, yine aynı aylarda tabaka kalınlığının arttığı gözlenmiştir (Şekil 16).



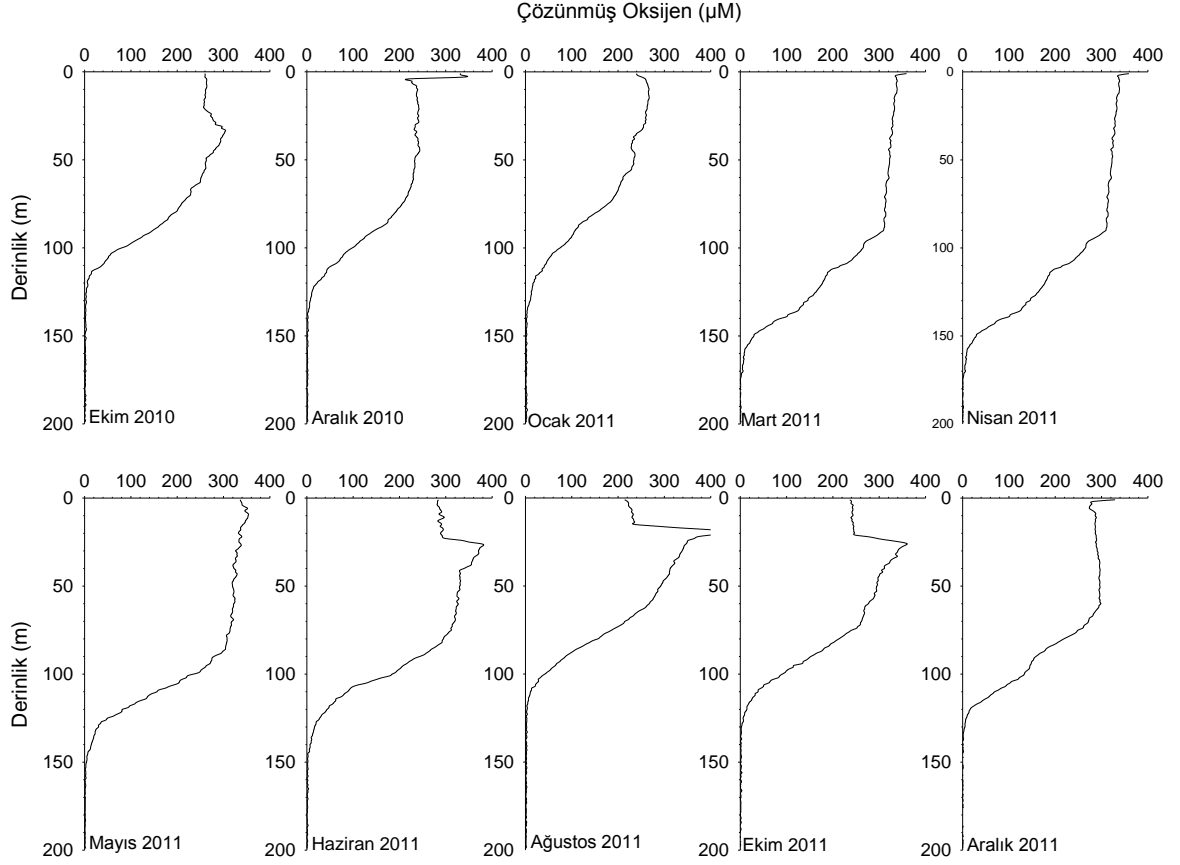
Şekil 16. Kıyı istasyonunda oksik, suboksik ve anoksik tabakanın örnekleme boyunca değişimi

Dikey karışımların gerçekleştiği kış aylarında ise bu tabakanın üst sınırı daha derinlerde belirlenmiş ve tabakanın inceldiği gözlenmiştir. ÇO konsantrasyonu bu tabaka içinde azalma göstererek, yoğunluğun 15.9- 16 olduğu derinliklerde  $5 \mu\text{M}$ 'un altında belirlenmiştir. Su yoğunluğunun 16.2 olduğu derinliklerde ise ÇO konsantrasyonu belirlenememiş ve hidrojen sülfürlü (anoksik) tabaka başlamıştır. Oksijensiz tabaka kıyısal bölgede yıl boyunca mevsime bağlı olarak 143- 181 m arasında gözlenmiştir. Anoksik tabaka üst yüzeyi Karadeniz'in karakteristiğine uyumlu olarak yaz aylarında yüzeye yaklaşmıştır.

Kıyıda 10 mil açıkta yer alan ve yaklaşık 700 m dip derinliğine sahip açık denizi karakterize eden açık istasyonunda oksijence zengin üst tabakanın kalınlığı 32- 103 m arasında belirlenmiştir. Yüzey sularında ölçülen ÇO konsantrasyonu yaz aylarında 214-284  $\mu\text{M}$ , kış aylarında ise 240- 331  $\mu\text{M}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 17). Yaz aylarında ÇO yüzey sularında düşük olmasına karşın, derinliğe bağlı bir artış göstererek mevsimsel termoklininin altında en yüksek değerlere (350- 425  $\mu\text{M}$ ) ulaşmıştır. Ağustos 2011'de yüzeyde 214  $\mu\text{M}$  olan ÇO konsantrasyonu, 19 m'de yüzeye göre yaklaşık olarak 2 kat



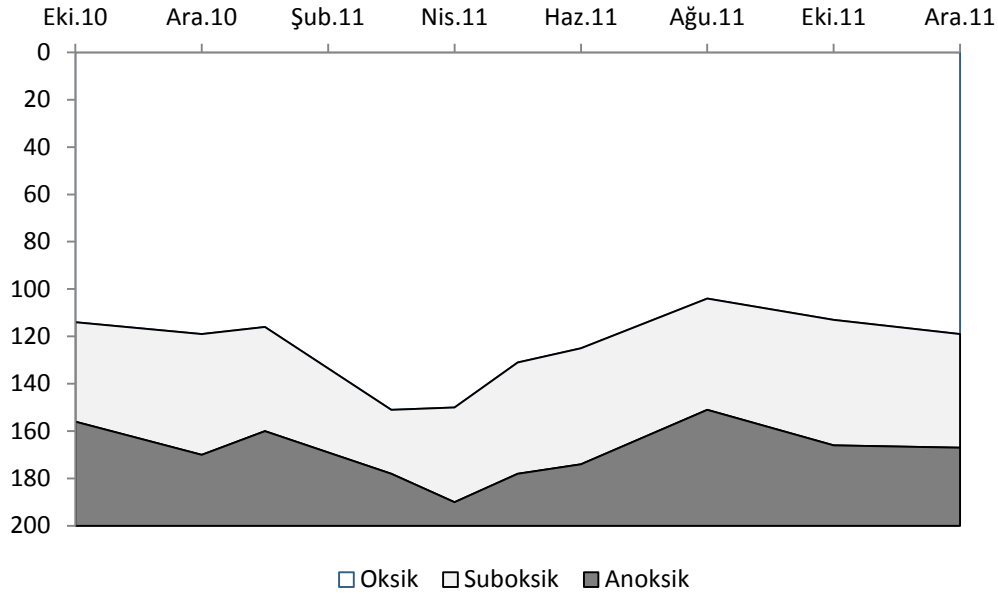
artarak 425  $\mu\text{M}$  olarak belirlenmiştir. Kıyı istasyonuna benzer şekilde dikey karışımların başladığı ve süregeldiği Ocak 2011 ve Mayıs 2011 tarihleri arasında  $\text{CO}$  konsantrasyonu halokline kadar uzanan su kolonunda homojen dağılım sergilemiştir.



Şekil 17. Açık istasyonda çözülmüş oksijenin derinliğe bağlı değişimi

Oksijence fakir ara tabakanın üst sınırı açık denizi temsil eden istasyonda mevsimsel olarak haloklinin derinliğine bağlı olarak farklı derinliklerde ölçülmüştür.  $\text{CO}$  değerlerinin suboksik (20- 30  $\mu\text{M}$ ) değerlere düştüğü derinlikler, kıyı istasyonunda olduğu gibi su yoğunluğunun tutarlı bir şekilde 15.4- 15.6 olduğu derinliklerde gözlenmiştir. Ekim 2010-Aralık 2011 tarihleri arasında açık istasyonda oksik tabaka, anoksik sulardan yaklaşık 41- 56 m kalınlığa sahip bir suboksik tabakayla ayrılmıştır. 96- 149 m derinlik arasında gözlenen suboksik tabaka üst yüzeyi, yaz aylarında açık istasyonda mevsimsel davranışa uygun olarak yüzeye yaklaşmıştır (Şekil 18). İlkbahar aylarında dikey karışımlara bağlı olarak tabakalaşmanın görülmediği su kolonunda ise tabaka üst yüzeyi daha derinlerde gözlenmiştir. Kıyı istasyonunda oksijence fakir bu ara geçiş tabakasının kalınlığı yıl

boyunca 30 m'lik bir değişim gösterirken, açık istasyonda tabaka kalınlığı 15 m'lik bir değişim sergilemiştir. Örnekleme periyodu boyunca hidrojen sülfürlü suların üst yüzeyi 151- 190 m arasında gözlenmiştir. Bu sular sigma-t 16.2 değerine karşılık gelen derinliklerde belirlenmiştir.

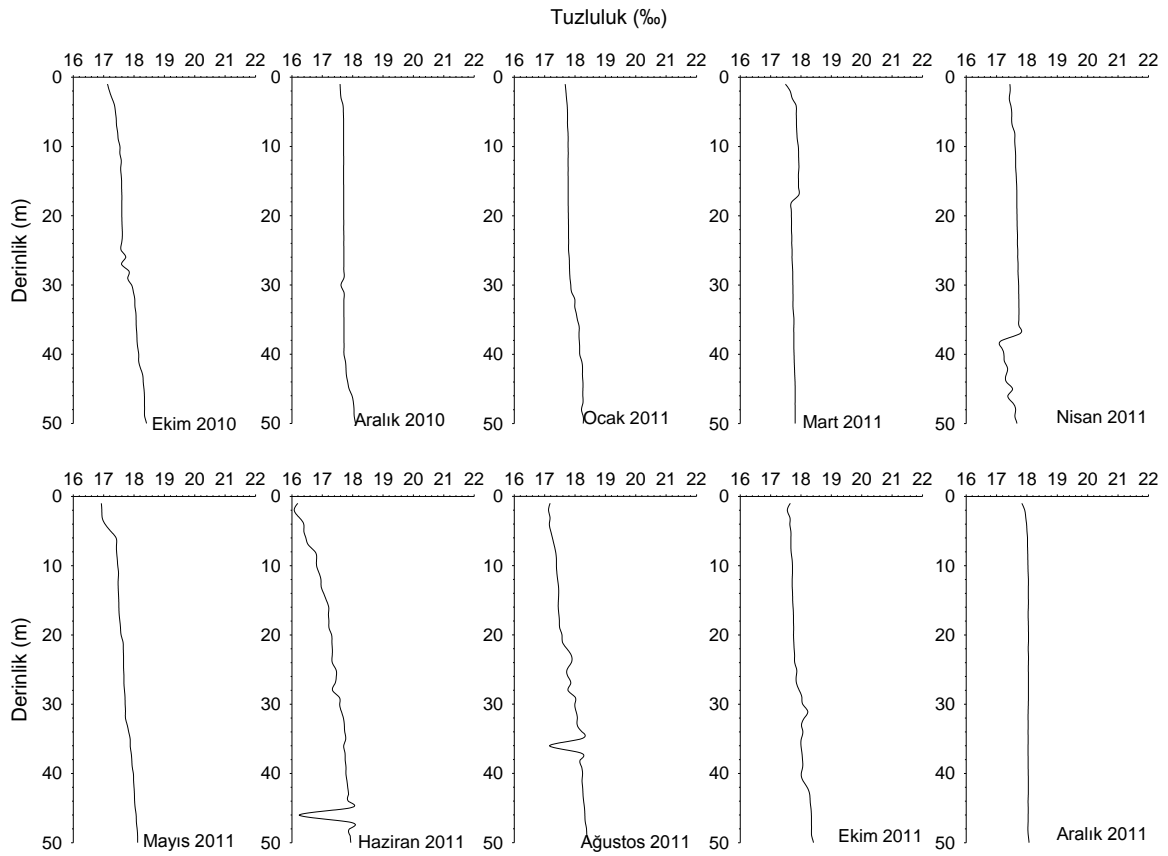


Şekil 18. Açık istasyonunda oksik, suboksik ve anoksik tabakanın örnekleme boyunca değişimi

### 3.1.3. Tuzluluk

Derinlerde Akdeniz etkisini yansıtan tuzlu sular ve yüzeyde ise tatlı su girdisiyle oluşan az tuzlu sularla karakterize olan Karadeniz kendine özgün bir tabakalaşma yapısı göstermektedir. Örnekleme periyodu süresince yakın kıyı istasyonunda yüzey suyu tuzluluk değerleri ‰ 16.19- 17.83 arasında değişmiştir (Şekil 19). Haziran 2011'de gözlenen ‰ 16.19'luk tuzluluk, çalışma döneminde belirlenen en düşük değerdir. Bu durum Haziran ayında artan yağış ve nehir deşarjı dolayısıyla karadan tatlı su girdisinin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Derinliğin artmasına paralel olarak artan tuzluluk, 50 m derinlikte ‰ 18.12'ye ulaşmıştır. Yakın kıyı istasyonunda yaz ayları dışında su kolonunda tuzluluk tabakalaşması görülmemiştir.

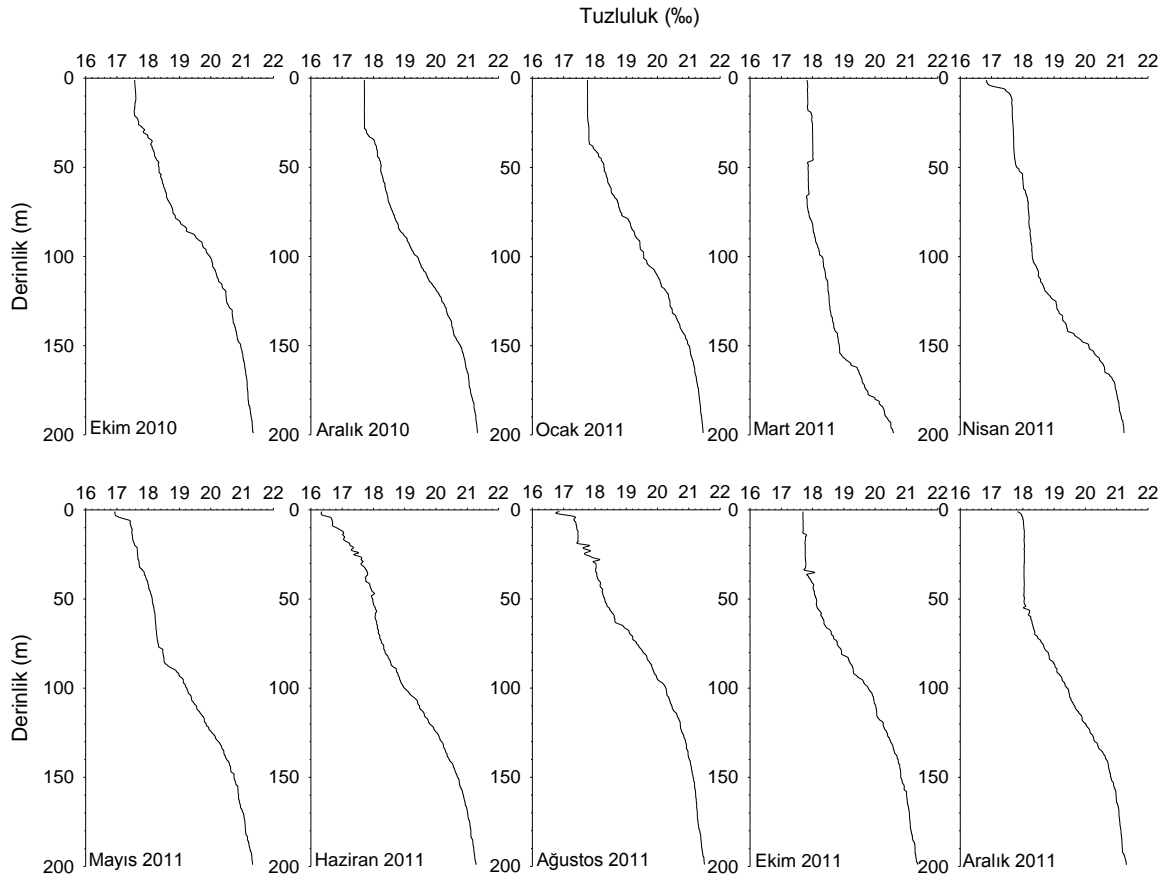
Kıyı istasyonunda yüzey tuzluluk değerleri en düşük Haziran, en yüksek Ekim ve Mart ayları olmak üzere ‰ 16.34- 17.83 değerleri arasında değişmiştir (Şekil 20). Tuzluluk değerleri Nisan ve Mart aylarında ilk 10 m içerisinde hızlı bir düşüş göstermiş, Haziran ayında ise nehirden tatlı su girdisinin artmasıyla birlikte yüzey tuzluluğundaki ani düşüş ilk 25 m'ye kadar inmiştir. Bu derinlikten itibaren Karadeniz'in genel yapısına uygun bir davranışla derinliğe bağlı kademeli bir artış sergilemiştir.



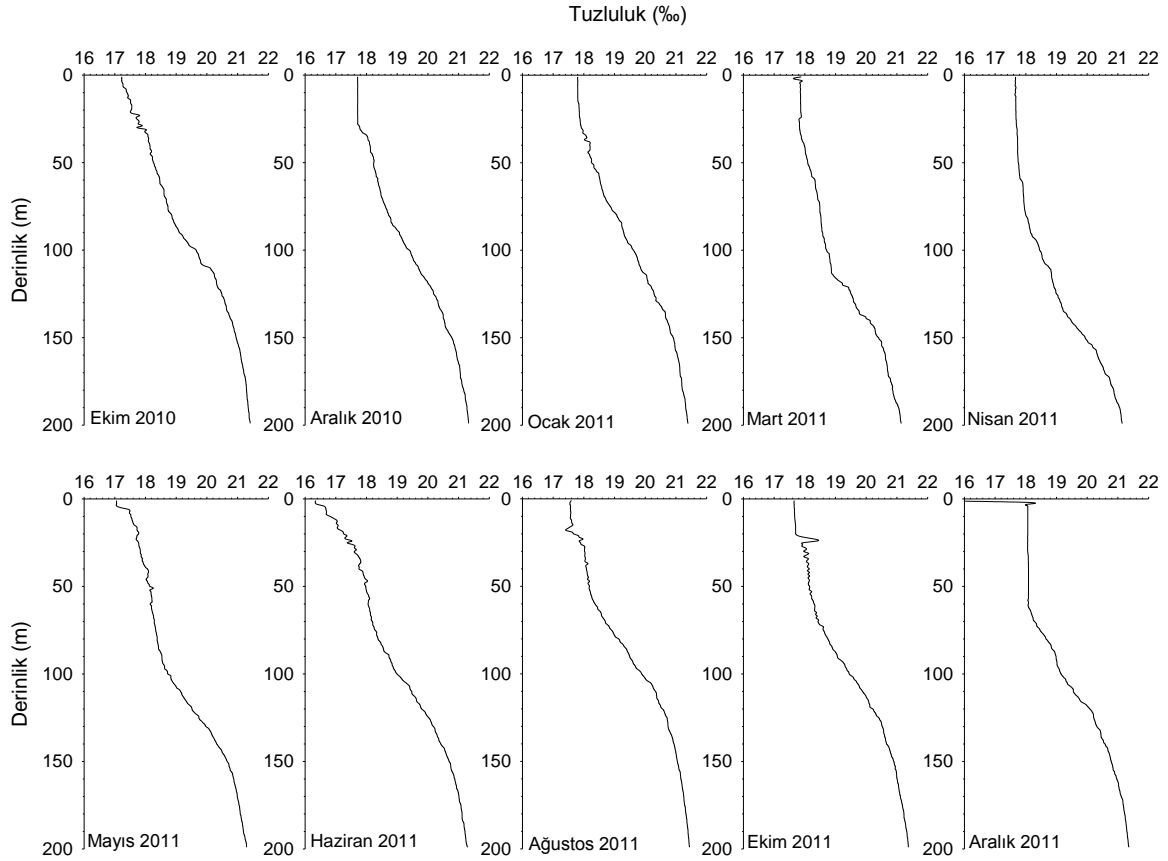
Şekil 19. Yakın kıyı istasyonunda tuzluluğun derinliğe bağlı değişimi

Açık deniz istasyonunda yüzey suyu tuzluluk değerleri (‰ 17.06-17.88) Haziran ayı (‰ 16.34) hariç örnekleme periyodu boyunca yakın kıyı ve kıyı istasyonuna nazaran daha ufak bir aralıkta değişim göstermiştir (Şekil 21). Yılın en soğuk ayları olan Aralık, Ocak, Mart ve Nisan'da tuzluluk yaklaşık ilk 40 m'lik su kolununda stabil kalırken bu derinlikten itibaren tuzluluk ara yüzeyi (Haloklin) gözlenmiştir. Tuzluluğun ve buna bağlı yoğunluğun artış gösterdiği haloklin tabakasının üst derinliğinin Karadeniz boyunca hep aynı sigma-t (14.5) değerinde başladığı daha önce yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Anonim,

2000). Güneydoğu Karadeniz’de yapılan bu çalışmada sigma-t (14.5) değerine karşılık gelen haloklin üst derinliği yıl boyunca kıyı istasyonunda 62- 114 m, açık istasyonda ise bu derinlik 64- 107 m arasında gözlenmiştir. Karadeniz’de kış süresince devam eden dikey karışımlar ancak haloklin tabakasının üst yüzeyine kadar süregelmektedir (Anonim, 2000). Bu bilgiler ışığında bölgede karışımın bu derinliklerde süregeldiği söylenebilir.



Şekil 20. Kıyı istasyonunda tuzluluğun derinliğe bağlı değişimi

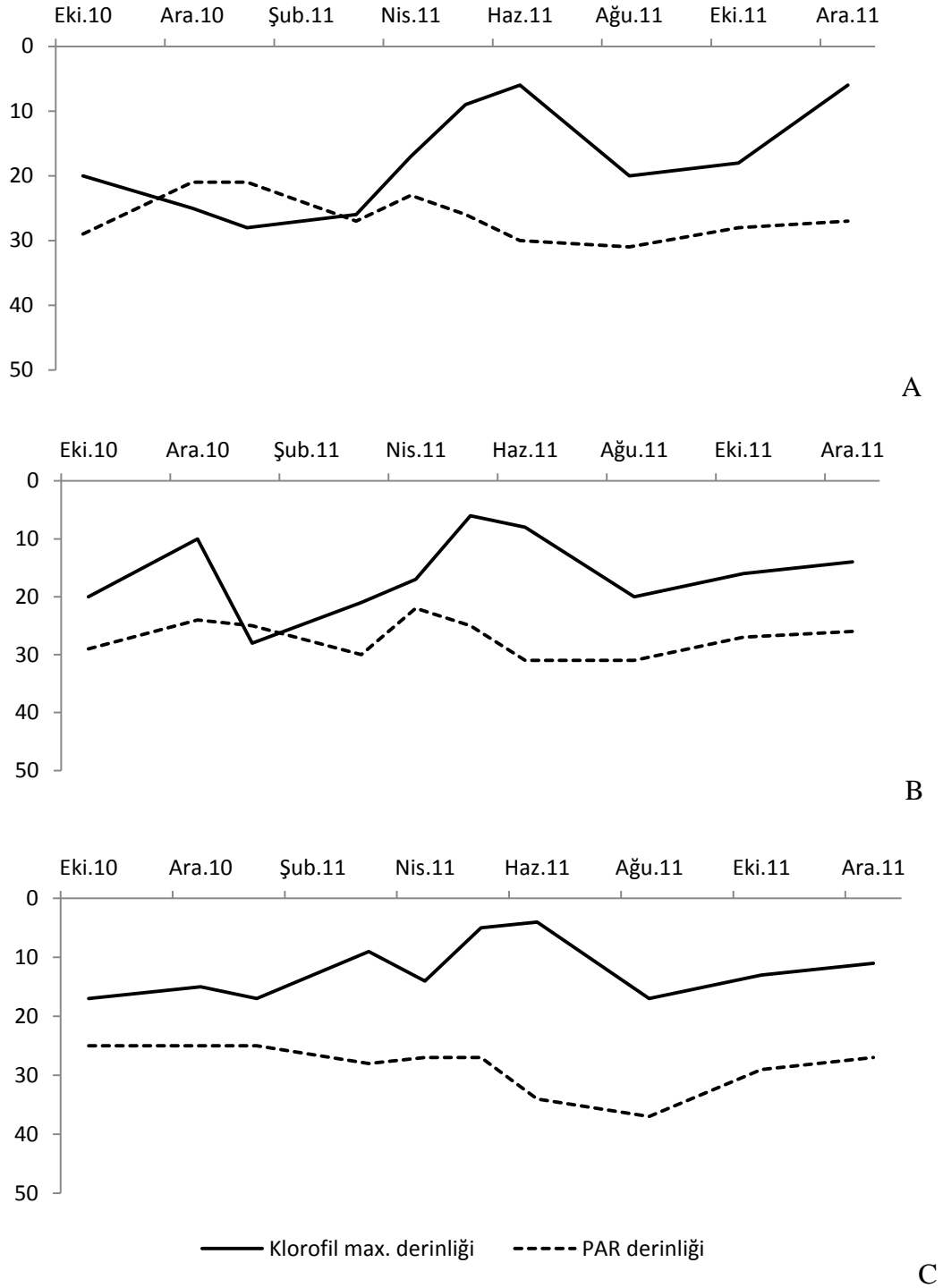


Şekil 21. Açık istasyonunda tuzluluğun derinliğe bağlı değişimi

### 3.1.4. Işık

Yüzeydeki güneş radyasyonunun % 1'e düştüğü nokta PAR (Fotosentetik Aktif Radyasyon) derinliği olarak isimlendirilmektedir. Çalışma süresince yakın kıyı istasyonunda PAR derinliği 21- 31 m arasında değişmiştir. Kıyı istasyonunda 22- 31 m arasında belirlenen PAR derinliği, açık sularda ise 25- 34 m arasında değişmiştir (Şekil 22). Örnekleme istasyonlarında yıl boyunca PAR derinliği kış aylarında yüzeye yaklaşmış, yaz aylarında ise daha derinlerde gözlenmiştir. Gözlemlenen bu farklılığın en önemli sebebi güneşin deniz yüzeyine geliş açısıdır. Ilıman bölgelerde yaz aylarında güneş radyasyonunun daha dik açı ile deniz yüzeyine ulaşması ışığın daha derinlere inmesine sebep olurken, kış aylarında ise açının azalması ışık enerjisinin düşmesine ve daha sığ sularda emilimine neden olmaktadır. Bu nedenle PAR derinliği kış aylarında yüzeye daha yakındır. Yaz aylarında açık istasyonunda PAR derinliği yakın kıyı ve kıyı istasyonuna nazaran daha derinlerde belirlenmiştir. Bu aylarda yakın kıyı ve kıyı istasyonunda, eriyen

kar sularıyla birlikte kıyasal deşarj etkisinin ve birincil üretimin artmasıyla birlikte ışık emiliminin daha hızlı olduğu görülmektedir.

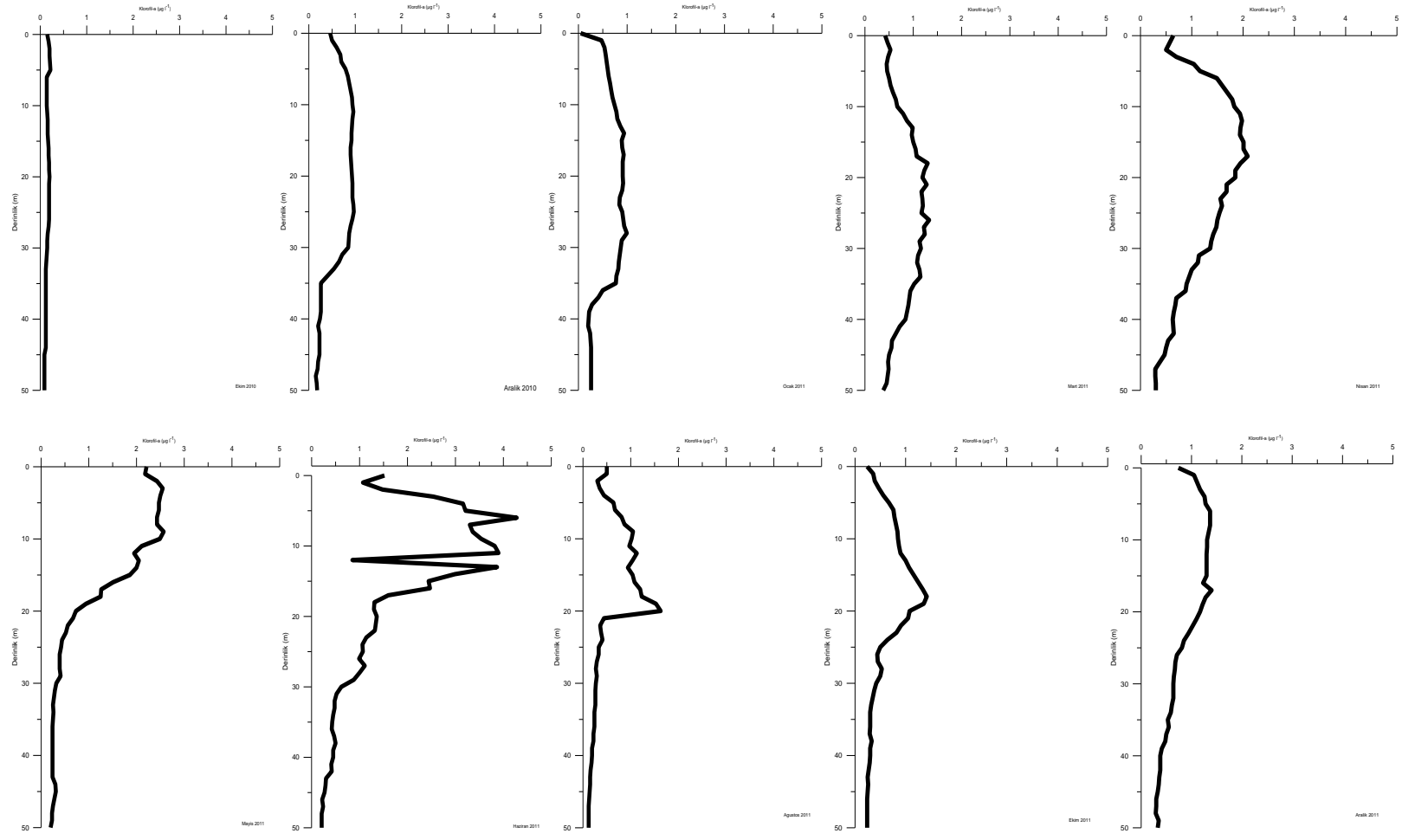


Şekil 22. Örnekleme istasyonlarında PAR ve klorofil max. derinliğinin zamana bağlı değişimi (A: yakın kıyı, B: kıyı, C: açık istasyonu)

### 3.2. Klorofil-a

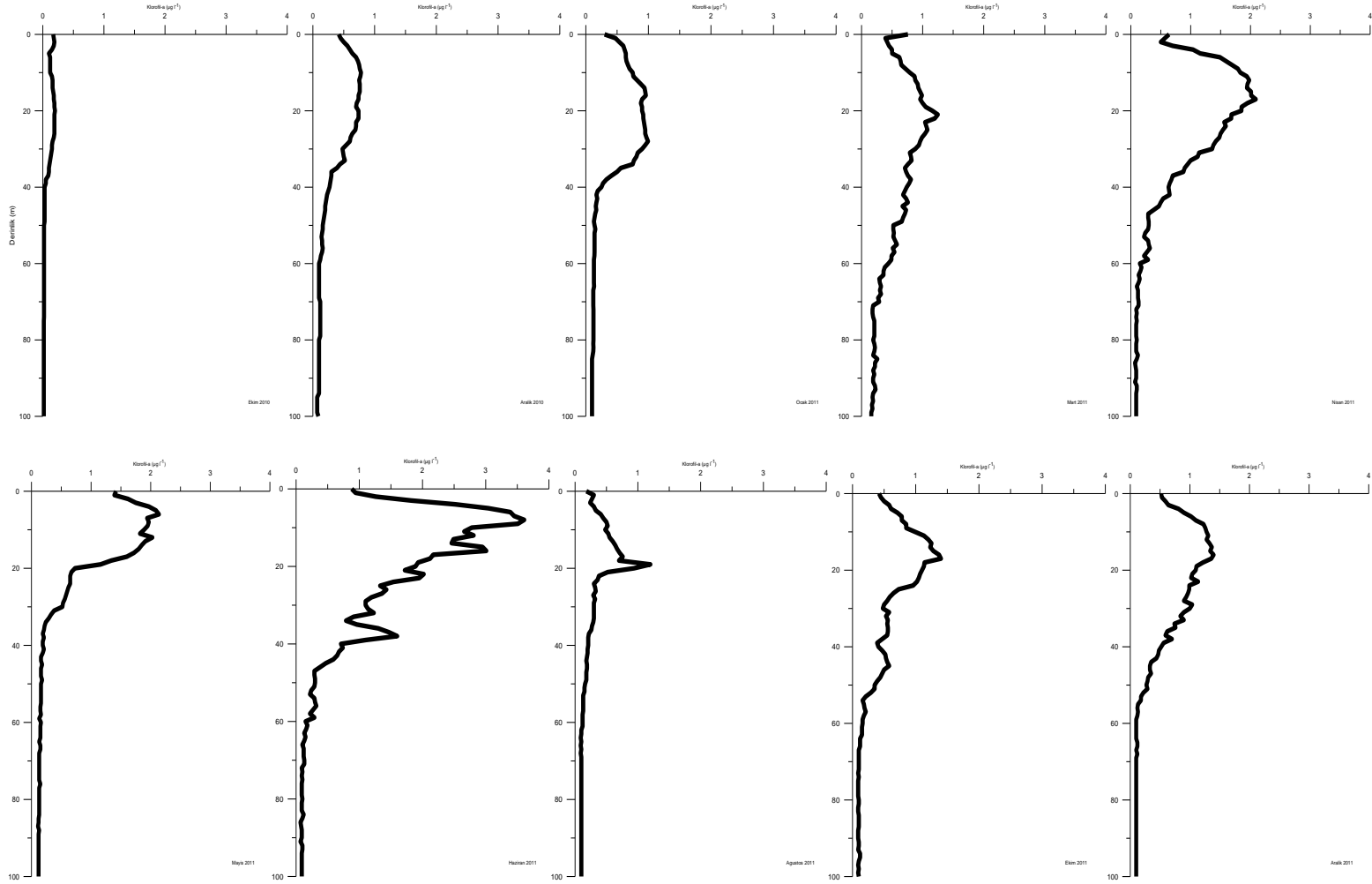
Klorofil-a değerleri zamana ve derinliğe bağlı değişimler göstermiştir. Yakın kıyı istasyonunda yüzey klorofil değerleri en düşük Mart ayında, en yüksek Haziran ayında olmak üzere 0.42- 2.21  $\mu\text{g l}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Yüzey altı klorofil maksimum derinliği 3- 26 m arasında tespit edilmiştir (Şekil 22). Örnekleme periyodu boyunca en yüksek klorofil değerleri Mayıs ayında 3 m'de (2.55  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) ve Haziran ayında 6 m'de (4.28  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) ölçülmüştür. Bu aylarda ilk 20 m içinde klorofil değerleri çok büyük değişim göstermemiştir. Ağustos ayında yüzeyde 0.5  $\mu\text{g l}^{-1}$  olarak okunan klorofil değerleri, 20 m'de (1.63  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) yaklaşık yüzey değerinin 3 katına ulaşmıştır. Bu derinlikten itibaren derinliğe bağlı olarak hızlı bir düşüş göstermiştir. Kasım ayında klorofil maksimum derinliği tekrar yüzeye yaklaşarak 6 m'de (1.37  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) okunmuş ve yüzeyden itibaren ilk 20 m'de homojen bir yapı sergilemiştir. Aralık ayıyla beraber düşen klorofil değerleri, Ocak ve Mart ayında da benzer değerlerde okunmuştur (Şekil 23). Bu aylarda en yüksek klorofil değerleri 25 m'nin altındaki derinliklerde ölçülmüştür. Yakın kıyı istasyonunda klorofil değerleri çalışma süresince kıyı ve açık istasyonda ölçülen klorofil değerlerinden daha yüksek seyretmiştir. Sıcaklık tabakalaşmasının gözleendiği aylarda yüzeye yakın okunan yüksek klorofil değerleri derinliğe bağlı azalış sergilerken, termoklinin belirginliğinin azalmasıyla beraber derinliğe bağlı artış eğilimi göstermiştir.

Kıyı istasyonunda yüzey klorofil değerleri en düşük Ekim 2010 ve en yüksek Haziran 2011 olmak üzere 0.17- 1.42  $\mu\text{g l}^{-1}$  aralığında değişim göstermiştir. Maksimum klorofil değerlerinin ölçüldüğü derinlikler 6- 28 m olarak belirlenmiştir (Şekil 22). Bu derinliklerden itibaren klorofil konsantrasyonu azalma göstermiş ve tüm yıl boyunca yaklaşık 70 m derinlikten sonra homojen bir yapı sergilemiştir. Dikey karışımlar nedeniyle homojen yapı sergileyen su kolonunda Ocak ayında yüzeyde düşük değerler (0.3  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) okunurken ilk 30 m içinde klorofil yüzeye göre 3 kat artış göstererek 28 m'de 0.99  $\mu\text{g l}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Karadeniz'de dikey karışımların süregeldiği Nisan ayıyla beraber klorofil değerleri artmaya başlamış ve en yüksek klorofil değeri (3.61  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) Haziran ayında 8 m derinlikte kaydedilmiştir. Sıcaklık tabakalaşmasının tamamıyla oluştuğu bu ayda, termoklin derinliği olan 30 m'nin altında ise klorofil değerleri hızla düşüş göstermiştir. Ekim 2010'da en düşük değerler okunmasına karşın, Ekim 2011'de klorofil değerleri yükseliş göstermiştir (Şekil 24).

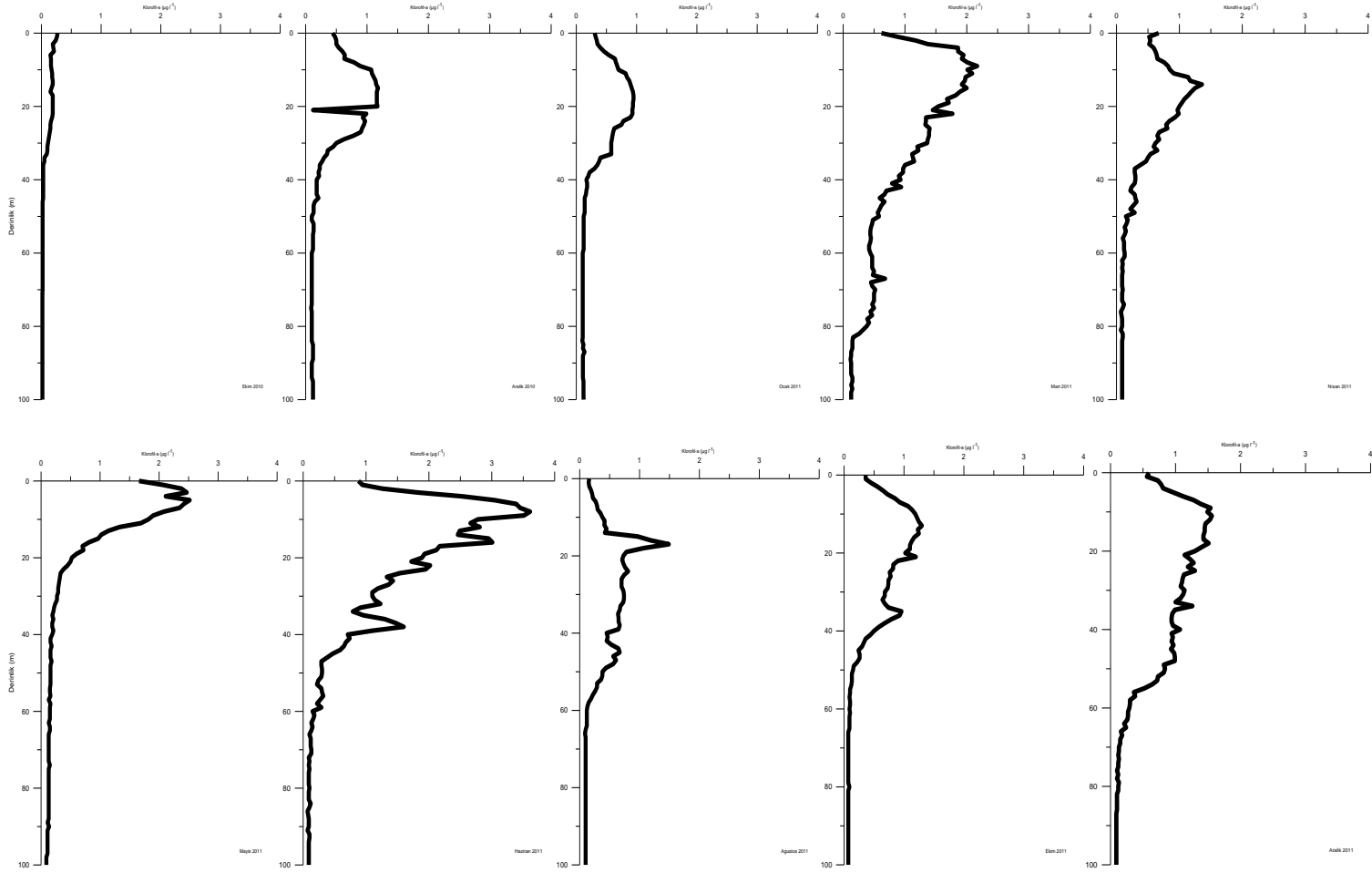


Şekil 23. Yakın kıyı istasyonunda klorofil-a değerlerinin derinliğe bağlı değişimi





Şekil 24. Kıyı istasyonunda klorofil-a değerlerinin derinliğe bağlı değişimi



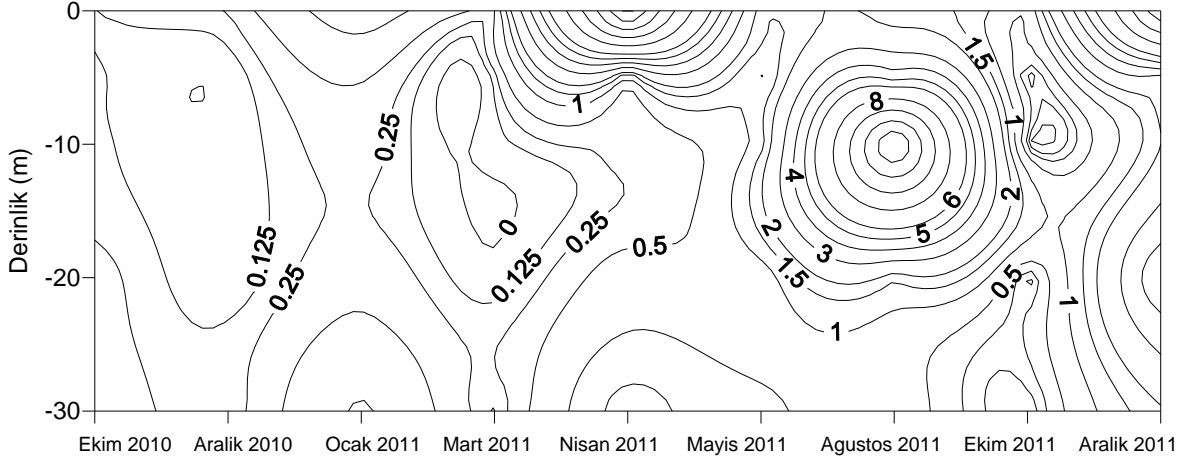
Şekil 25. Açık istasyonunda klorofil-a değerlerinin derinliğe bağlı değişimi

Açık istasyonunda klorofil değerleri en düşük Ekim 2010 ve en yüksek Mayıs 2011 olmak üzere, 0.16- 1.66  $\mu\text{g l}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Yüzey altı klorofil maksimum derinliği yakın kıyı ve kıyı istasyonlarından farklı olarak yüzeye daha yakın derinliklerde (5-17 m) tespit edilmiştir (Şekil 22). Örnekleme periyodu boyunca en düşük klorofil değerleri Ekim 2010'da ölçülürken, en yüksek klorofil değerleri ilkbahar aylarında belirlenmiştir. Mart ayında klorofil ilk 30 m'lik su kolonunda homojen bir yapı sergilerken, en yüksek değer (2.52  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) Mayıs ayında 5 m derinlikte ölçülmüştür. Benzer bir davranış Aralık 2011'de de gözlenmiştir (Şekil 25). Kıyı istasyonunda en yüksek değerler Haziran ayında okunurken, açık istasyonunda deniz koşulları dolayısıyla Haziran ayında ölçüm yapılamamıştır.

### **3.3. Besin Elementleri**

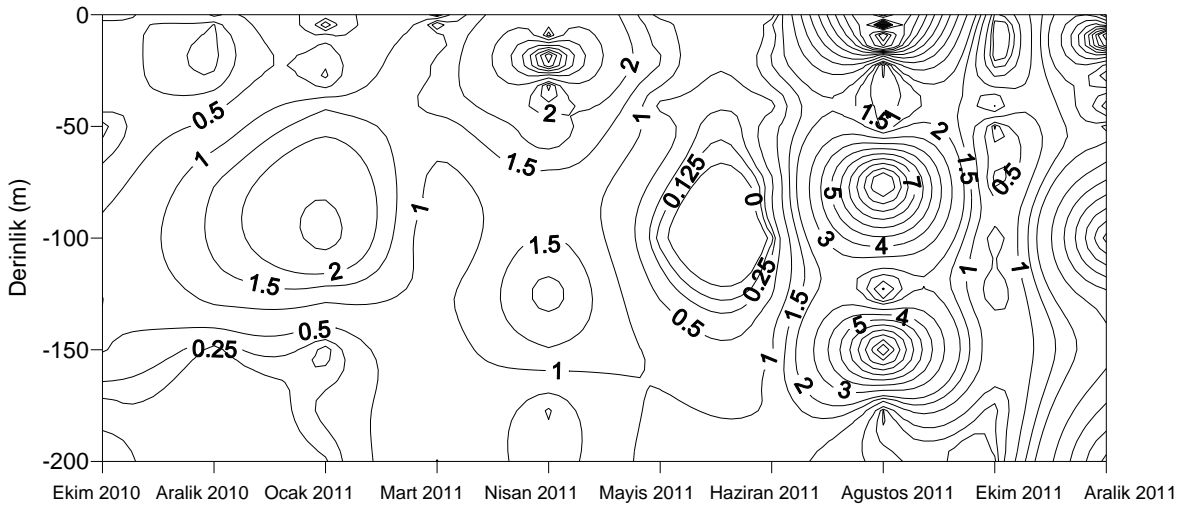
#### **3.3.1. Nitrit + Nitrat**

Karadeniz'in yüzey sularına hem karadan ve atmosferden, hem de kendi ara tabaka sularından dikey karışım ve difüzyon yoluyla inorganik besin elementleri taşınmaktadır. Yakın kıyı istasyonunun yüzey sularında  $\text{NO}_{2+3}$  konsantrasyonu Ekim 2010'da minimum ve Nisan 2011'de maksimum olmak üzere 0.12- 16.99  $\mu\text{M}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 26). Yüzey sularında Mayıs ayından Ekim 2011'e kadar düşük değerlerde seyreden nitrit+nitrat konsantrasyonu Aralık 2011'de tekrar yüksek değerlere (13.82  $\mu\text{M}$ ) ulaşmıştır. Ağustos ayında ise 10 m derinlikte benzer yüksek değerlere (16.71  $\mu\text{M}$ ) rastlanılmıştır. İlk 30 m'lik su kolonundaki ortalama konsantrasyonlara bakıldığında en yüksek değerler Nisan, Ağustos ve Aralık aylarında kaydedilmiştir.



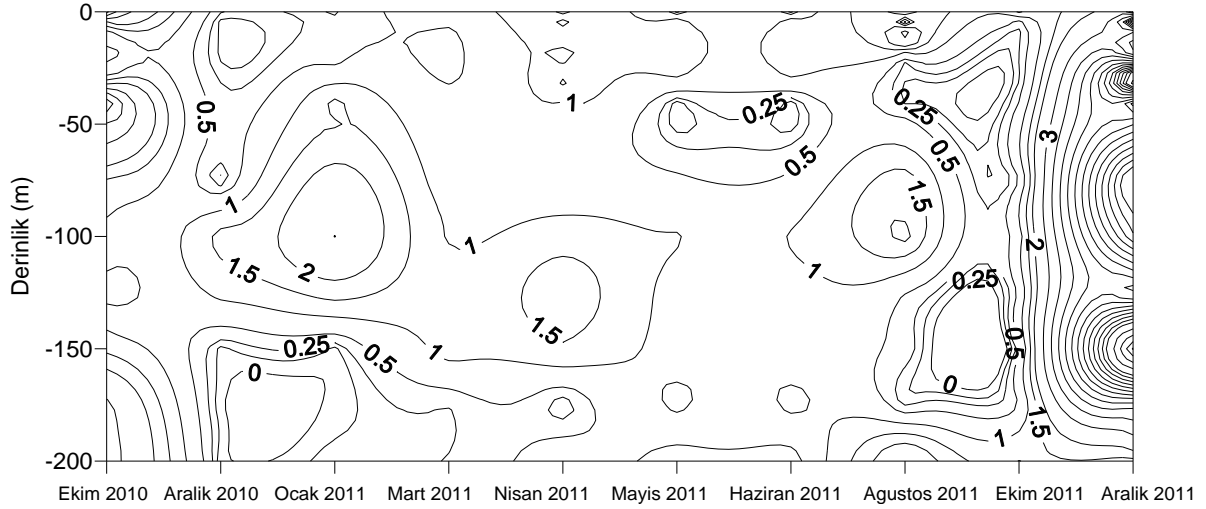
Şekil 26. Yakın kıyı istasyonunda  $\text{NO}_{2+3}$  konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi

Kıyı istasyonu yüzey sularında nitrit+nitrat değerleri en düşük Mart, en yüksek Ağustos ayında olmak üzere  $0.03- 15.61 \mu\text{M}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 27). Ekim, Aralık ve Ocak aylarında nitrit+nitrat konsantrasyonları derinliğe bağlı artış göstererek, 75- 100 m arasında yüzeye göre yaklaşık 3 kat artarak en yüksek düzeye ulaşmıştır. Nisan ayında  $2.98 \mu\text{M}$  olan nitrit+nitrat 20 m'de  $11.73 \mu\text{M}$ 'le ulaşmış, bu derinliğin altında ise tekrar yüzey değerlerine düşerek 150'ye kadar homojen bir yapı sergilemiştir. Mayıs ayında ise yüzeyde düşen konsantrasyon değerleri ilk 30 m içinde yükselirken, bu derinlikten sonra düşüş sergilemiş, 150 m'den itibaren ise tekrar artış göstermiştir.



Şekil 27. Kıyı istasyonunda  $\text{NO}_{2+3}$  konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi

En yüksek değerlerin okunduğu Ağustos ayında, nitrit+nitrat değerleri 10, 75 ve 150 m derinliklerde ani artış sergilemiştir. Ekim 2011’de yüzeyde çok düşük okunan nitrit+nitrat değerleri ( $0.21 \mu\text{M}$ ) 40 m’de en yüksek değere ( $2.21 \mu\text{M}$ ) ulaşmıştır. Aralık ayında ise 200 m’lik su kolonu içerisinde nitrit+nitrat değerleri yüksek değerlerde ( $> 1 \mu\text{M}$ ) seyretmiş, 10 m’de ise en yüksek değer ( $15.44 \mu\text{M}$ ) ölçülmüştür.



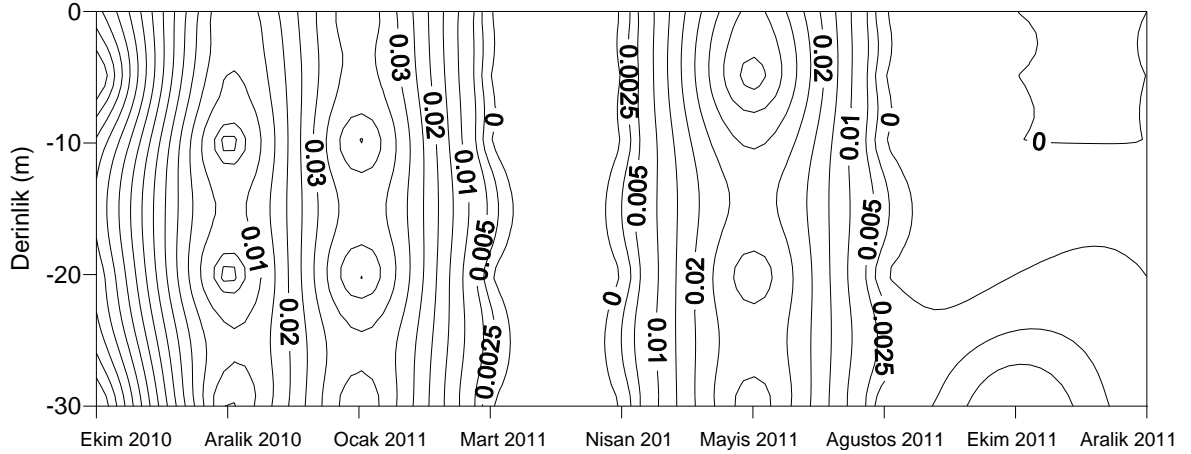
Şekil 28. Açık istasyonda  $\text{NO}_{2+3}$  konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi

Açık istasyonda yüzeyde nitrit+nitrat değerleri en düşük Mayıs ve en yüksek Ekim 2010 olmak üzere  $0.17- 5.26 \mu\text{M}$  aralığında değişim göstermiştir (Şekil 28). Kıyı istasyonunda farklı olarak açık istasyonda, Ekim ayında su kolonunda nitrit+nitrat 0- 5 m, 40- 75 m ve 150- 200 m arası artış göstererek  $1.4- 5.26 \mu\text{M}$  arasında değişmiştir. Aralık ayında ilk 75 m içerisinde düşük konsantrasyonlarda seyreden nitrit+nitrat 100- 125 m ara yüzeyinde yüzeye göre yaklaşık 6 kat artış göstererek,  $1.70 \mu\text{M}$  seviyesine ulaşmıştır. Ocak ayında benzer durum 40- 125 m, Mart ayında ise 125- 150 m arasında gözlenmiştir. Nisan ayında yüzeyde artan nitrit+nitrat konsantrasyonu su kolonunda peşpeşe artış ve azalışlar sergileyerek dalgalanmalar göstermiştir. Yüzey konsantrasyonları Mayıs ayında ani bir düşüş sergilerken, 5- 30 m ara yüzeyinde, 100 ve 175 m’lerde  $1 \mu\text{M}$ ’ün üzerinde değerlere ulaşmıştır. Ağustos ayında yüzeyde tekrar yükselen nitrit+nitrat 10, 100 ve 200 m derinliklerde artış sergilemiştir. Ekim ayında yüzeyde  $1.59 \mu\text{M}$  olan değerler, derinliğe bağlı azalış göstererek  $1 \mu\text{M}$ ’ün altında seyretmiş, 200 m’de ise tekrar artmıştır. Aralık

2011’de tüm su kolonunda geniş bir aralıkta salınım göstererek 150 m’de örnekleme periyodu boyunca ölçülen en yüksek değere ( $82.29 \mu\text{M}$ ) ulaşmıştır.

### 3.3.2. Fosfat

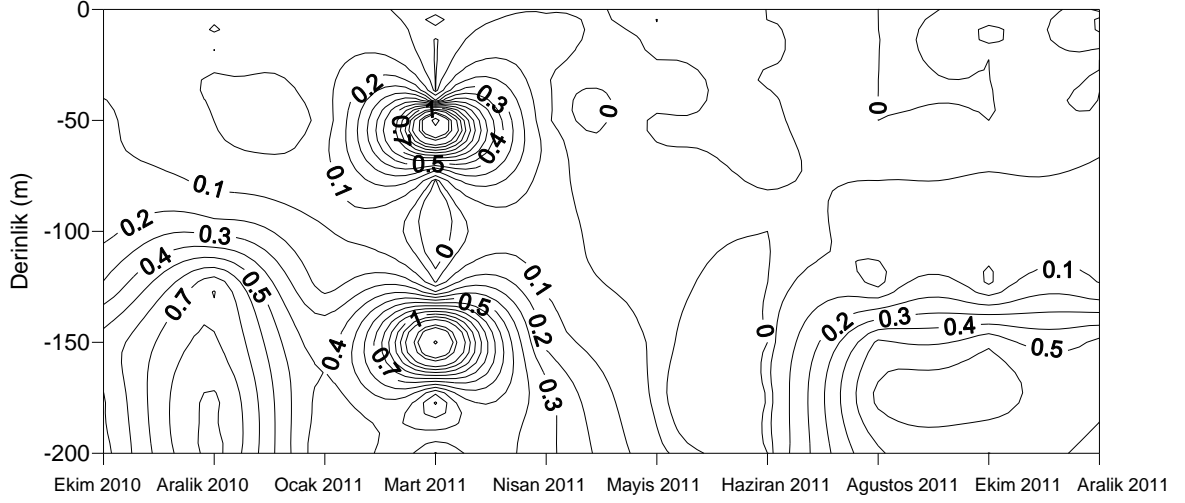
Karadeniz’in kıyısız yüzey sularında nitrate oranla fosfat daha düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Fotosentez kaynaklı POM ve fitoplankton biyokütlesinin ortamdaki kullanılabilir fosfat derişimiyle yakından ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (Anonim, 2000). Yakın kıyı istasyonunda yüzeyde fosfat örnekleme periyodu boyunca çok düşük konsantrasyonlarda ölçülürken ( $0.01- 0.06 \mu\text{M}$ ), Mart, Nisan Ağustos, Ekim ve Aralık aylarında belirlenememiştir. En yüksek değerlerin ( $0.06- 0.08 \mu\text{M}$ ) ölçüldüğü Ekim ayında ilk 30 m’de homojen bir yapı sergilemiştir. Ocak ve Mayıs aylarında da benzer durum gözlenmiştir (Şekil 29).



Şekil 29. Yakın kıyı istasyonunda  $\text{PO}_4$  konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi

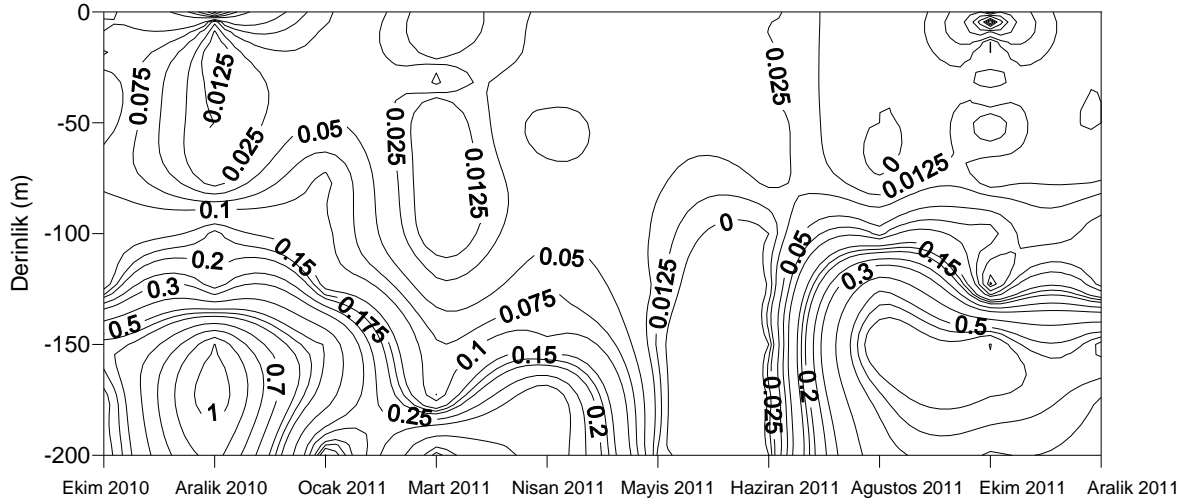
Öfotik tabaka altındaki su kolonunda besin elementleri derişimlerinin derinlikle değişimleri arasında ters orantılı kuvvetli bir ilişki vardır. Kıyı istasyonunda yüzeyde Mart, Ağustos, Ekim ve Aralık aylarında fosfat belirleme sınırının altında kalmıştır. Fosfat derişimi yüzeyde  $0.02- 0.07 \mu\text{M}$  arasında değişim göstermiştir. Karadeniz genelinde yapılan çalışmalarda, suboksik sulardaki fosfat iyonlarının, Fe ve Mn oksitlere tutunarak anoksik sulara katı fazda taşındığı ve metal oksitlerin sülfürlü sularda oksitlenmesi sonucunda fosfat konsantrasyonunun artış gösterdiği rapor edilmiştir (Anonim, 2000).

Örnekleme periyodu boyunca fosfat konsantrasyonu benzer şekilde suboksik tabakayla beraber artış göstermeye başlamış, anoksik bölgede ise maksimum değerlere (0.31- 0.94  $\mu\text{M}$ ) ulaşmıştır. Yalnızca Mayıs ayında 200 m'lik su kolonunda konsantrasyon değerleri homojen bir yapı sergilemiştir (Şekil 30).



Şekil 30. Kıyı istasyonunda  $\text{PO}_4$  konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi

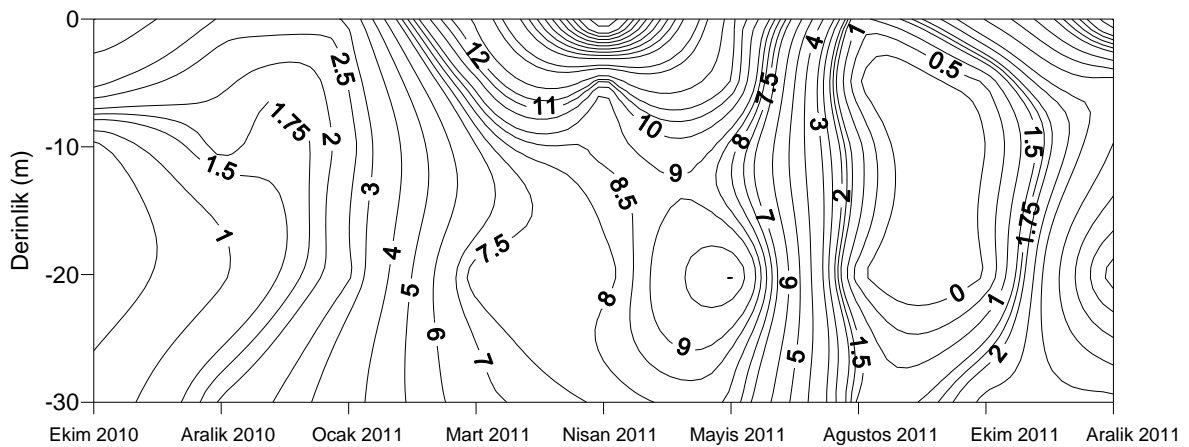
Açık istasyonda yüzey fosfat derişimi 0.03- 0.32  $\mu\text{M}$  arasında değişim göstermiştir. Mart, Ağustos, Ekim ve Aralık aylarında fosfat konsantrasyonu belirleme sınırının altında olduğu için ölçülememiştir. Kıyı istasyonuna benzer şekilde, fosfat derişimi derinliğe bağlı değişim sergilemiştir. Açık sularda anoksik bölgenin üst sınırında fosfat derişimi hızlı bir artış göstererek 0.38-1.07  $\mu\text{M}$  aralığında belirlenmiştir. Mayıs ayı profili kıyı bölgesindeki benzer şekilde gözlenmiştir (Şekil 31).



Şekil 31. Açık istasyonda  $PO_4$  konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi

### 3.3.3. Silikat

Karadeniz genelinde silikat konsantrasyonu oksik tabakada düşük değerlerde, anoksik sularda ise en yüksek değerlerde olduğu birçok çalışma tarafından ortaya konmuştur. Uzun yıllar boyunca silikatın zamansal değişim göstermediği öne sürülmüştür. Ancak Tuna nehri üzerine kurulan barajların etkisiyle yüzey sularında silikat değerlerinin 1980'lerin sonunda düştüğü, 1990'lı yılların başında ise yüzeyde tekrar artış gözlemlendiği, bunun aksine anoksik sularda ise azalma olduğu rapor edilmiştir (Humborg vd., 1997; Tuğrul vd., 1992; Konovalov vd., 1999).

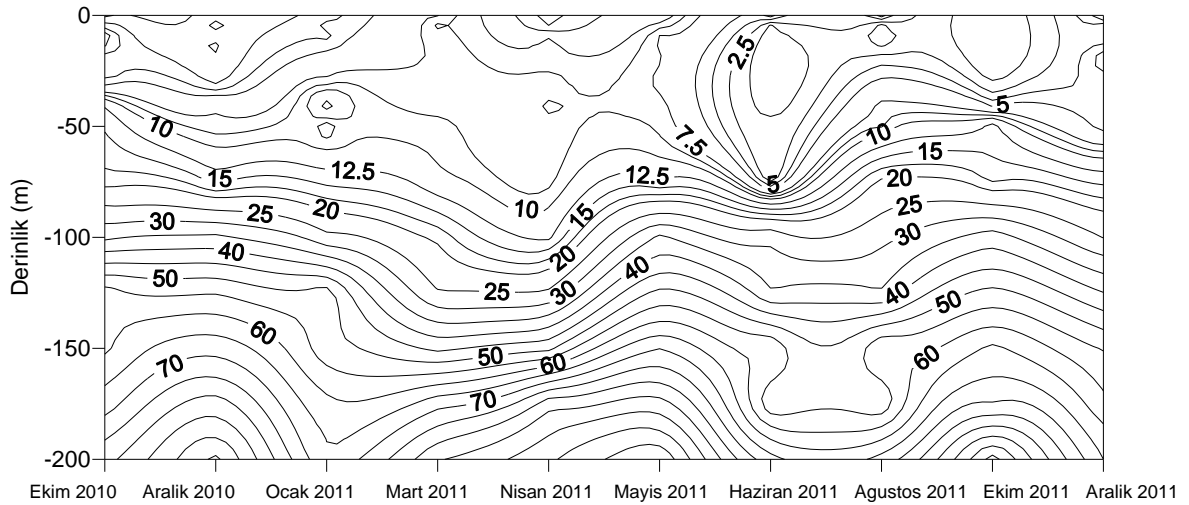


Şekil 32. Yakın kıyı istasyonunda  $SiO_4$  konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi

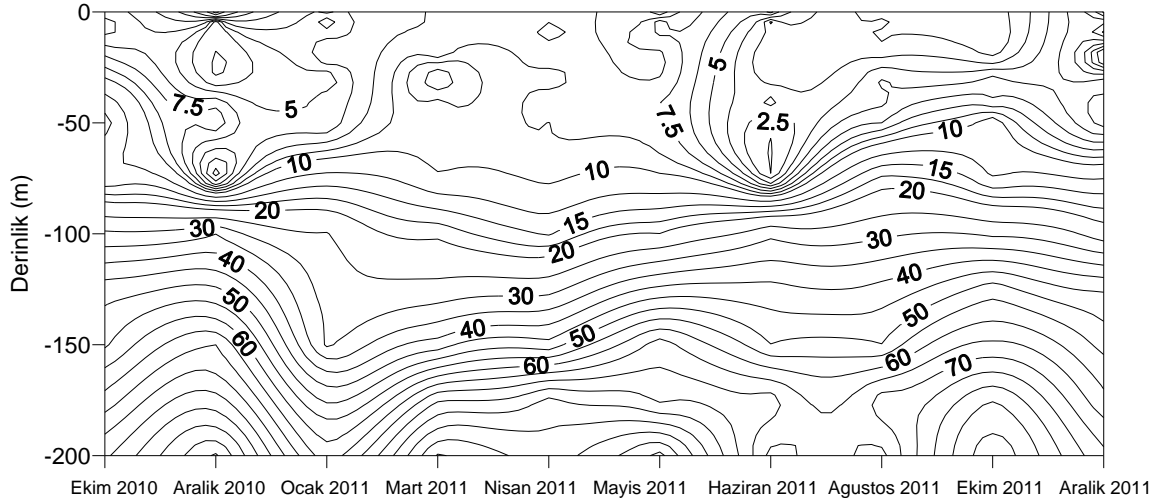


Güneydoğu Karadeniz’de yapılan bu çalışmada kıyısal deşarjın etkisinde olan yakın kıyı istasyonunda yüzey silikat konsantrasyonu en düşük Ağustos, en yüksek Nisan ayı olmak üzere 0.86- 49.72  $\mu\text{M}$  arasında değişmiştir. Kış aylarında ilk 30 m’lik su kolonunda homojen yapı sergileyen silikat, ilkbahar aylarında yağışlar ve nehirlerden gelen tatlı su girdisinin artmasıyla artış göstererek en yüksek değerlere ulaşmıştır. Bölgede ilkbaharda silikatın birincil üreticiler tarafından kullanılmasıyla, yaz aylarında konsantrasyonunda düşüş kaydedilmiştir (Şekil 32).

Kıyı istasyonunda yüzeyde silikat değerleri en düşük Ekim, en yüksek Aralık ayında olmak üzere 0.37- 16.63  $\mu\text{M}$  arasında değişim göstermiştir. Sonbaharda düşük olan değerler, Ocak ayıyla beraber artış göstermeye başlamış ve ilkbahar aylarında yakın kıyı istasyonunda olduğu gibi yüksek değerler okunmuştur. Silikat değerleri Karadeniz’in karakteristiğine uygun olarak suboksik bölgeyle beraber artış göstermeye başlamış, en yüksek değerlere (64.32- 104.58  $\mu\text{M}$  ) ise anoksik bölgede ulaşmıştır (Şekil 33).



Şekil 33. Kıyı istasyonunda  $\text{SiO}_4$  konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi



Şekil 34. Açık istasyonda SiO<sub>4</sub> konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi

Açık istasyonda silikat konsantrasyonu yüzeyde 0.23- 16.27 µM arasında değişim göstermiştir. Yakın kıyı ve kıyı istasyonundan farklı olarak en düşük yüzey konsantrasyonu Ağustosta kaydedilirken, en yüksek değerler Aralık 2010'da okunmuştur. Ocak ayında düşen silikat değerleri Mayıs ayında tekrar yükselmiştir. Bu istasyonda da silikat konsantrasyonu ilk 75 m içinde dalgalanmalar gösterirken, bu derinlikten sonra hızlı bir artış göstererek 200 m'de maksimum değerlere (61.77- 101.93 µM) ulaşmıştır (Şekil 34).

Çalışma bölgesinde elde edilen besin elementi konsantrasyonlarının derinliğe bağlı değişimi incelendiğinde, NO<sub>2+3</sub> konsantrasyonu örnekleme periyodu boyunca homojen dağılım göstermiştir. PO<sub>4</sub> konsantrasyonunun derinlikler arasında gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre 2 homojen grup tespit edilmiştir. Buna göre yüzey, 5 m ve 75 m diğer örnekleme derinliklerinden farklılık göstermektedir. SiO<sub>4</sub> konsantrasyonunun derinliğe bağlı değişiminde 7 homojen grup tespit edilmiştir. Yüzey, 5 m, 10 m, 75 m ve 100 m birbirlerinden ve diğer tüm derinliklerden istatistiki açıdan farklılık arz etmektedirler (Tablo 2).

Tablo 2. Besin elementleri için örnekleme derinlikleri arasında gerçekleştirilen varyans analiz tablosu ( $p < 0.05$ )

Derinlik	NO <sub>3+2</sub>	1	Derinlik	Fosfat	1	2	Derinlik	Silikat	1	2	3	4	5	6	7
5 m	0,974	****	40 m	0,024	****		175 m	4,189	****						
0 m	1,103	****	150 m	0,024	****		50 m	4,734	****	****					
40 m	1,212	****	30 m	0,025	****		40 m	5,155	****	****					
10 m	1,238	****	175 m	0,027	****		150 m	5,281	****	****					
125 m	1,334	****	200 m	0,033	****		30 m	7,271	****	****					
150 m	1,391	****	20 m	0,038	****		125 m	8,180	****	****					
30 m	1,436	****	50 m	0,038	****		200 m	8,295	****	****					
50 m	1,466	****	100 m	0,080	****		20 m	11,74		****					
100 m	2,351	****	10 m	0,137	****		100 m	26,870			****				
75 m	2,397	****	125 m	0,143	****		10 m	41,655				****			
20 m	2,412	****	0 m	0,402		****	75 m	55,520					****		
200 m	2,497	****	5 m	0,408		****	5 m	70,405						****	
175 m	2,551	****	75 m	0,458		****	0 m	82,770							****

Besin elementlerinin örnekleme dönemleri boyunca dağılımı incelendiğinde, NO<sub>2+3</sub> için 3 homojen grup tespit edilmiştir. Açıkça görülmektedir ki NO<sub>3+2</sub> derinliğe bağlı değişimi istatistiki açıdan önemli olmazken, zamansal değişimi önemli olmaktadır. NO<sub>3+2</sub> için Aralık 2011 tüm aylardan farklılık göstermiştir. PO<sub>4</sub> için tarihler arasında gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre iki homojen grup belirlenmiştir. Kendi homojen grubu dışında diğer hiçbir gruba dâhil olmaması sebebiyle Aralık 2010, Mayıs ve Haziran 2011 istatistiki açıdan farklılık göstermektedir. SiO<sub>4</sub> konsantrasyonu ise istatistiki açıdan derinliğe bağlı farklılık gösterse de, dönemler arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık tespit edilememiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Besin elementleri için örnekleme dönemleri arasında gerçekleştirilen varyans analiz tablosu ( $p < 0.05$ )

Tarih	NO <sub>3+2</sub>	1	2	3	Tarih	Fosfat	1	2	Tarih	Silikat	1
Aralık 2010	0.365	****			Haziran 2011	0,026	****		Ocak 20011	18,608	****
Ekim 2011	0.417	****			Mayıs 2011	0,026	****		Haziran 2011	18,918	****
Mart 2011	0.770	****			Nisan 2011	0,082	****	****	Ağustos 2011	19,314	****
Haziran 2011	0.867	****			Aralık 2011	0,119	****	****	Aralık 2011	20,376	****
Mayıs 2011	0.867	****			Ocak 2011	0,119	****	****	Mart 2011	22,243	****
Ocak 2011	1.045	****			Ağustos 2011	0,128	****	****	Ekim 2010	23,281	****
Ekim 2010	1.111	****			Ekim 2011	0,132	****	****	Ekim 2011	23,925	****
Nisan 2011	2.098	****	****		Ekim 2010	0,178	****	****	Nisan 2011	24,422	****
Ağustos 2011	3.592		****		Mart 2011	0,191	****	****	Aralık 2010	24,753	****
Aralık 2011	6.259			****	Aralık 2010	0,253		****	Mayıs 2011	27,324	****

Besin elementleri için istasyonlar arasında gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre,  $\text{NO}_{2+3}$  konsantrasyonu üç örnekleme istasyonunda da farklılık göstermemiştir. Ancak  $\text{PO}_4$  ve  $\text{SiO}_4$  konsantrasyonu bakımından yakın kıyı istasyonu, kıyı ve açık istasyonundan istatistiki anlamda farklılık sergilemiştir (Tablo 4).

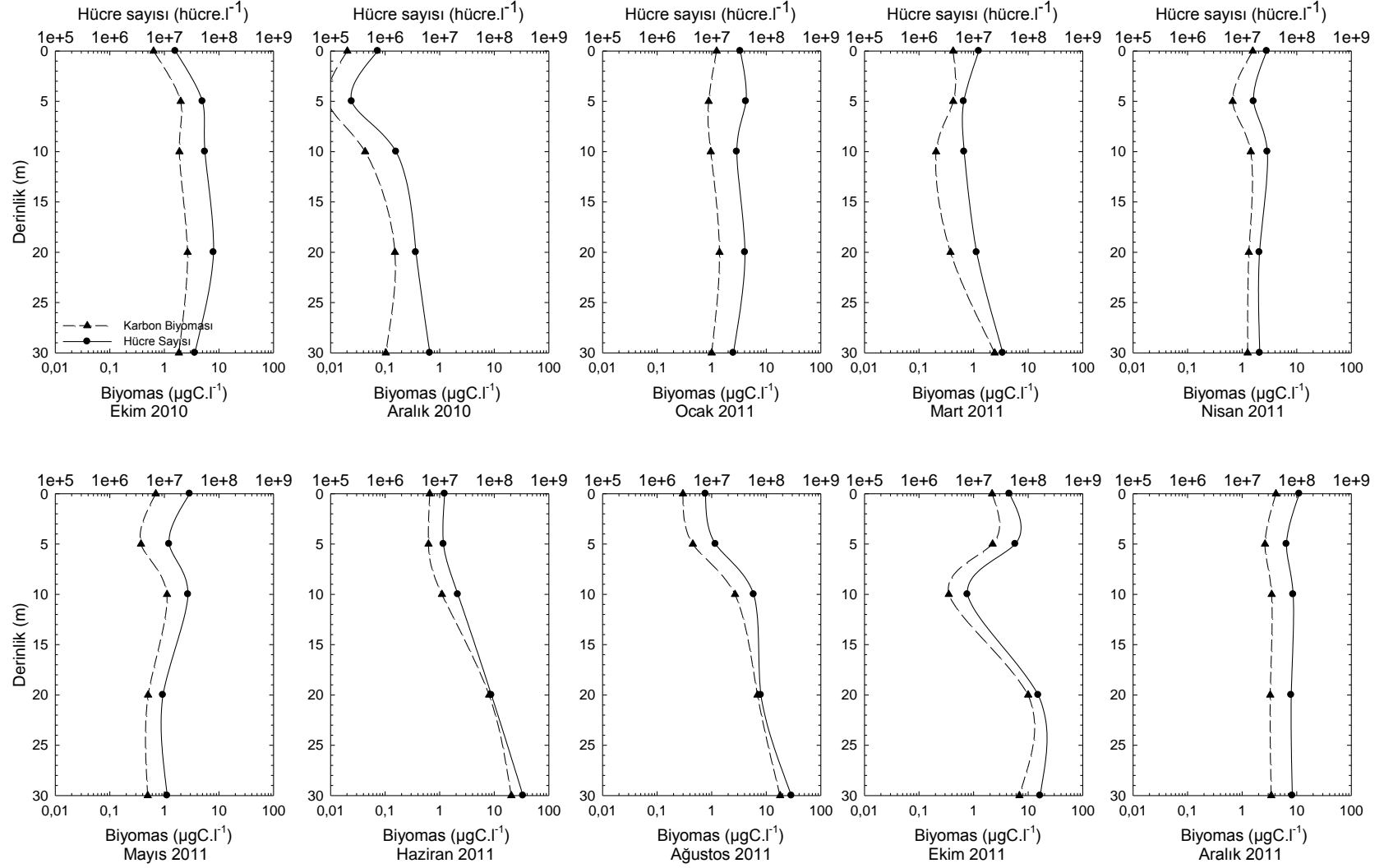
Tablo 4. Besin elementleri için örnekleme istasyonları arasında gerçekleştirilen varyans analizi tablosu ( $p < 0.05$ )

İstasyon	$\text{NO}_{3+2}$	1	İstasyon	Fosfat	1	2	İstasyon	Silikat	1	2
Açık	1,702	****	Yakın kıyı	0,018		****	Yakın kıyı	6,097		****
Kıyı	1,758	****	Açık	0,130	****		Açık	25,073	****	
Yakın kıyı	1,778	****	Kıyı	0,162	****		Kıyı	25,798	****	

### 3.4. Pikoplankton Bolluk ve Karbon Biyomasları

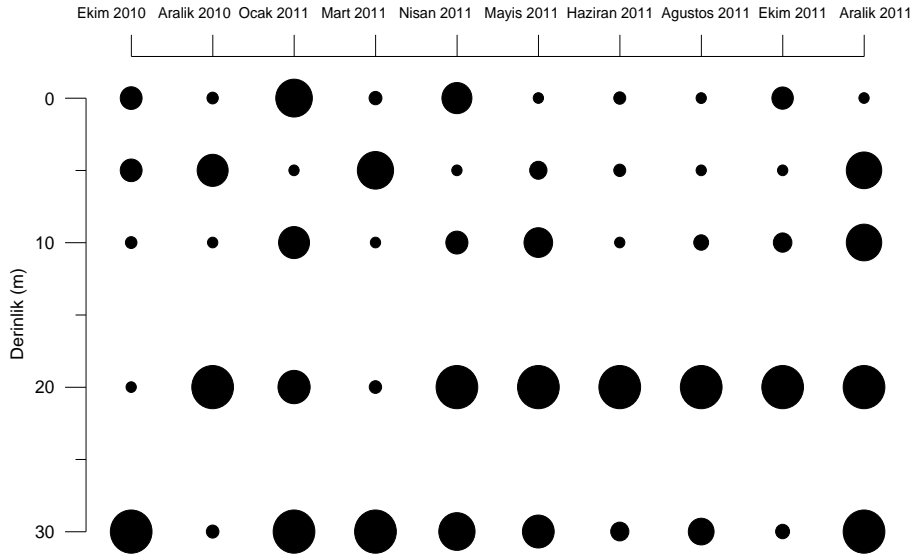
#### 3.4.1. Cyanobakteri *Synechococcus* spp.

Ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp.'nin yakın kıyı istasyonunda bolluk değerleri yüzeyde  $7.34 \times 10^5$ - $11.1 \times 10^7$  hücre  $\text{l}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 35). Dikey karışımların süregeldiği Ocak ayı ve ilkbahar aylarında hücre bolluğunda derinliğe bağlı azalış, diğer aylarda ise bunun tersi bir durum gözlenerek hücre sayıları artış göstermiştir. Nisan ayında 30 m'lik su kolonu içerisinde homojen dağılım sergileyen *Synechococcus* spp. mevsimsel termoklinin oluşması ile beraber en yüksek bolluk değerlerine ( $33.7 \times 10^7$  hücre  $\text{l}^{-1}$ ) Haziran ayında 30 m derinlikte ulaşmıştır. Yakın kıyı istasyonunda ilk 30 m içerisindeki ortalama hücre bolluklarına bakıldığında en düşük değerler Aralık 2010'da kaydedilirken, en yüksek değerler Haziran ayında kaydedilmiştir. Ocak-Mayıs periyodunda yüzeyde görülen hücre sayılarındaki artış, Haziran ayıyla birlikte daha derinlerde gözlenmeye başlanmıştır. Yüzeyde aşırı ışıktan genelde olumsuz etkilenen hücrelerin, yüzey altı derinliklerde genelde daha yoğun pigment içeriğine sahip olduğu ve epifloresan mikroskopu altında uzun süreli ve parlak yansıma özelliği gösterdiği gözlenmiştir. Yıl boyunca yüzey, 5 m ve 10 m ortalama hücre bolluklarına bakıldığında, ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp.'nin ilk 10 m'de homojen bir yapı sergilediği, 20 m'den itibaren artış göstermeye başladığı gözlenmiştir. Örnekleme periyodu boyunca en yüksek hücre sayısına, su kolonunda tabakalaşmanın görülmediği Aralık, Ocak, Mart ve Nisan ayları hariç ışığın % 1'lik değere indiği derinliklerde rastlanılmıştır.



Şekil 35. Yakın kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp. hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi

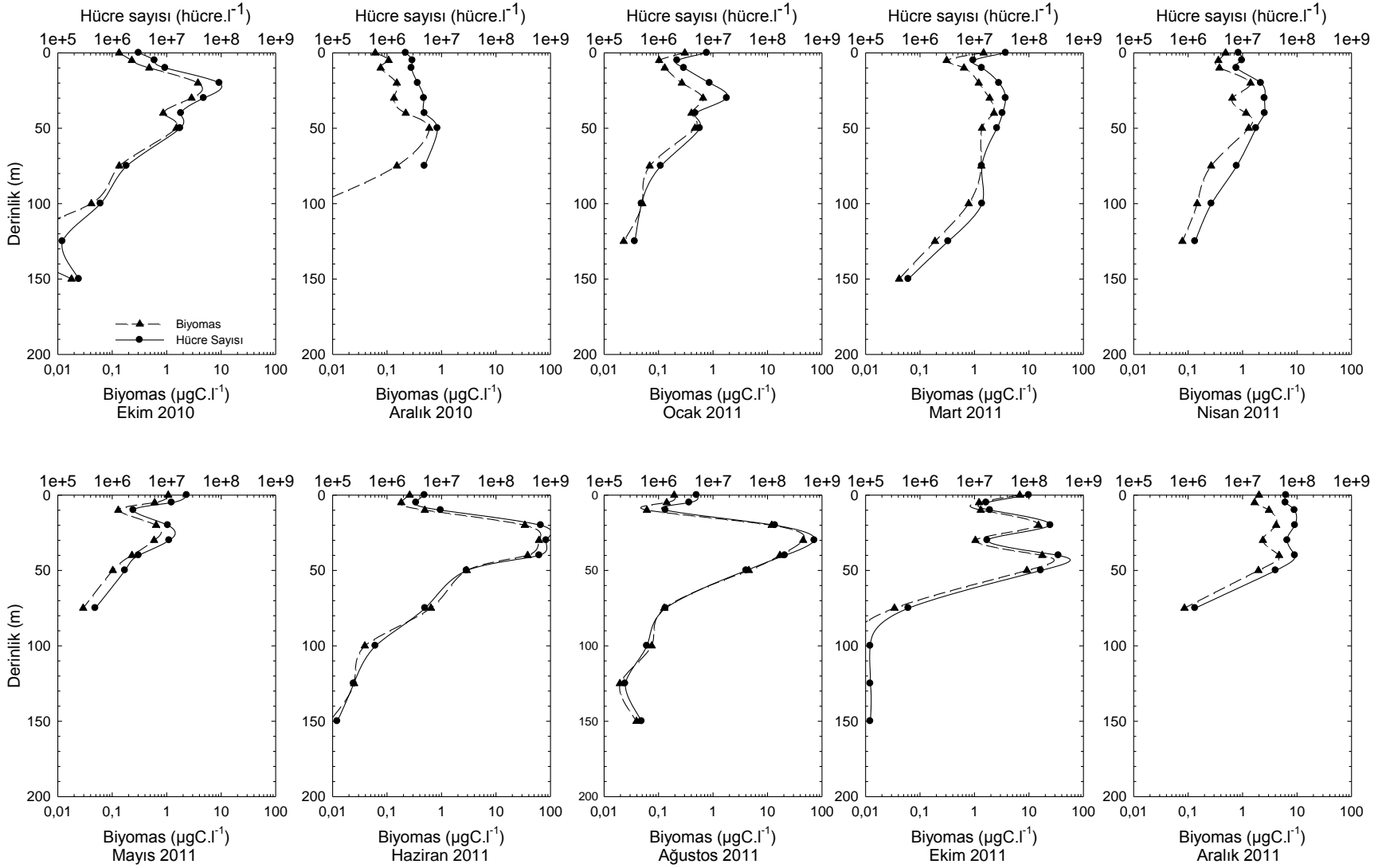
*Synechococcus* spp.'nin yüzeyde ortalama hücre hacimleri  $0.19-0.45 \mu\text{m}^3$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 36). Su kolonundaki ortalama hücre hacimlerinde Mart-Ağustos döneminde belirgin bir artış söz konusudur. En yüksek ortalama hücre hacim değerine ( $0.74 \mu\text{m}^3$ ) Haziran ayında 20 m derinlikte, en düşük değere ( $0.17 \mu\text{m}^3$ ) ise Ocak ayında 5 m derinlikte rastlanılmıştır. *Synechococcus* spp. karbon biyoması yıl içerisinde zamana ve derinliğe bağlı değişimler sergilemiştir. Ortalama hücre hacimlerine benzer şekilde derinliğe bağlı artış gözlenmiştir. Yüzey sularında biyomas değerleri  $0.02-1.56 \mu\text{g C l}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. En düşük değere ( $0.02 \mu\text{g C l}^{-1}$ ) Aralık 2010'da yüzeyde rastlanırken, en yüksek değer ( $20.57 \mu\text{g C l}^{-1}$ ) Haziran ayında 30 m derinlikte belirlenmiştir. Haziran ve Ağustos 2011'de öfotik bölge alt derinliğinde görülen karbon biyomasındaki artış, hücre sayısındaki artışa paralel olarak gözlenirken, bu derinlikteki ortalama hücre hacmi  $\sim 0.5 \mu\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir. İlk 30 m içerisindeki ortalama karbon biyoması en düşük Aralık 2010, en yüksek Haziran 2011'de olmak üzere  $0.07-6.2 \mu\text{g C l}^{-1}$  aralığında değişim göstermiştir. Yıl boyunca derinliğe bağlı ortalamalara bakıldığında, ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp.'nin biyomasının derinliğe bağlı artış gösterdiği ve en yüksek değerlere % 1'lik ışık seviyesinde ulaştığı gözlemlenmiştir (Tablo 4).



Şekil 36. Yakın kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp. ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi

Örnekleme periyodu boyunca kıyı istasyonunda yüzeyden 150 m derinliğe kadar fotosentetik pikoplanktona ait hücelere rastlanılmıştır (Şekil 37). *Synechococcus* spp. hücre sayısı yüzeyde  $0.22 \times 10^7$ - $9.96 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Yıl boyunca *Synechococcus* spp. hücre bolluğu yüzeyden başlayarak derinliğe bağlı artış göstererek, en yüksek bolluğa 20-50 m ara tabakasında ulaşmıştır. Bu derinliklerin altında ise hücre sayılarında ani düşüşler gözlenmiştir. En düşük hücre sayısı ( $1.22 \times 10^5$  hücre  $l^{-1}$ ) 100 m'nin altındaki derinliklerde belirlenmiştir. Ekim 2010'da en yüksek değerler ( $9.29 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$ ) 20 m'de tespit edilirken, Aralık ayında bu değer yaklaşık 1/10 oranında azalarak 50 m'de belirlenmiştir. Ocak ayında yeniden artan *Synechococcus* spp. hücre sayısı Mayıs ayına kadar 30 m derinlikte en yüksek değere ulaşmış, ancak dalgalanmalar göstermiştir. Haziran 2011'de ise mevsimsel termoklinin oluşmasıyla beraber, % 1'lik ışık derinliğinde örnekleme periyodu boyunca belirlenen en yüksek değerlere ( $84 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$ ) ulaşmıştır. Bu değer aynı ayda ölçülen yüzey hücre sayısının yaklaşık 20 katı olarak belirlenmiştir. Ekim 2011'de yıl boyu yüzeyde ölçülen en yüksek değere ulaşılmıştır. Mevsimsel termoklinin ortadan kalkmasıyla beraber Aralık 2011'de hücre sayısı ilk 50 m'lik su kolonu içerisinde homojen bir yapı sergilemiştir. Örnekleme derinliği olan 200 m içerisindeki ortalama bolluklarına bakıldığında en düşük Aralık 2010, en yüksek Haziran 2011 olmak üzere  $0.26 \times 10^7$  - $16.8 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

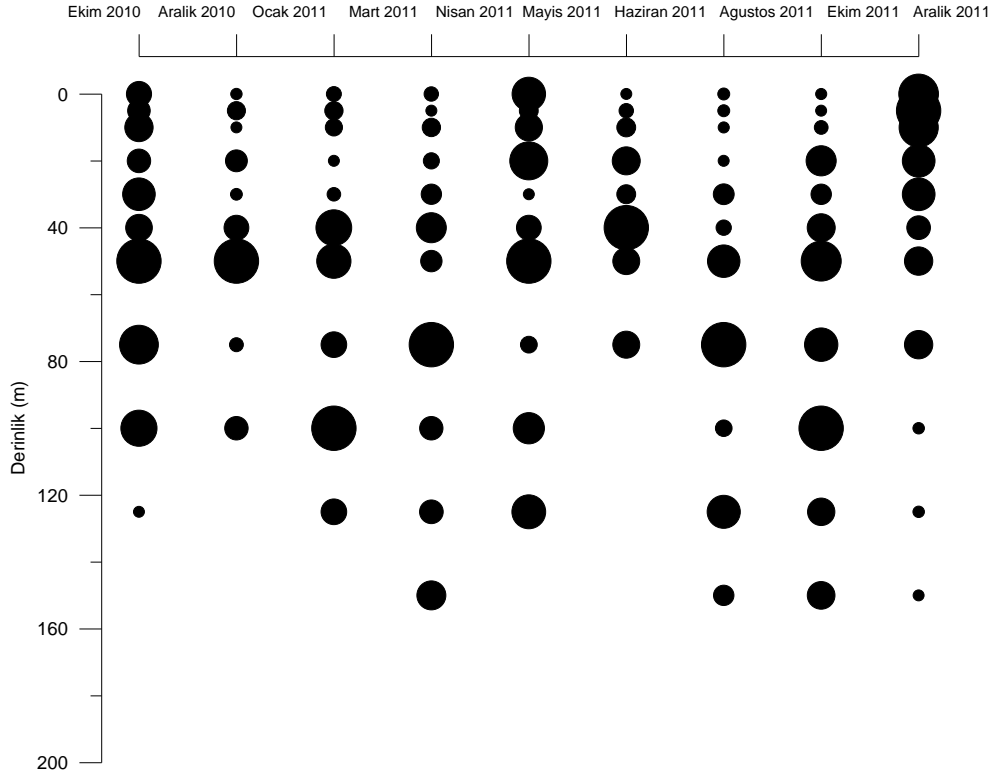
Kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp.'ye ait ortalama hücre hacimleri yüzeyde  $0.22$ - $0.55 \mu m^3$  arasında değişmiştir (Şekil 38). Yıl boyunca Ekim 2011 hariç, en büyük ve en yoğun pigment içeriğine sahip hücreler 40 m'nin altındaki derinliklerde tespit edilmiştir. Ekim 2011'de 5 m derinlikte en yüksek ortalama hücre hacmi değeri derinlikle azalırken, diğer aylarda ortalama hücre hacmi derinliğe bağlı artış göstermiştir. Haziran ve Ağustos aylarında 75-100 m ara yüzeyinde *Synechococcus* spp. ortalama hücre hacmi en yüksek değere ulaşarak  $\sim 1 \mu m^3$  civarında ölçülmüştür. Aynı aylarda *Synechococcus* spp.'nin en yüksek sayıya ulaştığı 30 m derinlikte ise ortalama hücre hacimleri sırasıyla  $0.5$ - $0.66 \mu m^3$  olarak belirlenmiştir. *Synechococcus* spp. karbon biyoması yıl boyunca derinliğe ve zamana bağlı değişimler sergilemiştir. En düşük yüzey biyomas değerleri ( $0.06 \mu g C l^{-1}$ ) Aralık ayında, en yüksek değerler ( $6.79 \mu g C l^{-1}$ ) ise Ekim 2011'de tespit edilmiştir.



Şekil 37. Kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp. hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi

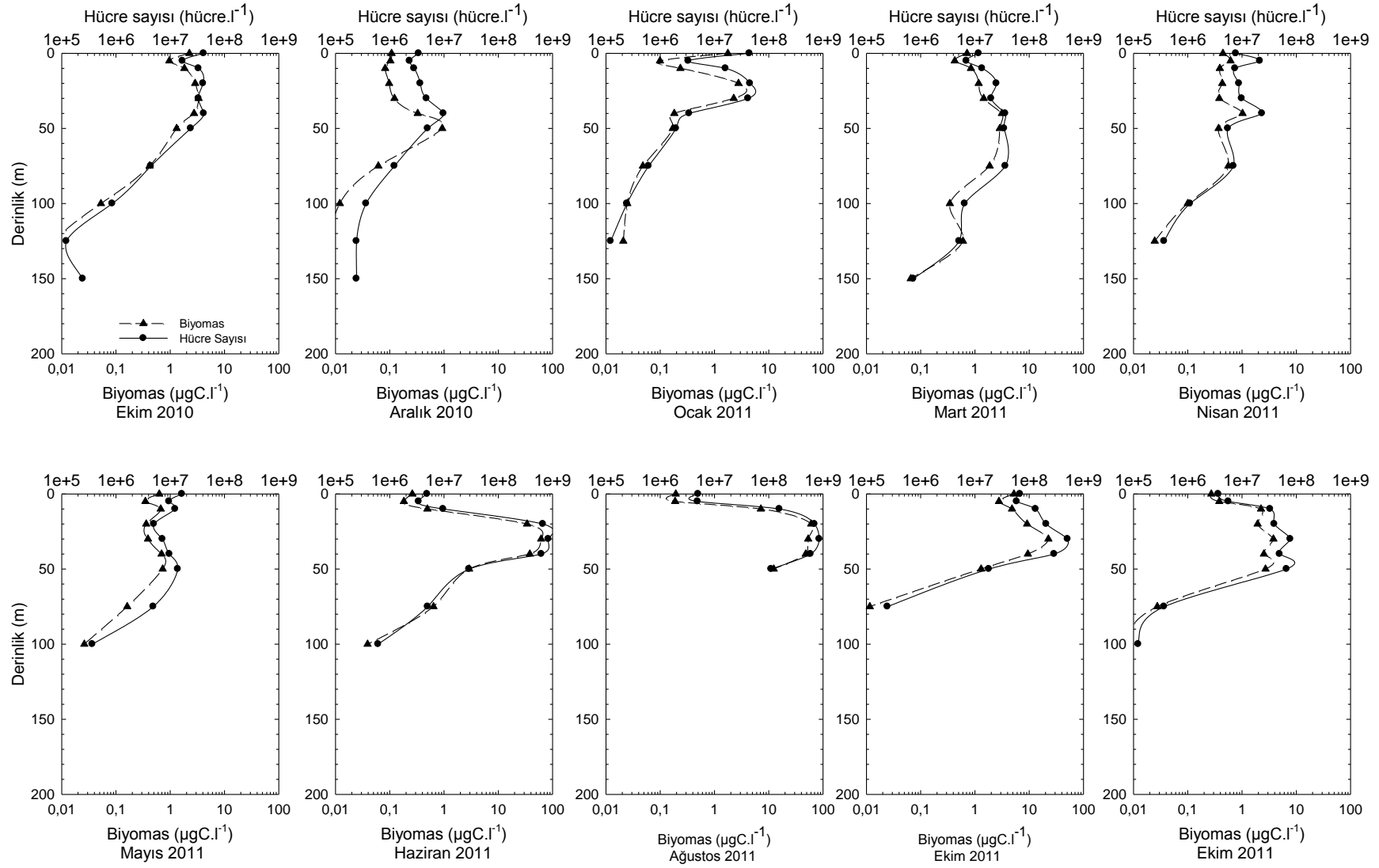


Hücre bolluklarındaki artışa paralel olarak biyomastaki artışta 20-50 m ara yüzeyinde gerçekleşmiştir. Bu derinliklerin altında ise biyomas değerlerinde ani düşüşler kaydedilmiştir (Şekil 37). Haziran ayında 30 m derinlikte yıl boyunca ölçülen en yüksek biyomas değeri ( $61.67 \mu\text{g C l}^{-1}$ ) tespit edilmiş olup, aynı derinlikte hücre hacmi  $\sim 0.6 \mu\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir.



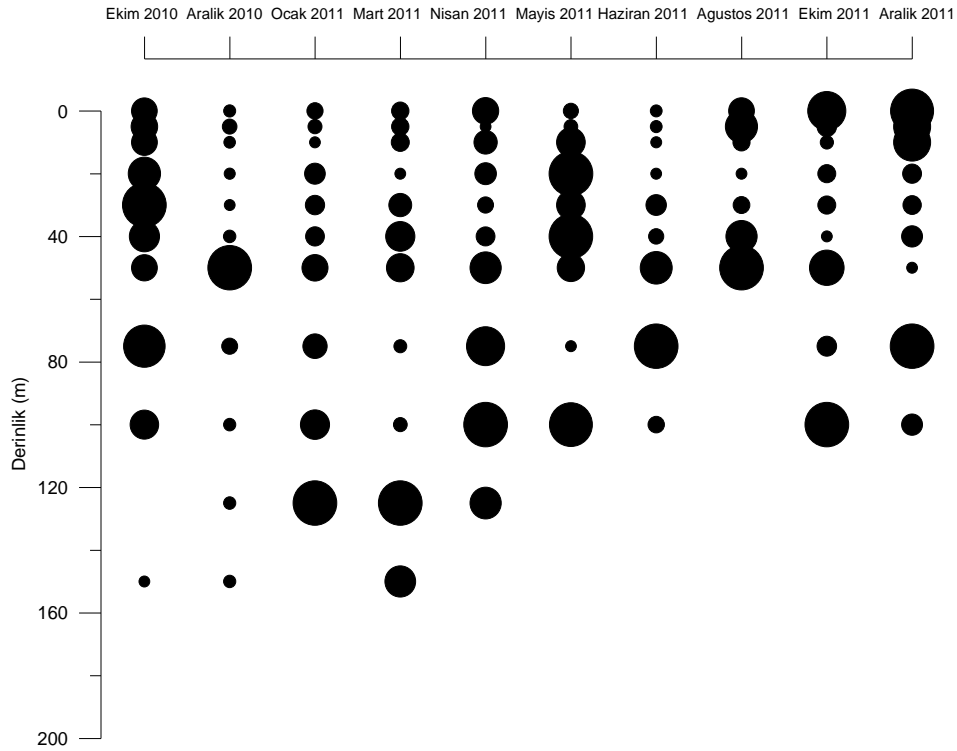
Şekil 38. Kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp. ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi

Açık istasyonunda *Synechococcus* spp.'nin hücre bolluğu yüzeyde yıl içerisinde aylara bağlı değişim göstererek  $0.34 \times 10^7$ - $6.77 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 39). Ekim 2010'da ilk 50 m'lik su kolonunda homojen yapı gösteren *Synechococcus* spp. Mayıs ayı hariç diğer tüm aylarda yüzeyden itibaren derinliğe bağlı artış göstermiştir. En yüksek hücre sayısına yıl boyunca 20-50 m ara yüzeyinde rastlanılmıştır. Örnekleme periyodu boyunca en yüksek hücre sayısı Haziran ( $84 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$ ) ve Ağustos ( $85.7 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$ ) aylarında 30 m derinlikte belirlenmiştir. Bu derinlikten sonra ise hücre



Şekil 39. Açık istasyonunda *Synechococcus* spp. hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi

sayılarında ani bir düşüş gözlenmiştir. Açık istasyonunda *Synechococcus* spp. Ekim-Mart periyodunda 150 m derinliğe kadar gözlenmiştir. Mayıs-Haziran aylarında bu derinlik yüzeye yaklaşarak 100 m olarak belirlenmiş, Ağustos ayında ise *Synechococcus* spp.'nin tespit edildiği son derinlik 50 m olmuştur. Ekim-Aralık periyodunda ise hücrelerin 100 m'ye kadar varlığı gözlenmiştir. En düşük hücre sayısı ( $1.22 \times 10^5$  hücre  $l^{-1}$ ) Ekim ve Ocak aylarında 125 m, Aralık 2011'de ise 100 m'de belirlenmiştir.



Şekil 40. Açık istasyonunda *Synechococcus* spp. ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi

Açık istasyonunda *Synechococcus* spp.'ye ait ortalama hücre hacimleri yüzeyde  $0.26-0.63 \mu m^3$  arasında değişmiştir (Şekil 40). Ekim ayında yüzeyde  $0.44 \mu m^3$  olan hücre hacimleri, 30 m'de yüzeye göre yaklaşık 2 kat artarak  $0.81 \mu m^3$ 'e ulaşmıştır. Aralık ayında ise ilk 40 m içerisinde örnekleme periyodu boyunca ölçülen en küçük boyuta sahip hücrelere rastlanırken, aynı ayda 50 m'de *Synechococcus* spp. hücreleri  $\sim 1.5 \mu m^3$  boyuta ulaşmıştır. Dikey karışımların süregeldiği kış ve ilkbahar aylarında en yüksek ortalama hücre hacimleri 100-125 m ara yüzeyinde belirlenmiştir. En yüksek bolluk değerlerinin kaydedildiği Haziran ve Ağustos ayında 30 m derinlikte ortalama hücre hacimleri sırasıyla

0.28-0.6  $\mu\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. Ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp.'nin karbon biyoması kıyı istasyonuna benzer şekilde kış ve ilkbahar aylarında su kolonunda düşük seviyede seyrederken, yaz aylarıyla birlikte mevsimsel termoklinin üst sınırında ani bir artış ( $>60 \mu\text{g C l}^{-1}$ ) göstermiştir. Yüzeyde biyomas değerleri en düşük Aralık 2010, en yüksek Ekim 2011'de olmak üzere 0.11-5.24  $\mu\text{g C l}^{-1}$  aralığında değişim göstermiştir (Şekil 39).

Tablo 5. Örneklem derinliklerinde *Synechococcus* spp. ortalama hücre hacmi, bolluk ve biyomas değerleri (OHH: ortalama hücre hacmi  $\pm$  SS-  $\mu\text{m}^3$ , B: hücre sayısı  $\pm$  SS  $\cdot 10^7$  hücre  $\text{l}^{-1}$ , CB: karbon biyoması  $\pm$  SS  $\cdot \mu\text{g C l}^{-1}$ , KD: kompenzasyon derinliği)

Tabaka	Derinlik	Yakın kıyı			Kıyı			Açık		
		OHH	B	CB	OHH	B	CB	OHH	B	CB
Oksik	0	0.32 $\pm$ 0.08	2.97 $\pm$ 3.17	1.19 $\pm$ 1.23	0.36 $\pm$ 0.10	2.55 $\pm$ 3.25	1.28 $\pm$ 2.04	0.44 $\pm$ 0.12	2.06 $\pm$ 2.25	1.19 $\pm$ 1.59
	5	0.33 $\pm$ 0.10	2.75 $\pm$ 2.18	1.03 $\pm$ 0.91	0.35 $\pm$ 0.11	1.28 $\pm$ 1.78	0.49 $\pm$ 0.53	0.39 $\pm$ 0.11	1.33 $\pm$ 1.72	0.61 $\pm$ 0.81
	10	0.32 $\pm$ 0.07	3.23 $\pm$ 2.69	1.33 $\pm$ 1.10	0.38 $\pm$ 0.09	1.60 $\pm$ 2.67	0.67 $\pm$ 0.92	0.38 $\pm$ 0.13	4.17 $\pm$ 5.55	1.88 $\pm$ 2.34
	20	0.44 $\pm$ 0.18	5.67 $\pm$ 4.78	3.47 $\pm$ 3.57	0.43 $\pm$ 0.13	13.11 $\pm$ 20.35	7.24 $\pm$ 10.70	0.41 $\pm$ 0.12	17.40 $\pm$ 27.48	11.32 $\pm$ 20.09
KD	30	0.41 $\pm$ 0.11	10.10 $\pm$ 12.17	5.60 $\pm$ 7.48	0.39 $\pm$ 0.13	17.95 $\pm$ 31.99	11.70 $\pm$ 22.34	0.45 $\pm$ 0.17	24.03 $\pm$ 35.50	14.93 $\pm$ 23.48
	40				0.50 $\pm$ 0.13	13.64 $\pm$ 20.57	8.25 $\pm$ 12.46	0.45 $\pm$ 0.14	16.80 $\pm$ 24.70	10.63 $\pm$ 17.48
	50				0.60 $\pm$ 0.17	3.54 $\pm$ 4.78	2.39 $\pm$ 2.72	0.66 $\pm$ 0.33	3.10 $\pm$ 3.40	2.57 $\pm$ 3.59
	75				0.57 $\pm$ 0.24	0.38 $\pm$ 0.42	0.29 $\pm$ 0.41	0.52 $\pm$ 0.29	0.60 $\pm$ 1.10	0.38 $\pm$ 0.58
	100				0.45 $\pm$ 0.32	0.19 $\pm$ 0.43	0.11 $\pm$ 0.24	0.50 $\pm$ 0.24	0.10 $\pm$ 0.20	0.06 $\pm$ 0.10
Suboksik	125				0.33 $\pm$ 0.30	0.06 $\pm$ 0.10	0.03 $\pm$ 0.06	0.31 $\pm$ 0.49	0.06 $\pm$ 0.16	0.07 $\pm$ 0.19
	150				0.21 $\pm$ 0.28	0.02 $\pm$ 0.02	0.01 $\pm$ 0.02	0.11 $\pm$ 0.23	0.01 $\pm$ 0.02	0.01 $\pm$ 0.02
Anoksik	175				-	-	-	-	-	-
	200				-	-	-	-	-	-

Ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp.'nin örneklem derinliklerine ait yıllık ortalamalarına bakıldığında tüm istasyonlarda ilk 30 m içerisinde hücre sayıları ve karbon biyomasları derinliğe bağlı artış sergilemiştir. Hücre sayısı ve karbon biyoması her üç istasyonda da en yüksek değerlere daima fotosentetik aktif radyasyonun % 1'e düştüğü öfotik bölge alt derinliğinde (~30 m) ulaşmıştır. Bu derinliğin altında ise bolluk ve biyomas değerleri hızlı bir düşüş sergilemiştir. Işığın % 1'in altına düştüğü, çözünmüş oksijen değerlerin 20-30  $\mu\text{M}$  seviyesine düştüğü suboksik bölgede ise biyomas ve bolluk değerleri çok düşük değerlerde seyretmiştir (Tablo 5).

Yakın kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp. hücre sayısı ile karbon biyoması arasında istatistiki açıdan çok önemli bir ilişkinin ( $r= 0.968$ ,  $p < 0.01$ ) varlığı tespit edilirken, ortalama hücre hacmi ile biyomas arasında zayıf bir ilişki ( $r= 0.48$ ,  $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Kıyı ve açık istasyonunda da benzer bir ilişki gözlemlenmiştir. Güneydoğu

Karadeniz’de *Synechococcus* spp. biyoması üzerinde yıl boyunca hücre boyutundan ziyade hücre sayısı etkili olmaktadır. Bu istasyonda heterotrofik nanoflagellat ile *Synechococcus* spp. arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunamazken, heterotrofik bakteri hücre sayısı ile arasında ilişki söz konusudur ( $r= 0.409$ ,  $p < 0.01$ ). Yakın kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp. bolluğu ve biyoması ile fiziko-kimyasal parametreler arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunamamıştır.

Tablo 6. Kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp. ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları (\*: Önem derecesi  $p < 0.01$ ) (B:hücre sayısı, CB: karbon biyoması, OHH: ortalama hücre hacmi)

	<i>Synechococcus</i> spp.		
	B	CB	OHH
Sıcaklık	0.472*	0.433*	-0,074
Tuzluluk	-0.730*	-0.711*	-0,307*
Çözünmüş oksijen	0.831*	0.823*	0,368*
Chl-a	0.780*	0.759*	0,265
NO <sub>2+3</sub>	0.104	0.118	0,099
PO <sub>4</sub>	-0.580*	-0.581*	-0,398*
SiO <sub>4</sub>	-0.779*	-0.768*	-0,358*

Kıyı ve açık istasyonunda ise fiziko-kimyasal parametrelerle ototrofik pikoplankton arasında istatistikî açıdan önemli ilişkiler bulunmuştur. Kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp. ile sıcaklık ( $r= 0.472$ ,  $p < 0.01$ ), çözünmüş oksijen ( $r= 0.831$ ,  $p < 0.01$ ) ve Chl-a ( $r= 0.780$ ,  $p < 0.01$ ) arasında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki bulunurken, tuzluluk arasında negatif yönlü ( $r= -0.730$ ,  $p < 0.01$ ) bir ilişki gözlenmiştir. Besin elementlerinden fosfat ve silikat ile *Synechococcus* spp. arasında negatif yönlü kuvvetli bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla,  $r= -0.580$ ,  $r=-0.779$ ,  $p < 0.01$ ) (Tablo 6). Kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp. bolluğu ile heterotrofik bakteri ( $r= 0.452$ ,  $p < 0.01$ ) ve heterotrofik nanoflagellat bolluğu ( $r= 0.695$ ,  $p < 0.01$ ) arasında da istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunmuştur.

Tablo 7. Açık istasyonunda *Synechococcus* spp. ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları (\*: Önem derecesi  $p < 0.01$ ) (B:hücre sayısı, CB: karbon biyoması, OHH: ortalama hücre hacmi).

	<i>Synechococcus</i> spp.		
	B	CB	OHH
Sıcaklık	0,424*	0,392*	-0,030
Tuzluluk	-0,765*	-0,747*	-0,483*
Çözünmüş oksijen	0,801*	0,798*	0,557*
Chl-a	0,790*	0,762*	0,403*
NO <sub>2+3</sub>	-0,038	-0,039	0,165
PO <sub>4</sub>	-0,482*	-0,478*	-0,262*
SiO <sub>4</sub>	-0,790*	-0,782*	-0,492*

Açık istasyonunda fiziko-kimyasal parametrelerle *Synechococcus* spp. arasında gerçekleştirilen korelasyon sonuçlarına göre, sıcaklık ile hücre sayısı ( $r= 0.424$ ,  $p < 0.01$ ) ve biyomas ( $r=0.392$ ,  $p<0.01$ ) arasında önemli bir ilişki söz konusu iken, benzer bir ilişki ortalama hücre hacmi ile bulunamamıştır. Ototrofik pikolankton bolluğu ile çözünmüş oksijen ( $r= 0.801$ ,  $p < 0.01$ ), ve Chl-*a* ( $r= 0.790$ ,  $p < 0.01$ ) arasında pozitif yönlü kuvvetli bir ilişki bulunurken, tuzluluk ile negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur ( $r= -0.765$ ,  $p < 0.01$ ). Kıyı istasyonunda olduğu gibi açık istasyonunda da nitrat ve nitritle *Synechococcus* spp. arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunamazken, fosfat ve silikat ile negatif yönlü bir ilişki söz konusudur (Tablo 7). Açık istasyonunda da *Synechococcus* spp. ile heterotrofik bakteri ( $r= 0.651$ ,  $p < 0.01$ ) ve heterotrofik nanoflagellat bolluğu ( $r= 0.739$ ,  $p < 0.01$ ) arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunmuştur.

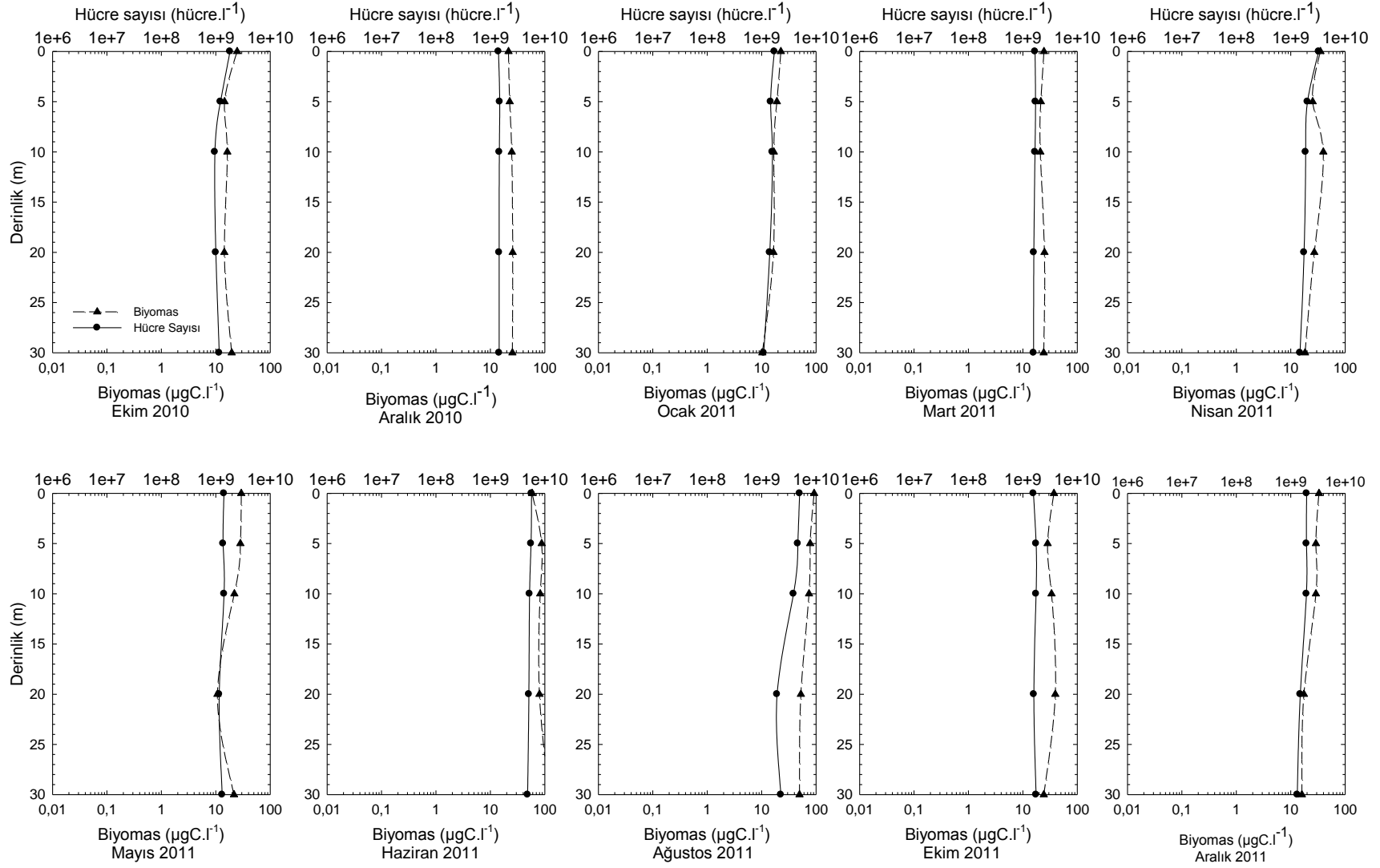
### 3.4.2. Heterotrofik Bakteri

Pikoplanktonun en önemli katılımcısı olan heterotrofik bakteri bolluğu yakın kıyı istasyonunda yüzeyde  $1.4 \times 10^9$ -  $5.7 \times 10^9$  hücre l<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir (Şekil 41). Heterotrofik bakteri hücre sayısı örnekleme derinliği olan 30 m içerisinde zamana bağlı değişim göstermiştir. En yüksek hücre sayıları yıl genelinde yüzeyde okunmuş olup, derinliğe bağlı azalış gözlenmiştir. Yalnızca Ekim 2010 ve 2011’de bunun tersi bir durumla karşılaşılmış, hücre sayıları derinliğe bağlı artış göstermiştir. Aralık 2010’da ise

bakteri bolluğu ilk 30 m içerisinde homojen bir yapı sergilemiştir. Ekim-Mart periyodunda hücre sayısında çok önemli bir değişim olmazken, Nisan ayında yaklaşık 2 katlık bir artışla hücre sayıları  $> 3.2 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine ulaşmıştır. Mayıs ayında düşüş gösteren bakteri bolluğu, Haziranda yüzey sularında ise örnekleme periyodu boyunca rastlanılan en yüksek değerlere ( $5.7 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ ) ulaşmıştır. Örnekleme derinliklerin ortalamalarına bakıldığında, yüzeyde  $2.55 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ , 5 m'de  $2.31 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ , 10 m'de  $2.17 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ , 20 m'de  $1.85 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  ve 30 m'de  $1.82 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Tablo 7).

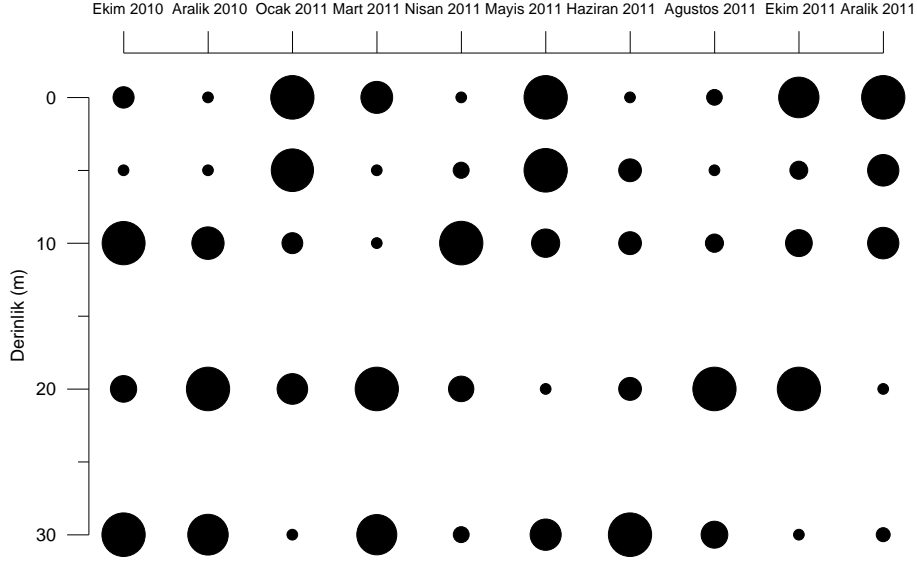
Hücre boyutları zamana ve derinliğe bağlı değişimler göstermiştir. Yakın kıyı istasyonunda yüzeyde heterotrofik bakteri ortalama hacimleri en düşük Nisan, en yüksek Ekim 2011 olmak üzere  $0.08- 0.19 \mu m^3$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 42). Yüzeyde en düşük ortalama hücre hacminin kaydedildiği Haziran ayında aynı zamanda örnekleme periyodu boyunca rastlanılan en büyük boyutlu heterotrofik bakteriler ( $> 0.2 \mu m^3- 30 m$ ) tespit edilmiştir. Su kolonunda ortalama hücre hacimlerine bakıldığında ilk 30 m'de heterotrofik bakteriler Ağustos ayında en yüksek hacme ( $0.17 \mu m^3$ ) sahipken, en düşük hacme ( $0.09 \mu m^3$ ) sahip hücreler Ocak ayında tespit edilmiştir. Örnekleme derinliklerinin yıllık ortalamaları incelendiğinde ise, heterotrofik bakterilerin 30 m'lik su kolonunda hemen hemen aynı hacme ( $\sim 0.13 \mu m^3$ ) sahip olduğu görülmektedir.

Yakın kıyı istasyonunda yüzey sularında bakteri karbon biyoması en düşük Aralık 2010, en yüksek Ağustos 2011 olmak üzere  $21.52- 92.1 \mu g C l^{-1}$  arasında değişmiştir. Ekim ve Aralık 2010'da örnekleme derinlikleri arasında karbon biyoması ufak bir değişim gösterirken, Ocak ayında homojen bir yapı sergilemiş, Mart ayında ise yüzey değerleri 30 m derinlikte yarı değerine inmiştir. Haziran ayında yüzey biyoması ilkbahar aylarına göre yaklaşık 2 katlık bir artış göstererek  $\sim 59 \mu g C l^{-1}$  değerine ulaşmış, 30 m derinlikte ise örnekleme periyodu boyunca rastlanılan en yüksek değer ( $120.6 \mu g C l^{-1}$ ) tespit edilmiştir. Ağustos ayında yükselen yüzey değerleri, Haziran ayının tersine derinliğe bağlı azalış sergilemiştir. Ekim ayında bakteri biyoması Ağustos ayına göre yaklaşık 1/3'lük bir azalma sergileyerek  $37.24 \mu g C l^{-1}$  seviyelerine düşmüştür. 30 m'lik su kolonundaki hesaplanan ortalama karbon biyomasının en düşük değerleri ( $17.03 \mu g C l^{-1}$ ) Ocak ayında kaydedilirken, en yüksek değerler ( $85.85 \mu g C l^{-1}$ ) Haziran ayında ölçülmüştür (Şekil 41).



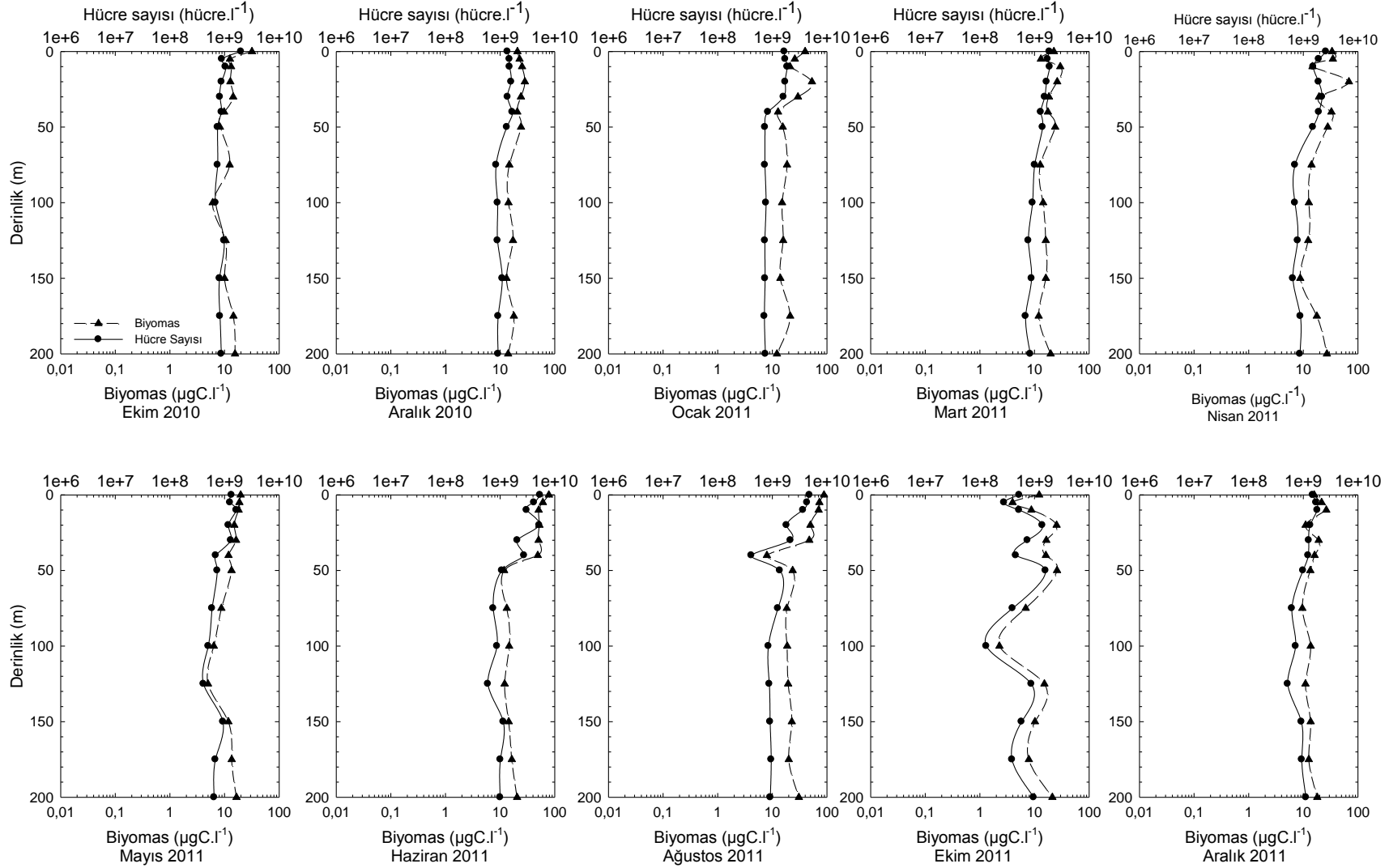
Şekil 41. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi





Şekil 42. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi

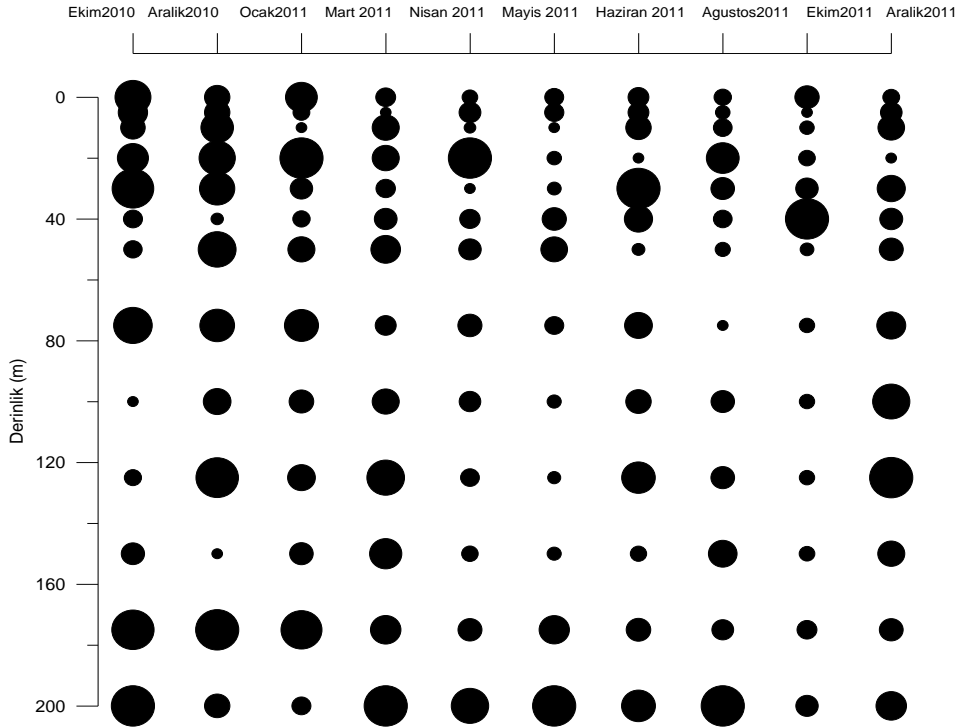
Kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri hücre bolluğu yıl içerisinde zamana ve derinliğe bağlı değişim göstermiştir. 200 m'lik örnekleme derinliği içerisinde en yüksek hücre sayılarına daima yüzey sularında rastlanılmıştır. Bakteri bolluğu yüzey sularında  $0.53 \times 10^9$  -  $5.36 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Ekim ayında yüzeyde  $2 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  olan bolluk değerleri kış aylarında düşüş sergilemiştir (Şekil 43). Nisanda yüzeyde tekrar artış gösteren heterotrofik bakteri ( $2.69 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ ), Mayısta yaklaşık  $\frac{1}{2}$  oranında bir azalma göstererek  $1.32 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine düşmüştür. Yüzey sularında en yüksek bolluk değerleri su sıcaklığının artış gösterdiği yaz aylarında kaydedilmiş ve bakteri bolluğu yaklaşık  $5 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  değerine ulaşmıştır. Örnekleme periyodu boyunca hücre sayısının vertikal profiline bakıldığında genellikle suboksik tabakaya kadar bir azalış söz konusu iken, suboksik-anoksik ara yüzeyinde bakteri sayısında artışlar gözlemlenmiştir. Yüzeyde  $10^9$  hücre  $l^{-1}$  seviyesinde olan hücre bolluğu yıl boyunca 100 m'nin altındaki derinliklerde  $10^8$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine düşmüştür. Yalnızca heterotrofik bakterilerin en yüksek bolluk değerlerine ulaştığı Haziran ayında anoksik tabakaya geçiş yüzeyinde bakteri sayısı  $10^9$  hücre  $l^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Heterotrofik bakteri bolluğunun su kolonundaki dağılımına bakıldığında en yüksek değerlere su sıcaklığının arttığı yaz aylarında ulaşılmıştır. En düşük bakteri bolluğunun rastlanıldığı



Şekil 43. Kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi

Ekim ayı, hem 2010 hem de 2011 yılında hücre sayısının dikey dağılımı açısından diğer aylardan farklılık göstermiştir. Ekim 2010'da yüzeyde ve 10 m'de artış gösteren bakteri bolluğu, Ekim 2011'de ise 20 ve 50 m'de en yüksek sayılarda ölçülmüştür.

Örnekleme periyodu boyunca ilk 100 m içerisinde kokus (küresel), basil (çubuksu) ve spirillum (spiral) tipli hücreler görülürken, bu derinliğin altında iplikli (filament) tipte bakteriler baskın hale geçmiştir. Kıyı istasyonunda ortalama bakteri hacimleri yüzeyde en düşük Aralık 2011, en yüksek Ocak 2010 olmak üzere  $0.09- 0.2 \mu\text{m}^3$  arasında değişim göstermiştir. 200 m'lik su kolonu içerisinde hücre boyutları derinliğe bağlı değişim sergilemiştir. Örnekleme derinliklerinin yıllık ortalamaları alındığında, bakteri boyutları 20 m'de artış, bu derinliğinin altında ise azalma göstermiştir. İplikli tipte bakterilerin baskın hale geçmesiyle suboksik ve anoksik tabakada bakteri boyutlarında artış meydana gelmiştir. Nisan ayında 20 m derinlikte örnekleme periyodu boyunca en büyük boyutlu hücrelere ( $0.29 \mu\text{m}^3$ ) rastlanılmıştır (Şekil 44).

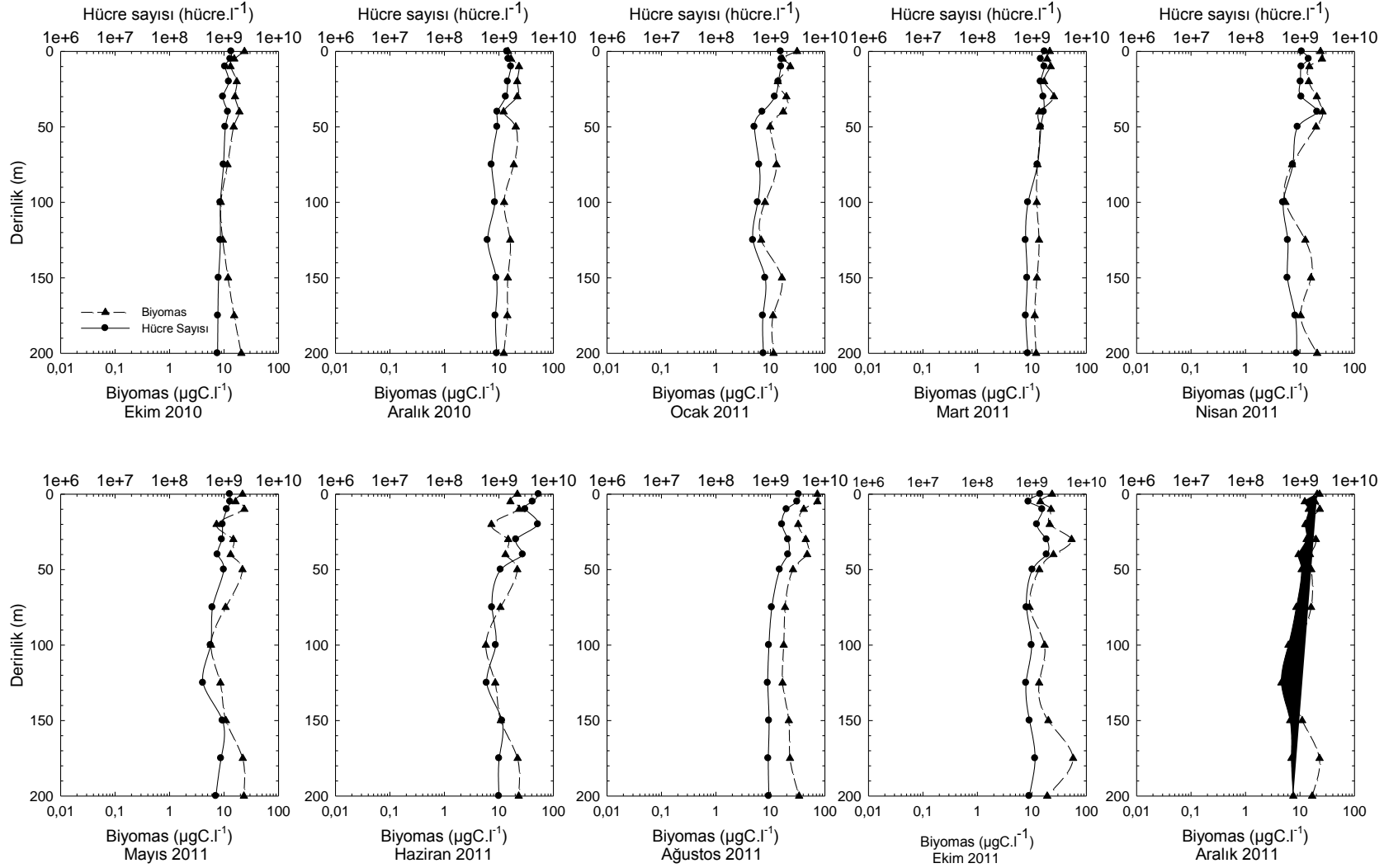


Şekil 44. Kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi

Heterotrofik bakteri karbon biyoması yıl boyunca dalgalanmalar göstererek yüzeyde  $12.2- 88.41 \mu\text{g C l}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Biyomasın zamana bağlı değişimi

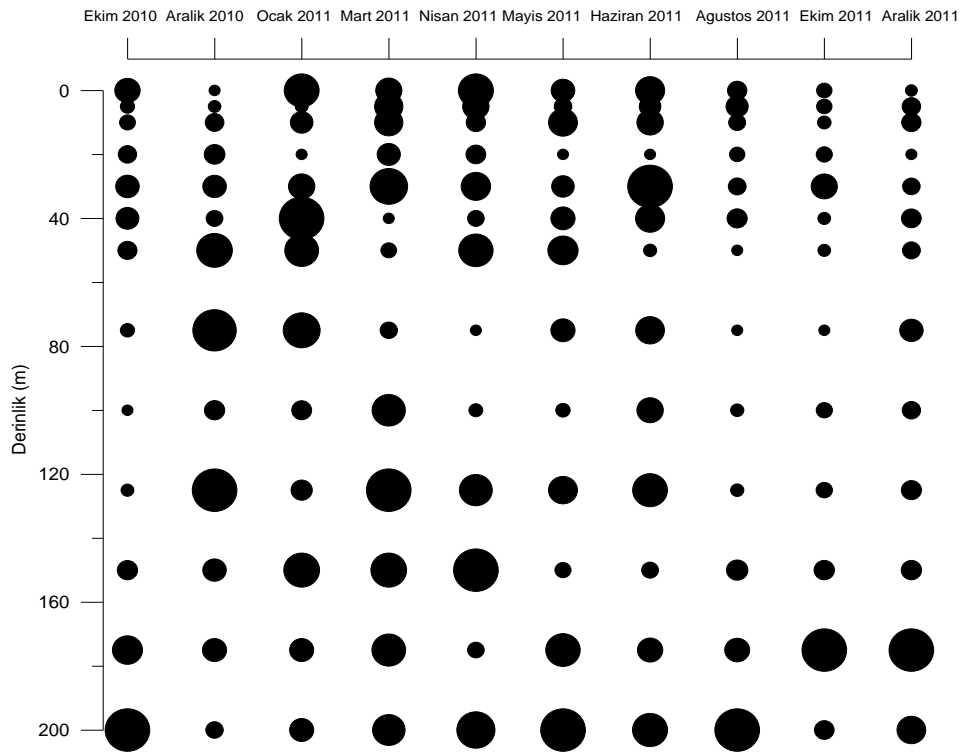
incelendiğinde artış görülen ayları takiben bakteri biyomasının tekrar azalış gösterdiği görülmektedir. Hücre sayılarındaki artışa paralel olarak en yüksek biyomas değerleri yaz aylarında kaydedilmiştir. Haziran ayında yüzeyde  $78.19 \mu\text{g C l}^{-1}$  olan biyomas değerleri, Ağustos ayında yüzeyde  $88.41 \mu\text{g C l}^{-1}$  seviyesine ulaşmıştır (Şekil 43). Dikey karışımların süregeldiği Aralık, Ocak, Mart ve Nisan aylarında bakteri biyoması 10-20 m ara yüzeyinde en yüksek değerlere ulaşırken, Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarında en yüksek değerler yüzeyde belirlenmiştir. Yıl boyunca bakteri bolluğunda derinliğe bağlı bir azalış olmasına rağmen, özellikle büyük hacme sahip ipliksi yapıdaki bakteriler nedeniyle, karbon biyoması suboksik-anoksik ara yüzeyinde tekrar artış göstermiştir. Derinliğe bağlı ortalamalar incelendiğinde, yıl boyunca yüzey ortalamasının en yüksek değerlere sahip olduğu, bu derinlikten sonra azalmaya başladığı, ancak 20 m derinlikte biyomas değerlerinin tekrar yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. 100 m'ye kadar azalma gösteren bakteri biyomasının, bu derinlikten sonra 200 m'ye kadar artışı gözlemlenmiştir.

Açık istasyonunda heterotrofik bakteri bolluğu yıl içerisinde zamana ve derinliğe bağlı değişimler sergilemiştir. İlk 50 m içerisinde  $10^9$  hücre  $\text{l}^{-1}$  seviyelerinde seyreden hücre sayısı, 75 m'den itibaren  $10^8$  hücre  $\text{l}^{-1}$  seviyesine inmiştir. Ekim-Mayıs periyodunda yüzeyde  $1.08- 1.71 \times 10^9$  hücre  $\text{l}^{-1}$  aralığında değişim gösteren bakteri bolluğu, Haziran ayıyla beraber yaklaşık 4-5 katlık bir artış sergileyerek  $5.36 \times 10^9$  hücre  $\text{l}^{-1}$  seviyesine ulaşmıştır. Ağustos-Aralık periyodunda ise hücre sayısında kademeli bir düşüş gözlemlenmiştir. Yıl boyu en yüksek hücre sayıları Nisan ve Ekim 2011 hariç yüzeyde okunmuş ve derinliğe bağlı azalma sergilemiştir. Nisan ayında yüzeyde  $1.08 \times 10^9$  hücre  $\text{l}^{-1}$  olan bakteri bolluğu 40 m'de yaklaşık 2 katlık bir artış sergileyerek  $2.07 \times 10^9$  hücre  $\text{l}^{-1}$  seviyesine ulaşmıştır. Örnekleme periyodu boyunca en düşük hücre sayıları suboksik tabakada gözlemlenmiştir. Açık istasyonunda kıyı istasyonunda olduğu gibi bakteri sayıları suboksik-anoksik ara yüzeyinde tekrar artış göstermiş, ancak Haziran ayı hariç diğer aylarda  $10^9$  hücre  $\text{l}^{-1}$  seviyesine ulaşamamıştır (Şekil 45). Kıyı istasyonunda olduğu gibi açık istasyonunda da ilk 100 m içerisinde kokus, basil ve spirillum tipli hücreler görülürken, bu derinlikten itibaren ipliksi tipte bakteri hücreleri baskın hale geçmiştir. Yüzeyde ortalama hücre hacimleri yıl içerisinde genellikle boyuttaki artışı takip eden bir azalma ile karakterize olmuştur. Yüzeyde ortalama hücre hacimleri  $0.08- 0.18 \mu\text{m}^3$  arasında değişim göstermiştir.



Şekil 45. Açık istasyonunda heterotrofik bakteri hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi

Aralık 2010 ve 2011’de yüzeyde bakteri popülasyonu küçük boyutlu hücrelerle, Nisan ve Ağustos ayında ise yüzey popülasyonu en büyük boyuta sahip hücrelerle temsil edilmiştir (Şekil 46). Örnekleme periyodu boyunca en küçük hücre hacmi ( $0.06 \mu\text{m}^3$ ) Mayıs ayında 20 m’de, en yüksek hücre hacmi ( $0.41 \mu\text{m}^3$ ) ise Ekim 2011’de 175 m derinlikte tespit edilmiştir. Örnekleme derinliklerinin yıllık ortalamalarına bakıldığında yüzeyde ortalama  $0.14 \mu\text{m}^3$  olan hücre hacmi, 30 m’de artarak  $0.15 \mu\text{m}^3$  olmuştur. 30- 100 m ara yüzeyinde azalış gösteren ortalama hücre hacim, anoksik tabakada en yüksek değerlere ( $0.18 \mu\text{m}^3$ ) ulaşmıştır.



Şekil 46. Açık istasyonda heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi

Heterotrofik bakteri karbon biyoması açık istasyonda yıl içerisinde zamana ve derinliğe bağlı değişimler sergilemiştir. Yüzeyde biyomas değerleri en düşük Aralık 2010, en yüksek Ağustos 2011 olmak üzere  $14.75- 72.74 \mu\text{g C l}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 45). Yıl genelinde en yüksek bakteri biyoması yüzeyde okunurken, Aralık 2010 ve Ekim 2011’de en yüksek biyomas değerleri, sırasıyla 10 m ve 30 m derinlikte okunmuştur. Heterotrofik bakteri biyoması yüzeyden itibaren derinliğe bağlı azalış ve artışlar

sergilemiştir. Örnekleme periyodu boyunca en düşük biyomas değerleri 100-125 m ara yüzeyinde belirlenmiştir. Suboksik-anoksik tabaka yüzeyinde ise kıyı istasyonunda olduğu bakteri karbon biyomasında artış gözlemlenmiştir. Derinliğe bağlı ortalamalar incelendiğinde, yıl boyunca yüzey ortalamasının en yüksek değerlere sahip olduğu, bu derinlikten sonra azalmaya başladığı, ancak 30 m derinlikte biyomas değerlerinin tekrar yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. 100 m'ye kadar azalma gösteren bakteri biyomasının 175-200 m ara yüzeyinde ise tekrar arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 8. Örnekleme derinliklerinde heterotrofik bakterinin ortalama hücre hacmi, bolluk ve biyomas değerleri (OHH: ortalama hücre hacmi  $\pm$  SS,  $\mu\text{m}^3$ ; B: hücre sayısı  $\pm$  SS,  $10^9$  hücre  $\text{l}^{-1}$ ; CB: karbon biyoması  $\pm$  SS,  $\mu\text{g C l}^{-1}$ ; KD: kompenzasyon derinliği)

Tabaka	Derinlik	Yakın kıyı			Kıyı			Açık		
		OHH	B	CB	OHH	B	CB	OHH	B	CB
Oksik	0	0.13 $\pm$ 0.04	2.55 $\pm$ 1.58	37.86 $\pm$ 21.98	0.13 $\pm$ 0.04	2.30 $\pm$ 1.56	36.31 $\pm$ 27.80	0.14 $\pm$ 0.03	2.06 $\pm$ 1.32	27.72 $\pm$ 16.29
	5	0.12 $\pm$ 0.02	2.32 $\pm$ 1.51	35.45 $\pm$ 25.48	0.12 $\pm$ 0.02	1.95 $\pm$ 1.31	28.69 $\pm$ 22.46	0.12 $\pm$ 0.03	1.80 $\pm$ 1.02	23.22 $\pm$ 17.79
	10	0.13 $\pm$ 0.03	2.18 $\pm$ 1.32	35.95 $\pm$ 23.54	0.12 $\pm$ 0.03	1.85 $\pm$ 0.91	27.84 $\pm$ 19.38	0.13 $\pm$ 0.02	1.62 $\pm$ 0.59	23.04 $\pm$ 7.40
	20	0.13 $\pm$ 0.05	1.85 $\pm$ 1.17	30.89 $\pm$ 21.35	0.16 $\pm$ 0.08	1.87 $\pm$ 1.22	34.27 $\pm$ 19.81	0.11 $\pm$ 0.03	1.69 $\pm$ 1.26	16.51 $\pm$ 7.42
KD	30	0.13 $\pm$ 0.04	1.82 $\pm$ 1.11	33.01 $\pm$ 32.48	0.14 $\pm$ 0.04	1.51 $\pm$ 0.52	25.59 $\pm$ 13.34	0.20 $\pm$ 0.04	1.45 $\pm$ 0.45	25.04 $\pm$ 13.25
	40				0.14 $\pm$ 0.06	1.22 $\pm$ 0.73	19.45 $\pm$ 12.75	0.13 $\pm$ 0.04	1.50 $\pm$ 0.69	20.21 $\pm$ 10.71
	50				0.13 $\pm$ 0.03	1.15 $\pm$ 0.33	18.80 $\pm$ 6.30	0.13 $\pm$ 0.04	1.05 $\pm$ 0.28	17.83 $\pm$ 4.86
	75				0.14 $\pm$ 0.03	0.77 $\pm$ 0.24	12.96 $\pm$ 4.06	0.13 $\pm$ 0.04	0.84 $\pm$ 0.21	12.81 $\pm$ 3.88
Suboksik	100				0.13 $\pm$ 0.03	0.71 $\pm$ 0.24	11.81 $\pm$ 5.00	0.12 $\pm$ 0.02	0.76 $\pm$ 0.18	10.25 $\pm$ 4.49
	125				0.15 $\pm$ 0.03	0.75 $\pm$ 0.18	13.47 $\pm$ 4.28	0.15 $\pm$ 0.03	0.65 $\pm$ 0.17	11.35 $\pm$ 3.62
	150				0.13 $\pm$ 0.03	0.87 $\pm$ 0.18	13.48 $\pm$ 4.01	0.15 $\pm$ 0.04	0.85 $\pm$ 0.16	14.54 $\pm$ 3.94
Anoksik	175				0.16 $\pm$ 0.03	0.80 $\pm$ 0.19	15.37 $\pm$ 4.29	0.18 $\pm$ 0.09	0.86 $\pm$ 0.14	20.94 $\pm$ 13.75
	200				0.18 $\pm$ 0.05	0.89 $\pm$ 0.13	19.56 $\pm$ 5.90	0.18 $\pm$ 0.06	0.84 $\pm$ 0.10	19.28 $\pm$ 6.75

Örnekleme yapılan derinliklerin yıllık ortalamalarına bakıldığında, heterotrofik bakteri bolluk ve biyomas değerleri en yüksek yüzey sularında kaydedilmiştir. Örnekleme istasyonları içerisinde en yüksek değerler karasal girdinin daha çok etkisinde kalan, dolayısıyla inorganik ve organik yükü daha yoğun olan yakın kıyı istasyonunda kaydedilmiştir. Öfotik bölge içinde bolluk ve biyomas değerleri derinliğe bağlı kademeli bir azalma gösterirken, bu tabakanın altında değerler ani azalmalar göstermiştir. En düşük hücre sayısı ve karbon biyoması daima suboksik tabakada kaydedilmiştir. Anoksik bölgeye geçişte ise hücre sayısı ve biyomas değerlerinde tekrar artış gözlenmiştir. Bakteri popülasyonu yakın kıyı istasyonunda kıyı ve açık istasyonuna göre daha küçük boyutlu hücrelerle temsil edilmiştir. Kıyı ve açık istasyonlarında öfotik bölge içinde yüksek boyuta

sahip hücelere rastlanırken, bu bölge altında hücre boyutları azalmış ancak anoksik bölgeye geçişte tekrar artış göstermiştir (Tablo 8).

Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri karbon biyoması ile sıcaklık ve Chl-*a* arasında pozitif yönlü bir korelasyon söz konusu iken tuzluluk ile negatif yönde bir ilişki bulunmuştur. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri hücre sayısı ile yalnızca fosfat arasında istatistiki açıdan önemli negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur (Tablo 9). Heterotrofik bakteri bolluğu ile *Synechococcus* spp. bolluğu ( $r= 0.651$ ,  $p < 0.01$ ), heterotrofik nanoflagellat bolluğu ( $r= 0.711$ ,  $p < 0.01$ ) ve biyoması ( $r= 0.678$ ,  $p < 0.01$ ) arasında istatistiki açıdan önemli pozitif yönlü ilişki bulunmuştur. Heterotrofik bakteri ortalama hücre hacmi ile heterotrofik nanoflagellat bolluğu arasında ise negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir ( $r= -0.282$ ,  $p < 0.01$ ).

Tablo 9. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları (\*: Önem derecesi  $p < 0.01$ ) (B:hücre sayısı, CB: karbon biyoması, OHH: ortalama hücre hacmi).

	Heterotrofik bakteri		
	B	CB	OHH
Sıcaklık	0,249	0,372*	0,254
Tuzluluk	-0,278	-0,422*	-0,178
Çözünmüş oksijen	0,066	-0,060	-0,170
Chl- <i>a</i>	0,280	0,368*	0,111
NO <sub>2+3</sub>	0,330	0,270	-0,076
PO <sub>4</sub>	-0,386*	-0,360	-0,229
SiO <sub>4</sub>	0,193	0,093	-0,300

Kıyı istasyonunda sıcaklık, çözünmüş oksijen ve Chl-*a* ile heterotrofik bakteri arasında istatistiki açıdan önemli pozitif yönlü, tuzluluk ile ise negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur (Tablo 10). Besin elementlerinden nitrat-nitrit ve silikat ile arasında bir ilişki bulunamazken, fosfat ile negatif yönlü bir ilişki söz konusu olmuştur. Kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri bolluğu ile *Synechococcus* spp. bolluğu arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunmuştur ( $r= 0.452$ ,  $p < 0.01$ ). Benzer bir ilişki bakteri biyoması ile heterotrofik nanoflagellat biyoması arasında gözlenmiştir ( $r= -0.282$ ,  $p < 0.01$ ).



Tablo 10. Kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları (\*: Önem derecesi  $p < 0.01$ ) (B:hücre sayısı, CB: karbon biyoması, OHH: ortalama hücre hacmi)

	Heterotrofik bakteri		
	B	CB	OHH
Sıcaklık	0,544*	0,491*	-0,077
Tuzluluk	-0,587*	-0,410*	0,261*
Çözünmüş oksijen	0,475*	0,281*	-0,277*
Chl-a	0,656*	0,507*	-0,221
NO <sub>2+3</sub>	0,188	0,161	-0,034
PO <sub>4</sub>	-0,265*	-0,183	0,123
SiO <sub>4</sub>	-0,477*	-0,352*	0,180

Açık istasyonunda da heterotrofik bakteri ve fiziko-kimyasal parametreler arasındaki ilişki kıyı istasyonundakine benzer şekilde bulunmuştur (Tablo 11). Açık istasyonunda da heterotrofik bakteri bolluğu ile *Synechococcus* spp. bolluğu ve biyoması arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunmuştur (sırasıyla,  $r = 0.651$  ve  $r = 0.628$   $p < 0.01$ ). Heterotrofik bakteri ile heterotrofik nanoflagellat bolluğu ve biyoması arasında da önemli bir ilişki gözlenmiştir (sırasıyla,  $r = 0.711$  ve  $r = 0.678$ ,  $p < 0.01$ ).

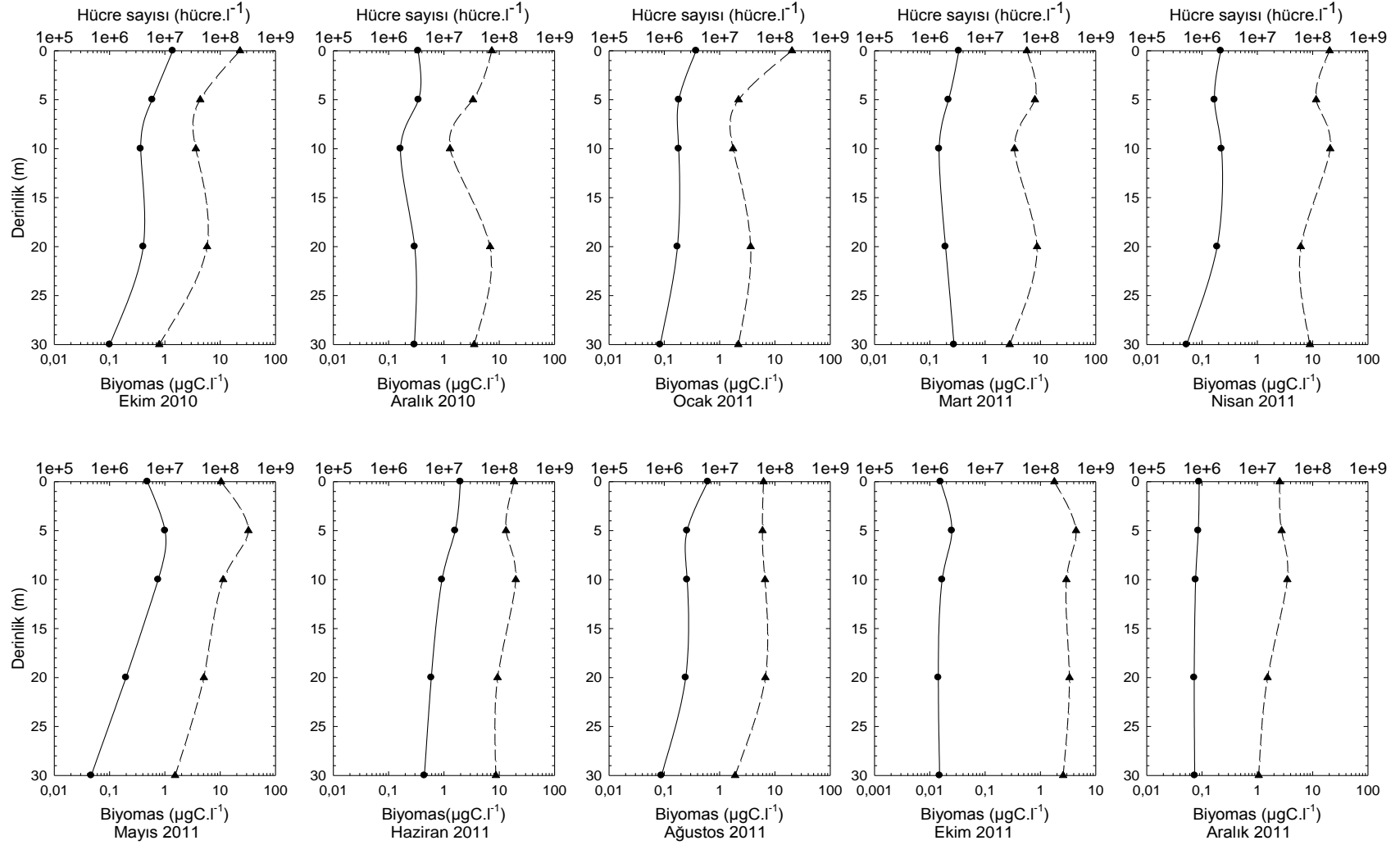
Tablo 11. Açık istasyonunda heterotrofik bakteri ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları (\*: Önem derecesi  $p < 0.01$ ) (B:hücre sayısı, CB: karbon biyoması, OHH: ortalama hücre hacmi).

	Heterotrofik bakteri		
	B	CB	OHH
Sıcaklık	0,598*	0,498*	0,063
Tuzluluk	-0,689*	-0,308*	0,257*
Çözünmüş oksijen	0,578*	0,211	-0,285*
Chl-a	0,737*	0,337*	-0,292*
NO <sub>2+3</sub>	-0,191	-0,118	0,061
PO <sub>4</sub>	-0,465*	-0,232*	0,180
SiO <sub>4</sub>	-0,612*	-0,310*	0,145

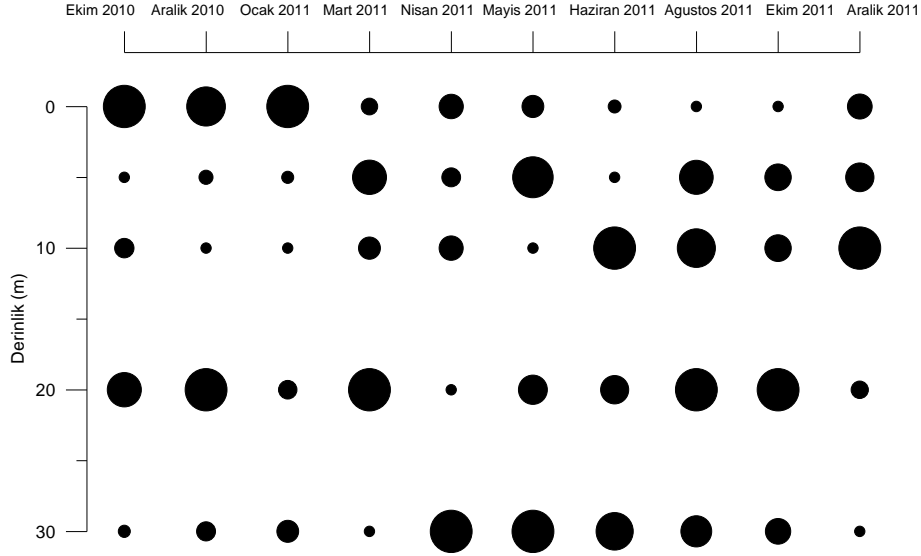
### 3.4.3. Heterotrofik Nanoflagellat

Heterotrofik nanoflagellat bolluğu yıl içerisinde zamana ve derinliğe bağlı değişimler sergilemiştir. Yakın kıyı istasyonunda bu organizma grubuna ait en yüksek hücre sayıları yıl boyunca 0-5 m ara yüzeyinde kaydedilmiş, bu derinlikten itibaren ise azalma eğilimi göstermiştir. Heterotrofik nanoflagellat hücre sayısı örnekleme periyodu boyunca yüzeyde  $0.89 \times 10^6$ -  $19.82 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  arasında değişmiştir (Şekil 47). Ekim 2010'da yüzeyde  $13.87 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  olan hücre sayısı, 30 m derinlikte yaklaşık 13 kat azalarak  $1.01 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine düşmüştür. Aralık, Ocak, Mart ve Nisan'da 30 m'lik su kolonu içerisinde hücre sayısı belirgin değişimler göstermemiştir. Mayıs ayında ise yüzeyde hücre sayısı  $4.83 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  iken ani bir artışla 5 m'de  $10.08 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$ 'ye ulaşmıştır. Haziran ayında su sıcaklığı ve pikoplanktondaki artışa paralel olarak heterotrofik nanoflagellat hücre sayısı en yüksek değerlere ( $19.82 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$ ) ulaşmıştır. Yaklaşık 3 katlık bir azalma ile birlikte Ağustos ayında yüzey değerleri  $6.14 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine düşmüştür. Ekim ve Aralık 2011'de hücre sayılarında azalma devam etmiş, ancak hücre sayısı su kolonunda homojen bir yapı sergilemiştir. Hücre sayılarının ilk 30 m içerisindeki ortalamalarına bakıldığında, yakın kıyı istasyonunda Haziran ayı en yüksek değerlerin, Aralık ayı ise en düşük değerlerin gözlemlendiği aylar olmuştur.

Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ortalama hücre hacimleri yıl içerisinde derinliğe ve zamana bağlı değişimler göstermiştir. Sonbahar ve kış periyodunda büyük boyutlu hücreler yüzey ve yüzey altı derinliklerde gözlenirken, ilkbahar ve yaz aylarında ise bu tip hücreler daha derinlerde belirlenmiştir (Şekil 48). Yüzeyde ortalama hücre hacimleri  $7.6$ -  $75.48 \mu m^3$  arasında değişim göstermiştir. En yüksek hücre sayılarının okunduğu Haziran ayında, aynı zamanda en düşük hücre hacimlerine de rastlanılmıştır. Su kolonundaki ortalama hacim değerlerine göre, heterotrofik nanoflagellatlar Ekim 2010'da en küçük boyuta sahip hücrelerle temsil edilirken, en büyük boyuta sahip hücreler Nisan 2011'de kaydedilmiştir. Yakın kıyı istasyonunda karbon biyomas değerleri yüzeyde  $1.78$ -  $22.82 \mu g C l^{-1}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 47). Su kolonundaki ortalama karbon biyoması değerlerine bakıldığında, en yüksek değerler ( $\sim 13 \mu g C l^{-1}$ ) Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında kaydedilmiş olup, örnekleme yapılan diğer aylarda ise  $2.27$ -  $7.48 \mu g C l^{-1}$  aralığında değişim göstermiştir.



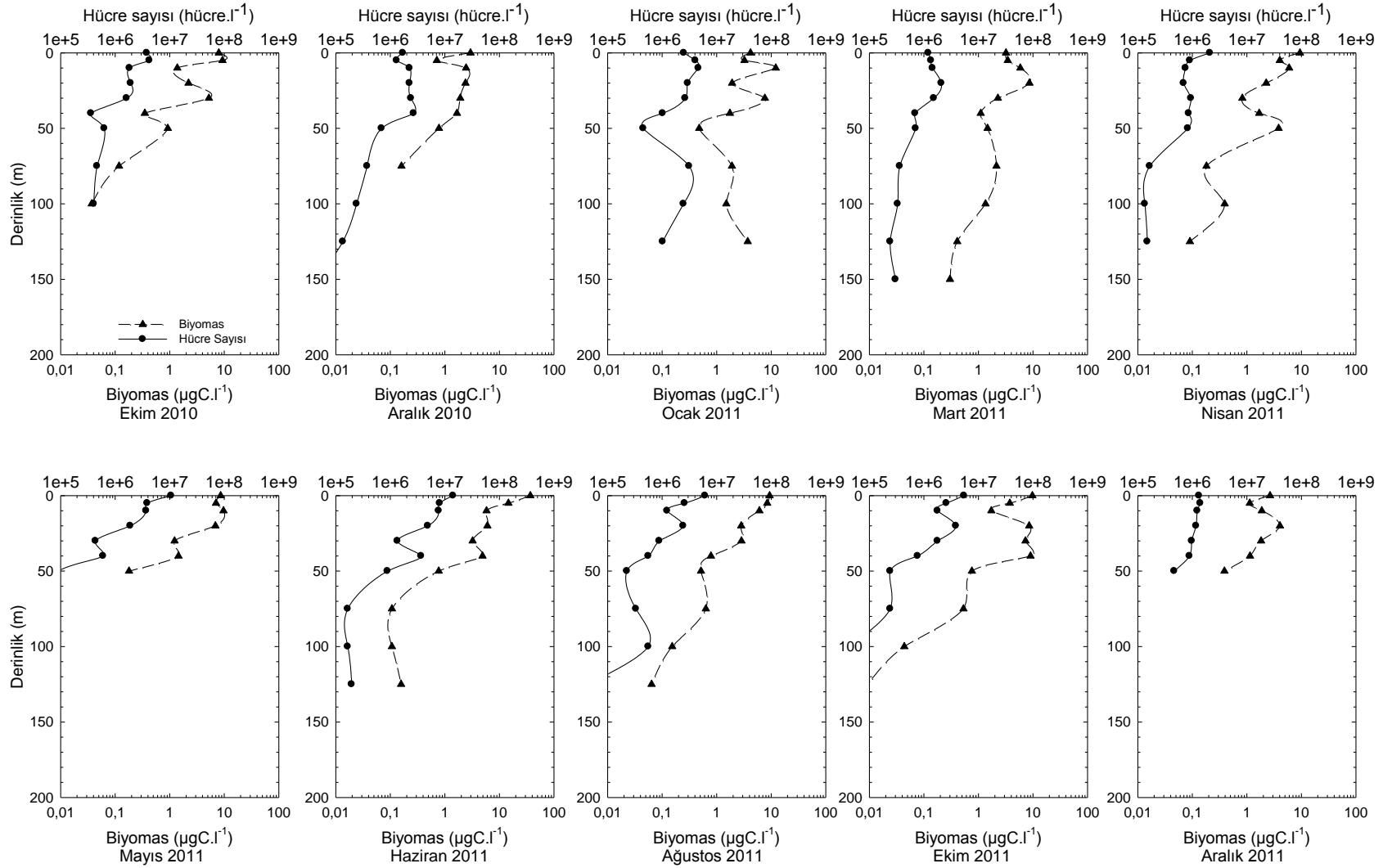
Şekil 47. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagelat hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi



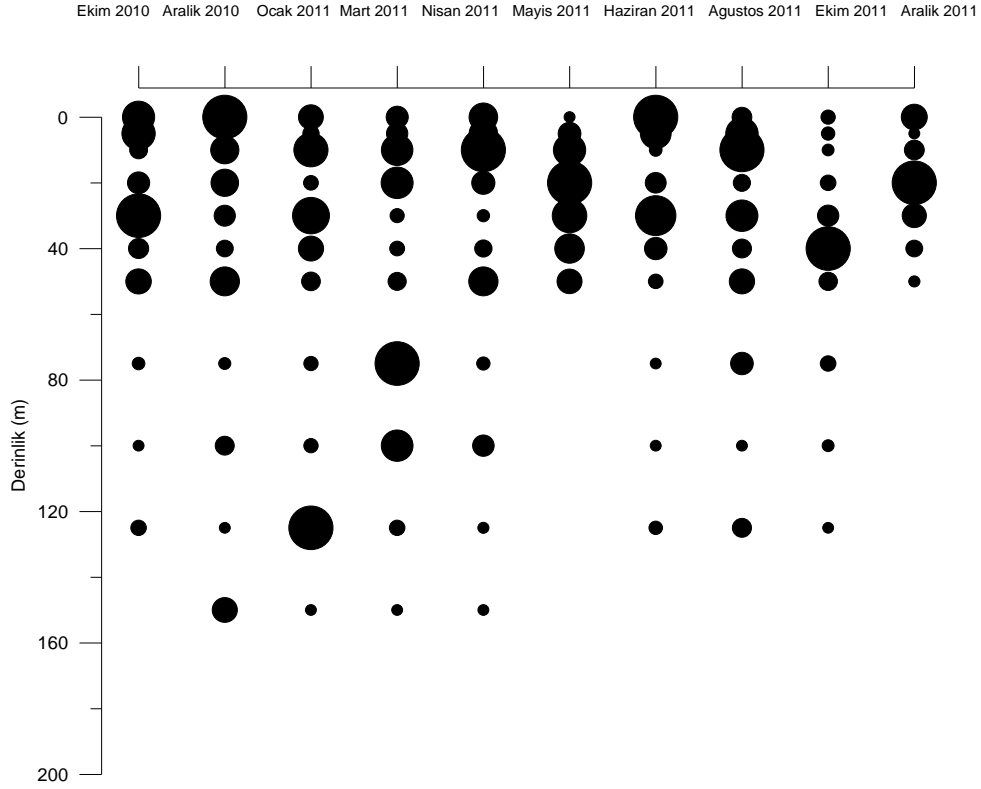
Şekil 48. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi

Kıyı istasyonunda örnekleme periyodu süresince 150 m derinliğe kadar heterotrofik nanoflagellatlara rastlanılmıştır. Mayıs ve Aralık 2011’de heterotrofik nanoflagellatların görüldüğü son derinlik 50 m olurken, bu derinlik Aralık 2010’da 75, diğer örnekleme dönemlerinde ise 100-150 m arasında tespit edilmiştir. En yüksek hücre sayıları yıl boyunca yüzeyde belirlenmiştir. Yüzeyde hücre bolluğu en düşük Mart, en yüksek Haziran ayında olmak üzere  $1.2- 14.19 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 49). Hücre sayıları en yüksek değerlere ilk 20 m içerisinde ulaşır, bu derinlikten itibaren azalma eğilimi göstermiş, 50 m’den itibaren ise hücre sayısı  $\sim 1 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  seviyesinin altına düşmüştür. Heterotrofik nanoflagellat bolluğu yıl içerisinde Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ekim’de en yüksek değerlere ulaşmış, diğer aylarda ise düşük değerlerde seyretmiştir.

Heterotrofik nanoflagellat ortalama hücre hacimleri kıyı istasyonunda yıl içerisinde zamana ve derinliğe bağlı değişim göstermiştir. Yüzeyde ortalama hücre hacimleri  $6.57-36.33 \mu m^3$  olarak belirlenmiştir. Ekim, Ocak, Mart ve Nisan’da 200 m içerisinde heterotrofik nanoflagellat hücre boyutları artış ve azalışlar göstermiştir. Mayıs ayında su sıcaklığındaki artışla beraber su kolonunda büyük boyutlu hücrelere mevsimsel termoklinin üstünde rastlanılmıştır. Yaz aylarında da benzer durum gözlenmiş, termoklinin altında ise hücre boyutları giderek küçülme eğilimi göstermiştir (Şekil 50). Örnekleme



Şekil 49. Kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi



Şekil 50. Kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi

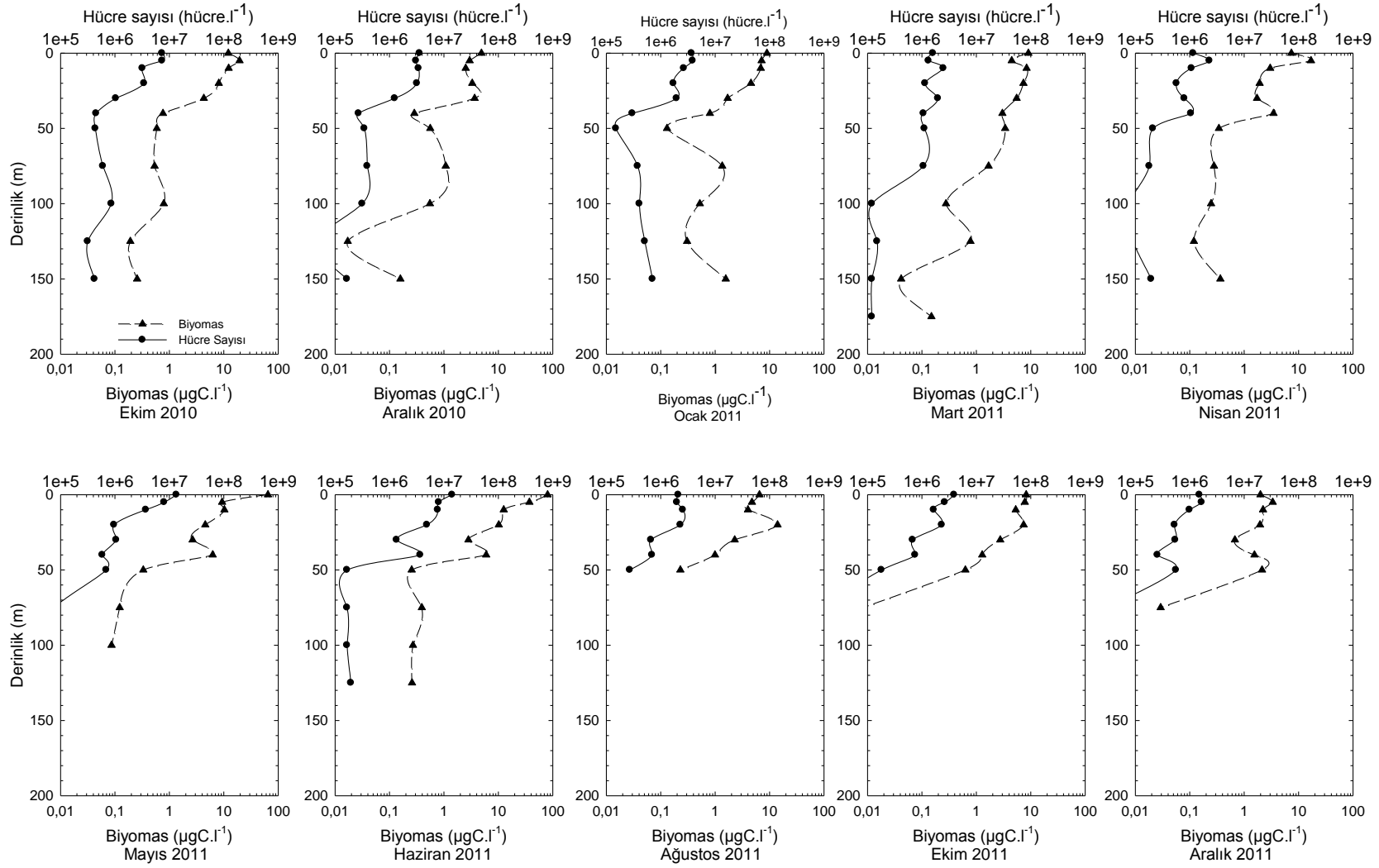
periyodu boyunca en büyük hücreler ( $95.57 \mu\text{m}^3$ ) Ekim 2011'de 40 m derinlikte tespit edilmiştir.

Kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat karbon biyoması yüzeyde Haziran ayı hariç  $2.66- 9.42 \mu\text{g C l}^{-1}$  arasında değişim göstermiş olup, Haziran ayında yıl içerisinde ölçülen en yüksek değere ( $37.02 \mu\text{g C l}^{-1}$ ) ulaşmıştır. Genelde ilk 50 m içerisinde dalgalanmalar gösteren karbon biyomas değerleri, Ocak ve Mart ayı hariç tüm aylarda derinliğe bağlı azalış göstermiştir. Ocak ve Mart aylarında 100- 125 m ara yüzeyinde biyomas değerleri  $\sim 1.5- 3 \mu\text{g C l}^{-1}$ , diğer aylarda ise 50 m'nin altında  $\sim 0.5 \mu\text{g C l}^{-1}$  ve altında belirlenmiştir (Şekil 49).

Açık istasyonunda heterotrofik nanoflagellatlar Ekim-Nisan periyodunda 150- 175 m derinliğe kadar tespit edilmişlerdir. Su sıcaklığının artmasıyla beraber tespit edildikleri son derinlik 50- 125 m olarak belirlenmiştir. Örnekleme periyodu boyunca bu canlı grubuna ait en yüksek hücre sayıları daima yüzey sularında tespit edilmiştir. Yüzey sularında hücre sayıları  $1.16- 14.19 \times 10^6$  hücre  $\text{l}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 51). Kıyı

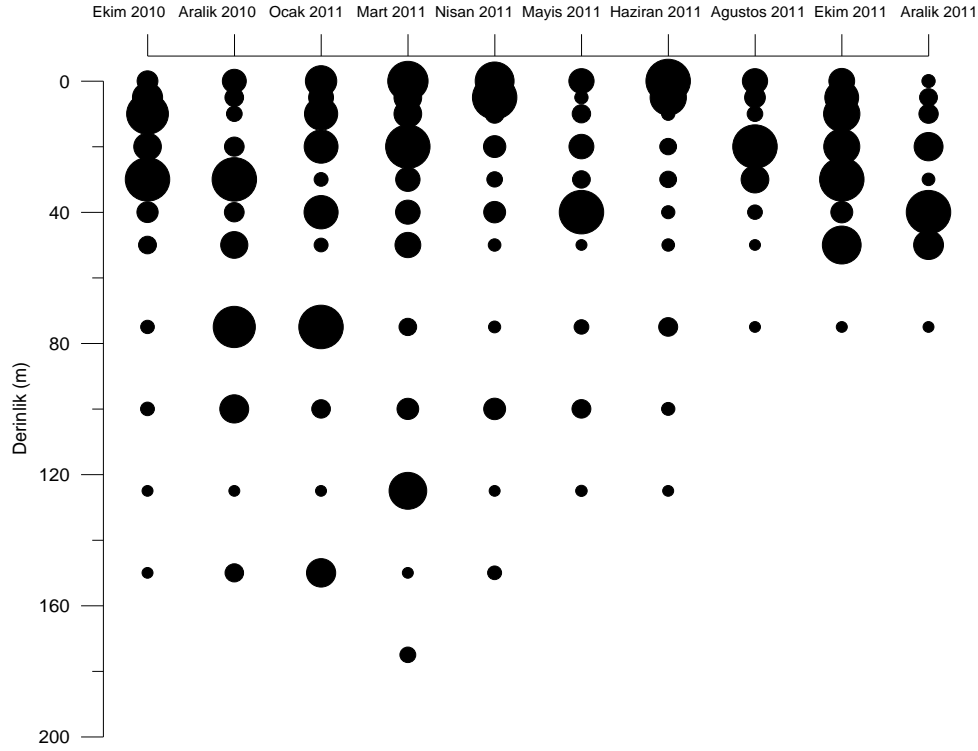
istasyonunda Ekim 2010'da yüzeyde  $7.34 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  olan bolluk değerleri, en düşük yüzey değerlerinin okunduğu Nisan ayına kadar yaklaşık 1/7 oranında bir azalış sergileyerek  $1.16 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  değerine düşmüştür. Mayıs ayında ise su sıcaklığının artması ve mevsimsel termoklinin oluşmaya başlamasıyla birlikte  $13.48 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  olarak belirlenmiş ve Haziran ayında ise en yüksek değere ( $14.19 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$ ) ulaşmıştır. Bu ayı takiben Ağustos ayında bolluk değerleri ( $6.14 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$ ) yaklaşık yarı yarıya azalma göstermiş olup, son örnekleme dönemi olan Aralık 2011'de ise  $1.33 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine düşmüştür.

Heterotrofik nanoflagellatlara ait hücre boyutları açık istasyonunda zamana ve derinliğe bağlı değişimler sergilemiştir. Yüzeyde ortalama hücre hacimleri  $10.76- 51.63 \mu m^3$  arasında değişmiştir. Ekim 2010'da ilk 50 m içerisinde  $\sim 10- 30 \mu m^3$  arasında değişim gösteren hücre hacimleri, Aralık ve Ocak ayında ise daha düşük değerlerde seyretmiştir. Dikey karışımların süregeldiği ilkbahar aylarında ise bu gruba ait hücre boyutları tüm su kolonunda yüksek değerlerde gözlenmiştir. Örnekleme süresince en büyük hacme sahip hücrelere ( $86.42 \mu m^3$ ) Mayıs ayında 40 m derinlikte rastlanılmıştır. Haziran ayında yüzeyde büyük boyutlu hücrelere rastlanırken, derinlik arttıkça boyutta azalma gözlenmiştir. Ağustos, Ekim ve Aralık'ta ise yüzeyde küçük olan hücre boyutları, 20-30 m ara yüzeyinde en yüksek değerlere ( $30- 50 \mu m^3$ ) ulaşmıştır (Şekil 52). Örnekleme periyodu boyunca heterotrofik nanoflagellatlara ait en yüksek karbon biyomas değerleri açık istasyonunda kaydedilmiştir. Hücre boyutları yıl içerisinde  $1.99- 12.10 \mu g C l^{-1}$  aralığında değişim göstermiş, Mayıs ( $64.86 \mu g C l^{-1}$ ) ve Haziran ( $80.55 \mu g C l^{-1}$ ) aylarında ise en yüksek değerlere ulaşmıştır. Açık istasyonunda Mayıs ve Haziran aylarında kıyı istasyonu ile benzer hücre sayıları tespit edilmesine karşın, bu istasyonda daha büyük boyutlu hücreler olması karbon biyomasındaki artışın temel sebebidir. Örnekleme süresince su kolonunda 50 m'nin altında karbon biyomas değerleri  $5 \mu g C l^{-1}$ 'nin altına düşmüştür (Şekil 51).



Şekil 51. Açık istasyonunda heterotrofik nanoflagellat hücre sayısı (log) ve biyomasının (log) derinliğe bağlı değişimi





Şekil 52. Açık istasyonda heterotrofik nanoflagellat ortalama hücre hacminin zamana bağlı değişimi

Örnekleme yapılan derinliklerin ortalamalarına bakıldığında her üç istasyonda da heterotrofik nanoflagellat bolluk ve biyomas değerleri en yüksek yüzey sularında kaydedilmiştir. Bolluk değerleri öfotik bölge içerisinde derinlikle beraber kademeli bir azalış sergilemiştir. Örnekleme istasyonları içerisinde en yüksek karbon biyomas değerleri açık deniz olarak tanımlanan istasyonda yüzey sularında kaydedilmiştir. Öfotik tabakanın altında bolluk ve biyomas değerleri ani azalmalar göstermiştir. En düşük hücre sayısı ve karbon biyoması daima suboksik tabakada kaydedilmiştir. Ortalama hücre hacmi ilk 30 m'lik su kolonunda çok büyük değişimler sergilememekle beraber, yakın kıyı ve açık istasyonda heterotrofik nanoflagellat popülasyonu, kıyı istasyonuna göre daha büyük boyutlu hücrelerle temsil edilmiştir. Kıyı ve açık istasyonda öfotik bölgenin altında hücre boyutları derinliğe bağlı olarak azalmıştır (Tablo 12).

Tablo 12. Örnekleme derinliklerinde heterotrofik nanoflagellatların yıllık ortalama hücre hacmi, bolluk ve biyomas değerleri (OHH: ortalama hücre hacmi  $\pm$  SS-  $\mu\text{m}^3$ , B: hücre sayısı  $\pm$  SS-  $10^6$  hücre  $\text{l}^{-1}$ , CB: karbon biyoması  $\pm$  SS-  $\mu\text{g C l}^{-1}$ , KD: kompenzasyon derinliği)

Tabaka	Derinlik	Yakın kıyı			Kıyı			Açık		
		OHH	B	CB	OHH	B	CB	OHH	B	CB
Oksik	0	22.99 $\pm$ 21.28	5.98 $\pm$ 6.09	11.59 $\pm$ 8.08	17.37 $\pm$ 7.94	4.90 $\pm$ 4.38	9.51 $\pm$ 10.10	28.04 $\pm$ 16.09	5.25 $\pm$ 4.87	20.25 $\pm$ 27.92
	5	20.09 $\pm$ 15.31	4.71 $\pm$ 4.79	8.82 $\pm$ 9.07	16.01 $\pm$ 9.86	3.04 $\pm$ 2.16	5.58 $\pm$ 4.30	23.85 $\pm$ 15.32	4.03 $\pm$ 2.72	11.34 $\pm$ 10.69
	10	21.76 $\pm$ 20.70	3.27 $\pm$ 2.84	7.52 $\pm$ 7.36	22.12 $\pm$ 18.90	2.66 $\pm$ 2.14	5.29 $\pm$ 3.58	20.14 $\pm$ 7.71	2.95 $\pm$ 1.92	6.75 $\pm$ 3.97
	20	20.27 $\pm$ 7.21	2.51 $\pm$ 1.50	5.70 $\pm$ 2.41	17.81 $\pm$ 10.57	2.42 $\pm$ 1.23	4.57 $\pm$ 2.69	28.99 $\pm$ 14.09	2.10 $\pm$ 1.41	6.33 $\pm$ 3.85
	KD	30	26.88 $\pm$ 39.42	1.61 $\pm$ 1.32	3.40 $\pm$ 2.96	19.23 $\pm$ 8.85	1.46 $\pm$ 0.69	3.43 $\pm$ 2.46	21.37 $\pm$ 8.86	1.13 $\pm$ 0.51
Suboksik	40				20.36 $\pm$ 26.73	1.21 $\pm$ 1.08	2.38 $\pm$ 2.63	26.79 $\pm$ 23.99	0.91 $\pm$ 1.01	2.44 $\pm$ 2.18
	50				15.83 $\pm$ 9.70	0.52 $\pm$ 0.27	1.01 $\pm$ 1.05	15.16 $\pm$ 9.48	0.41 $\pm$ 0.31	0.86 $\pm$ 1.06
	75				10.62 $\pm$ 14.54	0.53 $\pm$ 0.93	0.58 $\pm$ 0.79	13.58 $\pm$ 7.85	0.29 $\pm$ 0.34	0.55 $\pm$ 0.61
	100				8.36 $\pm$ 11.11	0.43 $\pm$ 0.74	0.36 $\pm$ 0.58	16.32 $\pm$ 6.97	0.20 $\pm$ 0.27	0.27 $\pm$ 0.27
	125				7.86 $\pm$ 8.78	0.18 $\pm$ 0.31	0.44 $\pm$ 0.16	11.66 $\pm$ 13.82	0.13 $\pm$ 0.24	0.17 $\pm$ 0.25
Anoksik	150				2.23 $\pm$ 3.33	0.03 $\pm$ 0.09	0.03 $\pm$ 0.10	9.73 $\pm$ 7.13	0.16 $\pm$ 0.04	0.24 $\pm$ 0.48
	175				-	-	-	-	-	-
	200				-	-	-	-	-	-

Yakın kıyı istasyonunda gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçlarına göre, sıcaklık ile heterotrofik nanoflagellat hücre sayısı arasında pozitif yönlü bir ilişki ( $r=0.388$ ,  $p < 0.01$ ) söz konusu iken, hücre boyutu ile negatif yönlü bir ilişki ( $r=-0.483$ ,  $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Tuzluluk ile hem hücre sayısı hem de karbon biyoması arasındaki ilişki negatif yönlü olmuştur (Tablo 13). Çözünmüş oksijen ve Chl-*a* ile heterotrofik nanoflagellat biyoması arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunamamıştır. Hücre sayısı ile fosfat arasında, karbon biyoması ile silikat arasında da ilişki söz konusu olmuştur.

Tablo 13. Yakın kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları (\*: Önem derecesi  $p < 0.01$ ) (B:hücre sayısı, CB: karbon biyoması, OHH: ortalama hücre hacmi)

	Heterotrofik nanoflagellat		
	B	CB	OHH
Sıcaklık	0,388*	0,011	-0,483*
Tuzluluk	-0,811*	-0,692*	0,167
Çözünmüş oksijen	-0,094	0,187	0,318
Chl- <i>a</i>	0,094	0,344	0,252
NO <sub>2+3</sub>	-0,096	0,150	0,343
PO <sub>4</sub>	0,436*	0,125	-0,421*
SiO <sub>4</sub>	0,186	0,456*	0,286

Kıyı istasyonunda sıcaklık, çözülmüş oksijen ve Chl-*a* ile heterotrofik nanoflagellat arasında pozitif yönlü kuvvetli ilişki bulunurken, tuzluluk, fosfat ve silikat arasında ise negatif yönlü bir ilişki söz konusu olmuştur. Nitrat ve nitrit ile arasında istatistikî açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Tablo 14). Açık istasyonunda da heterotrofik nanoflagellat ile fizikokimyasal parametreler arasında kıyı istasyonundakine benzer ilişkiler gözlenmiştir (Tablo 15).

Tablo 14. Kıyı istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları (\*: Önem derecesi  $p < 0.01$ ) (B:hücre sayısı, CB: karbon biyoması, OHH: ortalama hücre hacmi)

	Heterotrofik nanoflagellat		
	B	CB	OHH
Sıcaklık	0,681*	0,644*	0,320*
Tuzluluk	-0,881*	-0,890*	-0,715*
Çözülmüş oksijen	0,648*	0,730*	0,761*
Chl-a	0,822*	0,839*	0,690*
NO <sub>2+3</sub>	0,080	0,136	0,154
PO <sub>4</sub>	-0,420*	-0,509*	-0,543*
SiO <sub>4</sub>	-0,838*	-0,807*	-0,630*

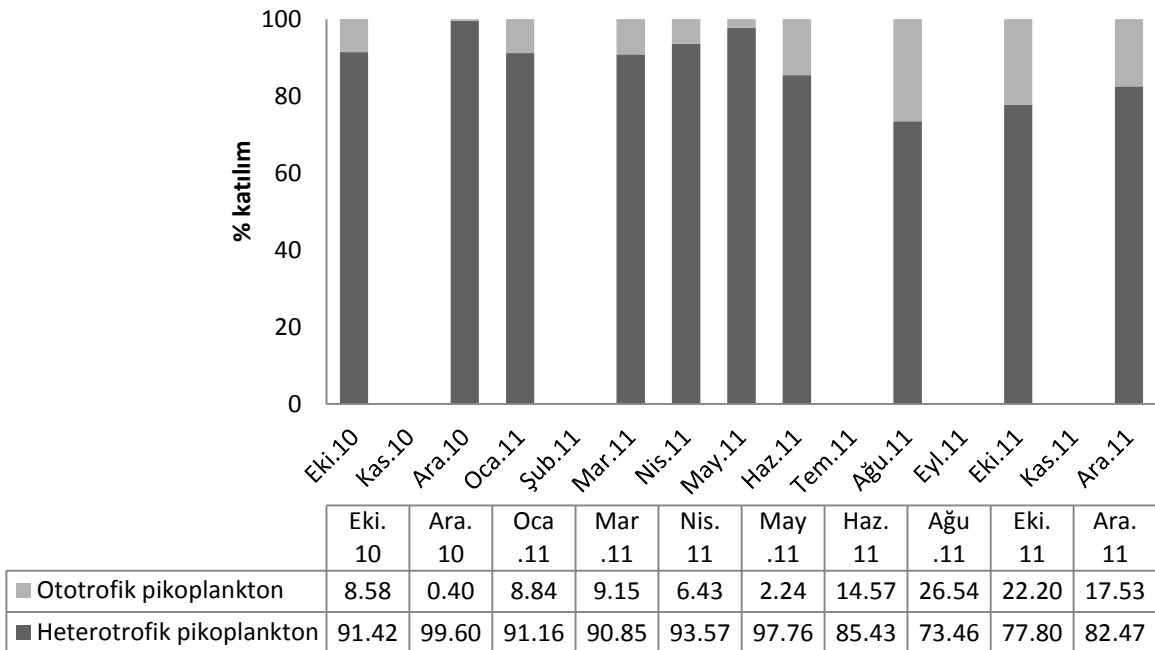
Tablo 15. Açık istasyonunda heterotrofik nanoflagellat ve fiziko-kimyasal parametreler arasında gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçları (\*: Önem derecesi  $p < 0.01$ ) (B:hücre sayısı, CB: karbon biyoması, OHH: ortalama hücre hacmi)

	Heterotrofik nanoflagellat		
	B	CB	OHH
Sıcaklık	0,596*	0,574*	0,262*
Tuzluluk	-0,893*	-0,902*	-0,689*
Çözülmüş oksijen	0,689*	0,744*	0,699*
Chl-a	0,815*	0,827*	0,653*
NO <sub>2+3</sub>	-0,106	-0,083	-0,050
PO <sub>4</sub>	-0,349*	-0,374*	-0,380*
SiO <sub>4</sub>	-0,779*	-0,778*	-0,602*

### 3.5. Pikoplankton-Heterotrofik Nanoflagellat Etkileşimleri

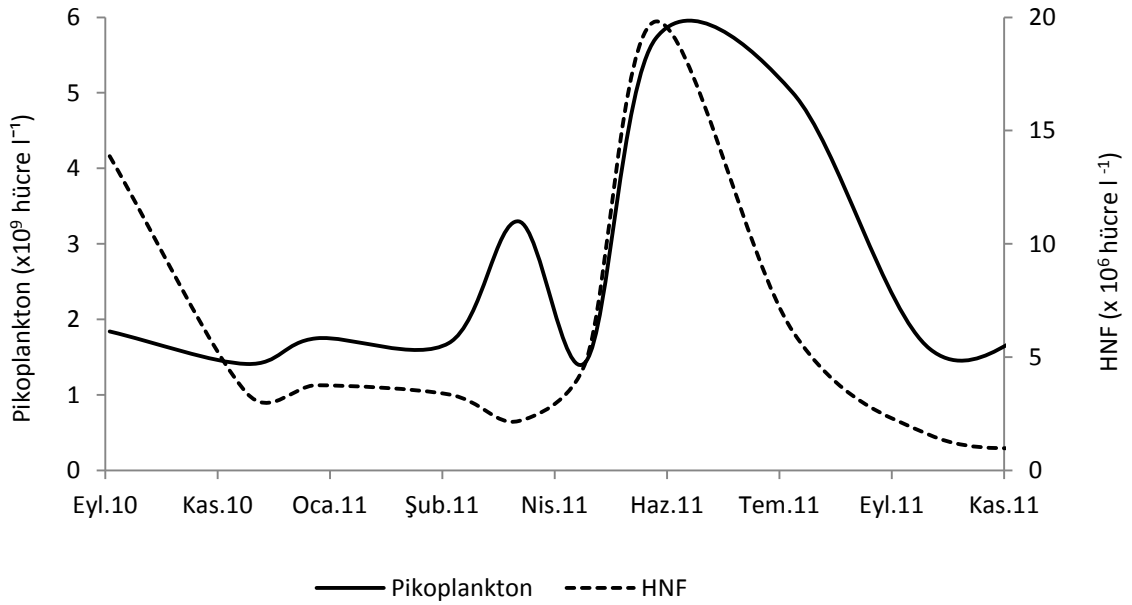
Yakın kıyı istasyonunda pikoplanktonun yıl boyunca en büyük katılımcısı heterotrofik bakteri olmuştur. Yüzey sularında ototrofik pikoplanktonun katılımı % 0.01-11.18 arasında değişmiş ve en yüksek katılımı Ekim ve Aralık 2011’de gerçekleştirmiştir. Heterotrofik kısmın katılımı yüzey sularında % 88’in üzerinde olmuştur. Ototrofik pikoplankton toplam karbon biyomasına en büyük katkıyı yaz aylarında PAR derinliğinde gerçekleştirmiş ve Ağustos ayında toplam pikoplankton biyomasının yaklaşık 1/4’ünü oluşturmuştur. Heterotrofik kısmın ise yıl boyunca PAR derinliğinde toplam biyomasa katılımı 3/4’ün üzerinde olmuştur. Ototrofik kısmın en düşük katılımı ise Aralık 2010 ve Mayıs 2011’de tespit edilmiştir (Şekil 53).

Yakın kıyı istasyonunda yıl boyunca hücre sayısı bakımından da heterotrofik bakteri pikoplanktonun baskın katılımcısı olmuştur. Yıllık ölçekte değerlendirildiğinde, hücre sayısı daima litrede  $10^9$  seviyesinde kalmıştır. Ölçülen en yüksek ve en düşük hücre sayıları arasında yaklaşık 4 katlık bir oran bulunmaktadır.



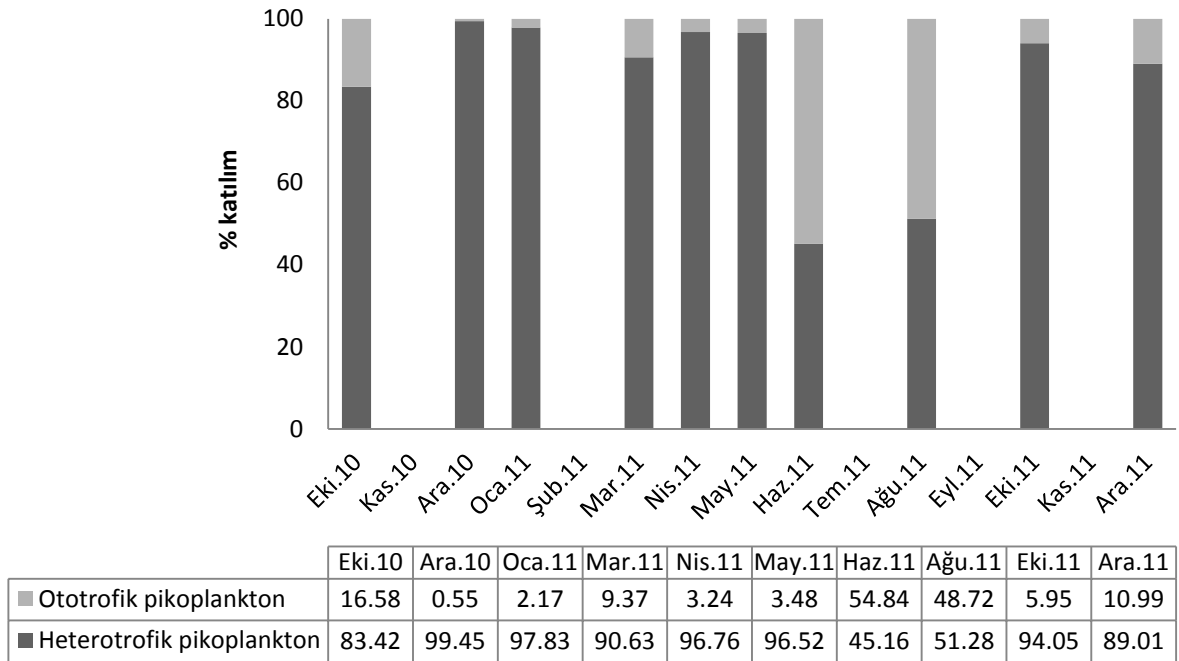
Şekil 53. Yakın kıyı istasyonunda PAR derinliğinde (30m) ototrofik ve heterotrofik pikoplanktonun toplam pikoplankton biyomasına katılımı

Güneydoğu Karadeniz kıyısall sularında pikoplankton yıl içerisinde yüzey sularında iki kez bloom yapmıştır. İlki Nisan ayında, ikincisi ise Haziran ayında tespit edilmiştir. Nisan ayındaki bloom da hem ototrofik hem de heterotrofik pikoplankton birlikte artış göstermiş ve hücre sayısı  $3.3 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  tespit edilmiştir. Nisan ayının ardından Mayıs ayında ani bir düşüş sergileyen pikoplankton, Haziran ayındaki bloom ile yıl içerisindeki en yüksek hücre sayısına ( $5.7 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ ) ulaşmıştır. Pikoplanktonun ikinci bloomu yakın kıyı yüzey sularında yaz boyunca sürmüş, Ekim 2011’de ise ani düşüş göstererek,  $1.61 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine inmiştir (Şekil 54). HNF populasyonu da yakın kıyı yüzey sularında yıl içerisinde iki bloom yapmıştır. Ekim 2010’da kaydedilen bloom’da hücre sayısı  $\sim 15 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Yılın ikinci bloomu ise pikoplanktondaki artışa paralel olarak Haziran ayında gerçekleşmiş ve HNF hücre sayısı  $\sim 20 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$ ’ye ulaşmıştır (Şekil 54). Pikoplankton 2011 yılı Ekim ve Aralık ayında, 2010’un Ekim ve Aralık ayında gösterdiği davranışa benzer şekilde davranırken, HNF populasyonu için 2010 Ekim ayında tespit edilen blooma benzer bir bloom Ekim 2011’de tespit edilememiştir. Aksine HNF hücre sayısı Ekim 2011’de en düşük düzeye inmiştir.



Şekil 54. Yakın kıyı istasyonu yüzey sularında pikoplankton ve heterotrofik nanoflagelatların (HNF) örnekleme dönemleri boyunca dağılımı

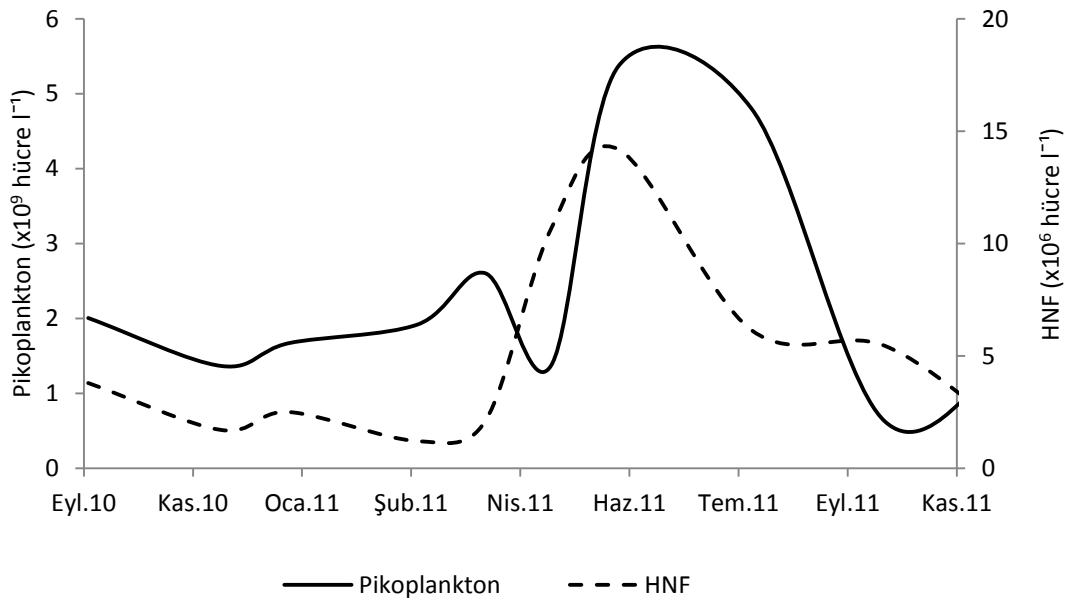
Kıyı istasyonunda pikoplanktonun yıl boyunca en büyük katılımcısı daima heterotrofik bakteri olmuştur. Yüzey sularında ototrofik pikoplanktonun toplam biyomasa katılımı kıyıda uzaklaştıkça artış göstermiş ve % 0.22- 35.75 arasında değişmiştir. Kıyı istasyonunda da yakın kıyı da olduğu üzere yüzey sularında en yüksek katılımı Ekim ve Aralık 2011’de gerçekleştirmiştir. Heterotrofik kısmın yüzey sularında toplam biyomasa katılımı Ekim 2010- Ağustos 2011 periyodunda % 93’ün üzerinde olurken, Ekim ayında bu oran % 65, Aralık ayında ise % 89 olmuştur. Kıyı istasyonunda öfotik bölgede ototrofik kısmın katılımı özellikle kış ve ilkbahar aylarında % 20’nin altındayken, toplam karbon biyomasına en büyük katkıyı yaz aylarında PAR derinliğinde gerçekleştirmiş ve Haziran ayında toplam pikoplankton biyomasının yaklaşık % 55’lik kısmını oluşturmuştur. Ağustos ayında ise toplam pikoplankton biyoması, ototrofik ve heterotrofik kısmın yarıyarıya katılımıyla oluşmuştur. Heterotrofik kısmın ise yıl boyunca PAR derinliğinde toplam biyomasa katılımı yaz ayları hariç % 83’ün üzerinde olmuştur. (Şekil 55).



Şekil 55. Kıyı istasyonunda ototrofik ve heterotrofik pikoplanktonun PAR derinliğinde (30m) toplam pikoplankton biyomasına katılımı

Kıyı istasyonunda yıl boyunca hücre sayısı bakımından da heterotrofik bakteri pikoplanktonun baskın katılımcısı olmuştur. Yıllık ölçekte değerlendirildiğinde, hücre

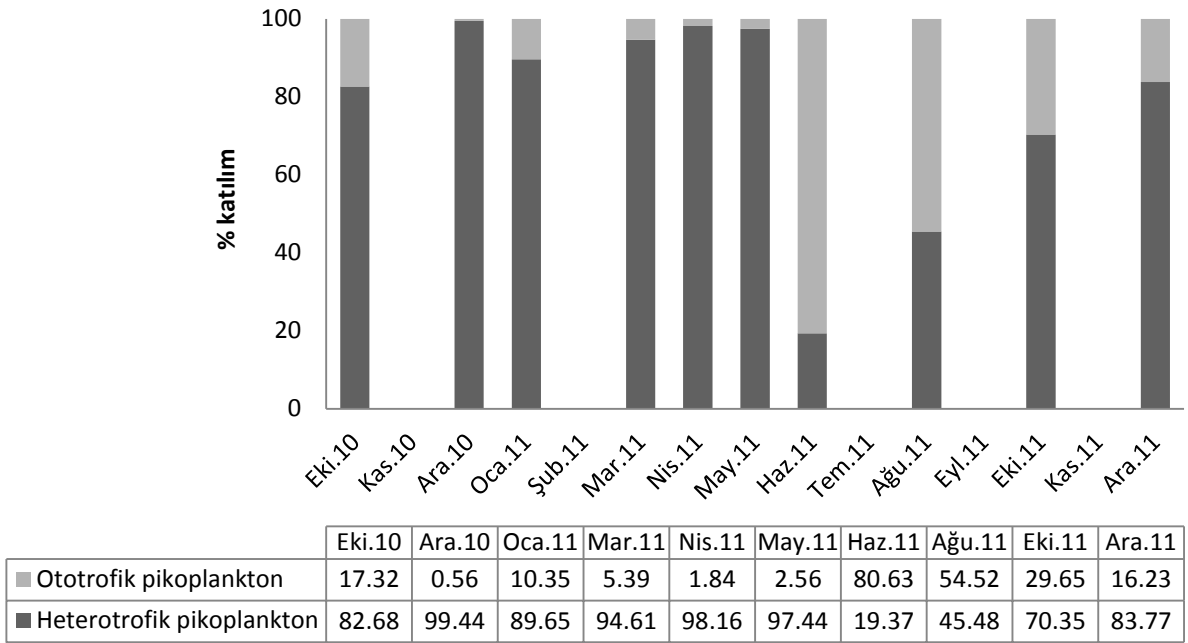
sayısı yüzeyde daima litrede  $10^9$  seviyesinde kalmıştır. Ölçülen en yüksek ve en düşük hücre sayıları arasında yaklaşık 4 katlık bir oran bulunmaktadır. Kıyı istasyonunda da pikoplankton yıl içerisinde yüzey sularında ilki Nisan ayında, ikincisi ise Haziran ayında olmak üzere iki kez bloom yapmıştır. Nisan ayındaki bloomda hem ototrofik hem de heterotrofik pikoplankton birlikte artış göstermiş ve hücre sayısı  $2.6 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Nisan ayının ardından Mayıs ayında ani bir düşüş sergileyen pikoplankton, Haziran ayındaki bloom ile yıl içerisindeki en yüksek hücre sayısına ( $5.37 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ ) ulaşmıştır. Pikoplanktonun ikinci bloomu kıyı yüzey sularında yaz boyunca sürmüştür, Ekim 2011'de ise ani düşüş göstererek,  $0.63 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine inmiştir (Şekil 56). HNF popülasyonu ise kıyı yüzey sularında yıl içerisinde bir kez bloom yapmıştır. Nisan ayında gerçekleşen pikoplankton bloomunun ardından HNF hücre sayısı yaklaşık 5 katlık bir artış sergileyerek  $\sim 11 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  olmuş ve Haziran ayında en yüksek sayıya  $\sim 15 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  ulaşmıştır (Şekil 56).



Şekil 56. Kıyı istasyonu yüzey sularında pikoplankton ve heterotrofik nanoflagelatların (HNF) örnekleme dönemleri boyunca dağılımı

Açık istasyonunu yüzey sularında pikoplankton karbon biyomasının en büyük katılımcısı heterotrofik bakteri olmuştur. Yüzey sularında ototrofik pikoplanktonun toplam biyomasa katılımı % 0.27- 18.25 arasında değişmiş ve açık sularda da diğer istasyonlarda olduğu gibi yüzey sularında en yüksek katılımı Ekim 2011'de gerçekleştirmiştir.

Heterotrofik kısmın yüzey sularında toplam biyomasa katılımı örnekleme süresince Ekim 2011 (% 82) hariç, % 91'in üzerinde olmuştur. Öfotik bölgede ototrofik kısmın katılımı özellikle kış ve ilkbahar aylarında % 18'in altındayken, toplam karbon biyomasına en büyük katkıyı yaz aylarında PAR derinliğinde gerçekleştirmiş ve Haziran ayında toplam pikoplankton biyomasının yaklaşık % 82'lik kısmını oluşturmuştur. Ağustos ayında da ototrofik kısım PAR derinliğinde toplam pikoplankton biyomasının yarısından fazlasını oluşturmuştur. Heterotrofik kısmın ise yıl boyunca PAR derinliğinde toplam biyomasa katılımı yaz ayları hariç ~ % 70'in üzerinde bulunmuştur (Şekil 57).

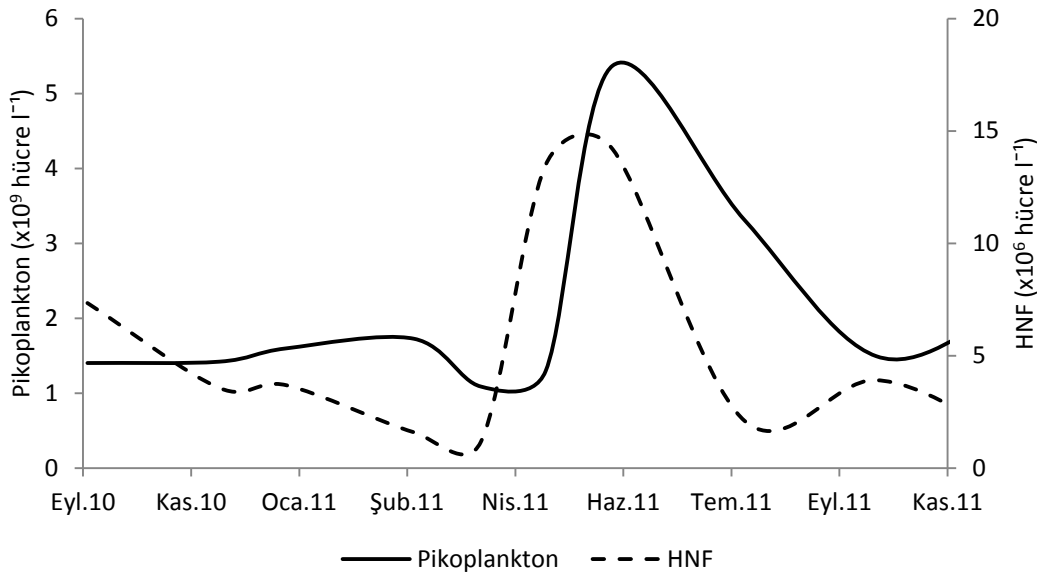


Şekil 57. Açık istasyonunda ototrofik ve heterotrofik pikoplanktonun PAR derinliğinde (30m) toplam pikoplankton biyomasına katılımı

Açık istasyonunda da yıl boyunca hücre sayısı bakımından da heterotrofik bakteri pikoplanktonun baskın katılımcısı olmuştur. Yıllık ölçekte değerlendirildiğinde, hücre sayısı yüzeyde daima litrede  $10^9$  seviyesinde kalmıştır. Yıl boyunca pikoplankton bolluğu yakın kıyı ve kıyı istasyonuna göre daha istikrarlı bir yapı sergilemiştir. Açık istasyonunda diğer istasyonlardan farklı olarak pikoplankton birkez bloom gerçekleştirmiştir (Şekil 58). Haziran ayında tespit edilen yüzey bloomundan heterotrofik pikoplankton artışı sorumlu olup, toplam hücre sayısı  $5.37 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  olarak belirlenmiştir. HNF popülasyonunun ise



açık yüzey sularında yıl içerisinde iki kez bloom yaptığı tespit edilmiştir. Ekim 2010'da gerçekleşen ilk bloomda HNF hücre sayısı  $7.34 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  seviyesinde belirlenmiş, bu aydan itibaren Nisan ayına kadar yaklaşık 1/6'lık azalma sergileyerek,  $1.16 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine düşmüştür. Açık sularda HNF'nin yıl içerisinde gerçekleştirdiği ikinci ve en büyük bloom ( $14 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$ ) ise pikoplanktondaki artıştan önce Mayıs ayında tespit edilmiş ve Haziran'da da etkisini sürdürmüştür (Şekil 58).



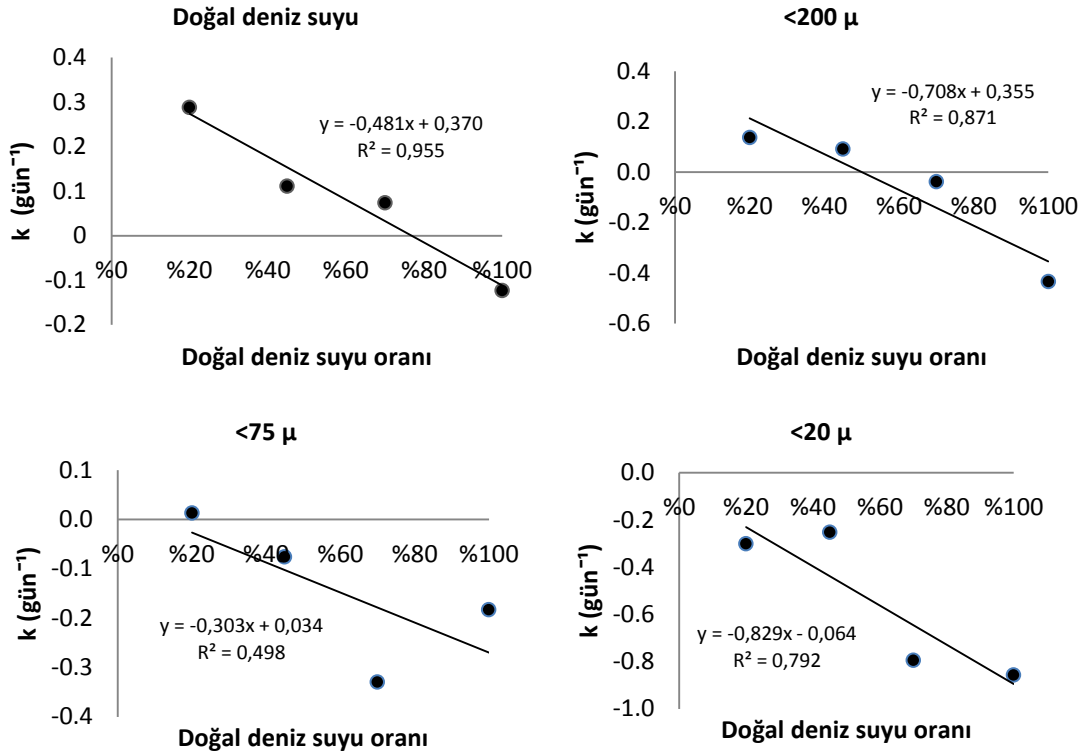
Şekil 58. Açık istasyonu yüzey sularında pikoplankton ve heterotrofik nanoflagelatların (HNF) örnekleme dönemleri boyunca dağılımı

### 3.6. Mikrozooplanktonun Pikoplankton Üzerindeki Otlama Baskısı

#### 3.6.1. Ototrofik Pikoplankton (*Synechococcus* spp.) Büyüme ve Otlama Hızları

Ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp. için karbon biyomasları kullanılarak hesaplanan bakteri net büyüme hızı ile seyrelme oranı arasındaki linear regresyon yoluyla, anlık büyüme hızı ( $\mu$ ,  $gün^{-1}$ ) ve ölüm hızı ( $m$ ,  $gün^{-1}$ ) hesaplanmıştır (Şekil 59). Yıl içerisinde 3 kez seyrelme denemesi yapılmasına karşın, Haziran ayında yüzey sularında *Synechococcus* spp.'ye ait hücrelerin aşırı güneş radyasyonu dolayısıyla floresanlarındaki azalma sonucu sağlıklı sayım gerçekleştirilememiştir. Bu nedenle Haziran 2011 seyrelme denemelerinde *Synechococcus* spp.'ye ait büyüme hızı ve otlama hızı hesaplanamamıştır.

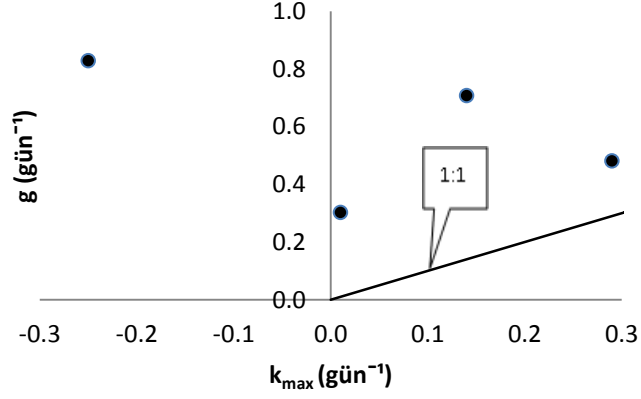
Şubat ayında yapılan ilk deneme sonuçlarına göre *Synechococcus* spp.  $k_{max}$  (en yüksek net büyüme hızı) değerleri  $-0.25- 0.29 \text{ gün}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 59).



Şekil 59. Şubat ayında farklı seyrelme denemelerinde *Synechococcus* spp.'ye ait net büyüme hızının ( $k$ ) seyrelme oranıyla değişimi

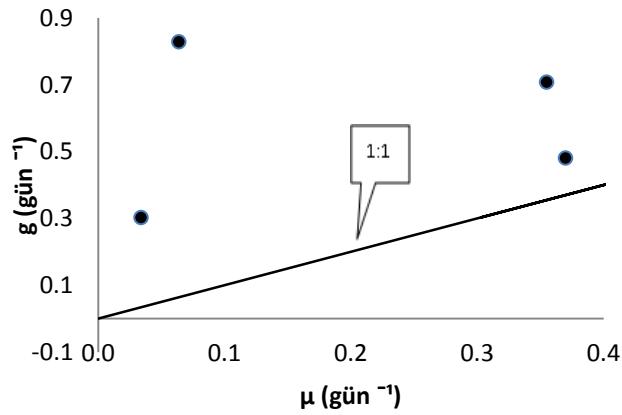
Şubat ayında yapılan 4 seyrelme denemesinde *Synechococcus* spp. anlık büyüme hızı  $0.03- 0.37 \text{ gün}^{-1}$  arasında değişim gösterirken, otlama hızı  $0.3- 0.83 \text{ gün}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Otlama hızı Şubat ayında tüm serilerde büyüme hızını geçmiştir. Avcıların herhangi bir boy grubuna ayrılmadığı deniz suyu serisinde *Synechococcus* spp. için büyüme hızı ( $0.37 \text{ gün}^{-1}$ ) ile otlama hızı ( $0.48 \text{ gün}^{-1}$ ) birbirine yakın değerlerde seyretmiştir. Zooplanktonun boy gruplarına ayrılması ile kendi üzerlerindeki baskının kalkması sonucu  $200 \mu\text{m}$ 'nin altındaki boy grubunun (kopepod+siliat+heterotrofik nanoflagellat) otlama hızı ( $0.76 \text{ gün}^{-1}$ ) büyüme hızını ( $0.36 \text{ gün}^{-1}$ ) yaklaşık 2 katı oranında geçmiştir. Ortamdan  $75 \mu\text{m}$  üzeri avcı grubunun uzaklaştırıldığı seyrelme serilerinde ise büyüme hızı  $0.03 \text{ gün}^{-1}$  seviyesine düşmüş, ancak otlama hızı ( $0.36 \text{ gün}^{-1}$ ) yaklaşık 10 katı fazla bulunmuştur. Ortamda avcı olarak yalnızca heterotrofik nanoflagellatların bırakıldığı  $< 20 \mu\text{m}$  serisinde büyüme hızı  $0.06 \text{ gün}^{-1}$  olarak çok düşük seviyelerde belirlenirken,

otlama hızı  $0.83 \text{ gün}^{-1}$  ile en yüksek düzeye ulaşmıştır (Tablo 16). *Synechococcus* spp. en yüksek net büyüme hızı Şubat ayında daima otlama hızından küçük olmuştur. Deneysel noktalar kararlı halden önemli ölçüde otlama lehine sapmıştır (Şekil 60).

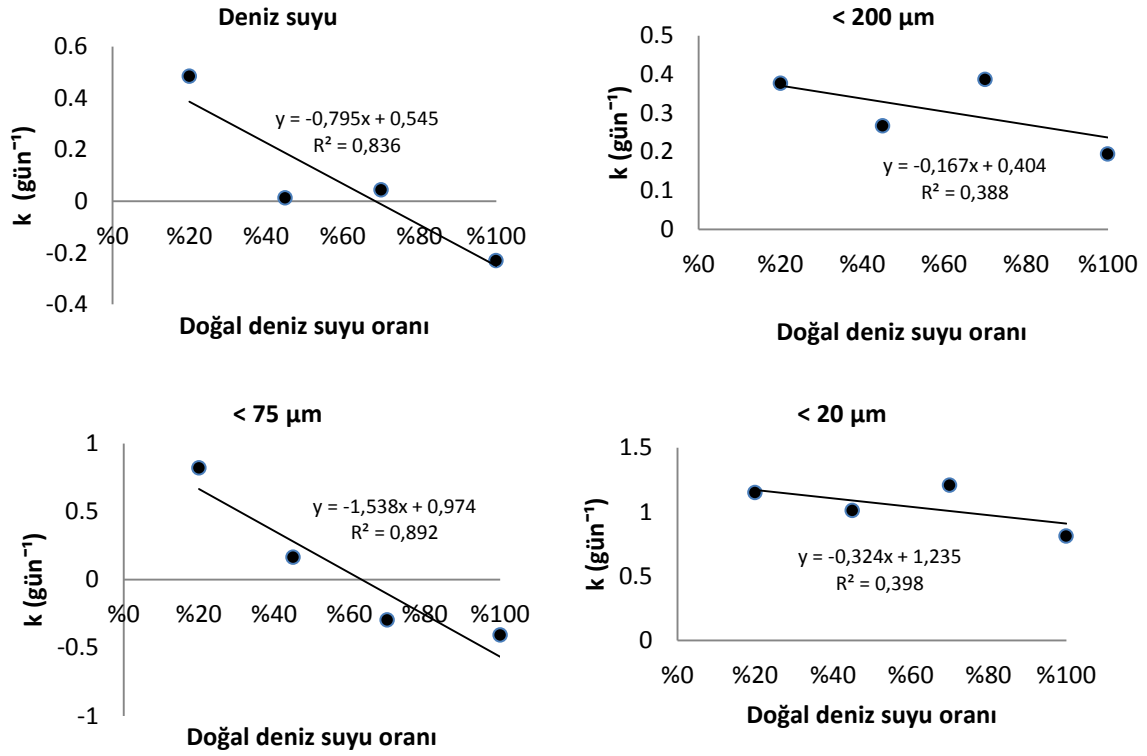


Şekil 60. Şubat 2011’de *Synechococcus* spp. maksimum net büyüme hızı ( $k_{\max}$ ) ve otlama hızının ( $g$ ) dağılımı. (1:1 ile gösterilen doğru kararlı hal hattını ifade etmektedir)

Ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp. için büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlama hızı ( $g$ ) arasındaki fark yüksek bulunmuş ve kararlı hal hattından otlama lehine uzaklaşmıştır (Şekil 61).



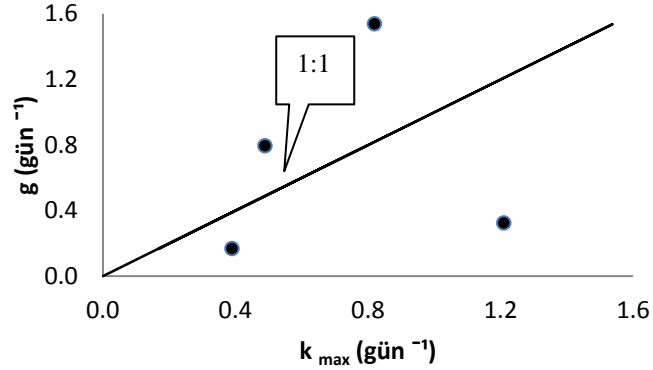
Şekil 61. Şubat 2011’de *Synechococcus* spp. anlık büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlama hızının ( $g$ ) dağılımı. (1:1 ile gösterilen doğru kararlı hal hattını ifade etmektedir)



Şekil 62. Aralık ayında farklı seyrelme denemelerinde *Synechococcus* spp.'ye ait net büyüme hızının (k) seyrelme oranıyla değişimi

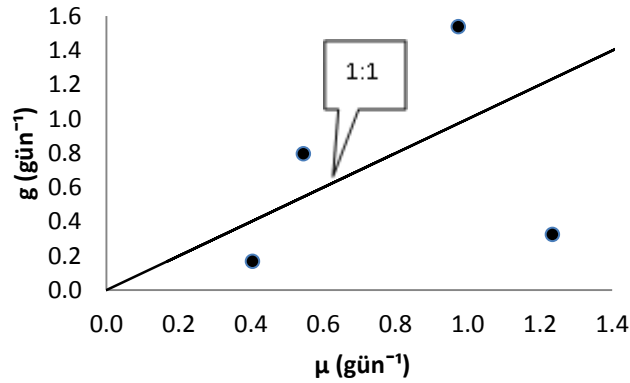
Aralık 2011 seyrelme denemelerinde *Synechococcus* spp.  $k_{max}$  (en yüksek net büyüme hızı) değerleri 0.39- 1.21  $gün^{-1}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 62). Seyrelme serilerinde *Synechococcus* spp. anlık büyüme hızı Şubat ayına göre daha yüksek değerlerde ölçülmüş ve 0.4- 1.24  $gün^{-1}$  arasında belirlenmiştir. Deniz suyu serisinde büyüme hızı 0.55  $gün^{-1}$  olurken, otlama hızı 0.80  $gün^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. < 200 µm serisinde büyüme hızı (0.40  $gün^{-1}$ ) otlama hızından (0.17  $gün^{-1}$ ) yüksek değerlerde ölçülmüştür. Siliat ve heterotrofik nanoflagellatların bulunduğu < 75 µm serisinde büyüme hızı 0.97  $gün^{-1}$  olurken, aynı seride en yüksek otlama hızı (1.54  $gün^{-1}$ ) hesaplanmıştır. *Synechococcus* spp.'ye ait en yüksek büyüme hızı (1.24  $gün^{-1}$ ) < 20 µm serisinde belirlenmesine karşın, heterotrofik nanoflagellatların otlama hızı 0.32  $gün^{-1}$  düzeyinde kalmıştır (Tablo 16).

Aralık 2011'de en yüksek net büyüme hızı ile otlama hızı arasında deniz suyu ve < 200 µm serilerinde doğrusal bir ilişki mevcut olup kararlı hal hattına yakın olmuştur. Ancak < 75µm serisinde kararlı hal hattından uzaklaşarak otlama, < 20 µm serisinde ise net büyüme hızı lehine saptmıştır (Şekil 63).



Şekil 63. Aralık 2011’de *Synechococcus* spp. maksimum net büyüme hızı ( $k_{max}$ ) ve otlanma hızının ( $g$ ) dağılımı. (1:1 ile gösterilen doğru kararlı hal hattını ifade etmektedir)

Anlık büyüme hızı ve otlanma hızı arasında da deniz suyu ve  $< 200 \mu m$  serilerinde doğrusal bir ilişki mevcut olup kararlı hal hattına yakın kalmışlardır.  $< 75 \mu m$  serisinde kararlı hal hattından uzaklaşan deneysel noktalar otlama lehine,  $< 20 \mu m$  serisinde ise net büyüme hızı lehine sapmıştır (Şekil 64).



Şekil 64. Aralık 2011’de *Synechococcus* spp. anlık büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlanma hızının ( $g$ ) dağılımı (1:1 ile gösterilen doğru kararlı hal hattını ifade etmektedir)

### 3.6.2. Ototrofik Pikoplankton (*Synechococcus* spp.) Üzerindeki Otlama Baskısı

*Synechococcus* spp. üzerinde farklı boy gruplarındaki zooplanktonun otlama baskısını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen denemelerin sonuçlarına göre, Şubat ayında biyomas üzerindeki otlama baskısı % 26.14- % 56.35 gün<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir (Tablo 16). Bu dönemde *Synechococcus* spp. biyoması üzerine en yüksek otlama baskısı heterotrofik nanoflagellatlar (< 20 µm) tarafından gerçekleştirilmiştir. < 75 µm serisinde ise otlama baskısı yaklaşık 1/2 oranında azalma göstererek en düşük değer olarak hesaplanmıştır. Ortamda mesozooplankton, siliat ve heterotrofik nanoflagellatların bırakıldığı < 200 µm serisinde ise bakteri stoğu üzerindeki günlük otlama baskısı yaklaşık % 50 olmuştur. Boy gruplaması yapılmayan deniz suyu serisinde bakteri stoğu üzerindeki baskı tekrar azalarak % 38.18 gün<sup>-1</sup> seviyesine düşmüştür.

Tablo 16. Farklı boy gruplarına ait otlayıcıların *Synechococcus* spp. üzerindeki otlamasına ait sonuçlar ( $\mu$ : anlık potansiyel büyüme hızı (gün<sup>-1</sup>), g: otlama hızı (gün<sup>-1</sup>), R<sup>2</sup>: korelasyon katsayısı, P<sub>i</sub>: bakteri biyoması üzerindeki otlama baskısı (% gün<sup>-1</sup>), P<sub>p</sub>: bakteriyel üretim üzerindeki otlama baskısı (% gün<sup>-1</sup>)

Tarih	Avcı boy grubu	$\mu$	g	R <sup>2</sup>	P <sub>i</sub>	P <sub>p</sub>
Şubat 2011	DS	0.37	0.48	0.96	38.18	123.47
	< 200 µm	0.36	0.71	0.87	50.74	169.79
	< 75 µm	0.03	0.30	0.50	26.14	781.97
	< 20 µm	0.06	0.83	0.79	56.35	908.97
Haziran 2011	DS	-	-	-	-	-
	< 200 µm	-	-	-	-	-
	< 75 µm	-	-	-	-	-
	< 20 µm	-	-	-	-	-
Aralık 2011	DS	0.55	0.80	0.84	54.84	130.53
	< 200 µm	0.40	0.17	0.39	15.38	46.28
	< 75 µm	0.97	1.54	0.89	78.52	126.15
	< 20 µm	1.24	0.32	0.40	27.67	39.02

Şubat ayında *Synechococcus* spp. üretimi üzerine günlük otlama baskısı tüm boy grupları için % 100'ün üzerinde bulunmuştur. En yüksek günlük otlama baskısı (% 908.97) heterotrofik nanoflagellatlar tarafından yapılmıştır. Bunu siliat ve heterotrofik nanoflagellatların birlikte otlaması takip etmiş ve günlük baskı % 781.97 olarak

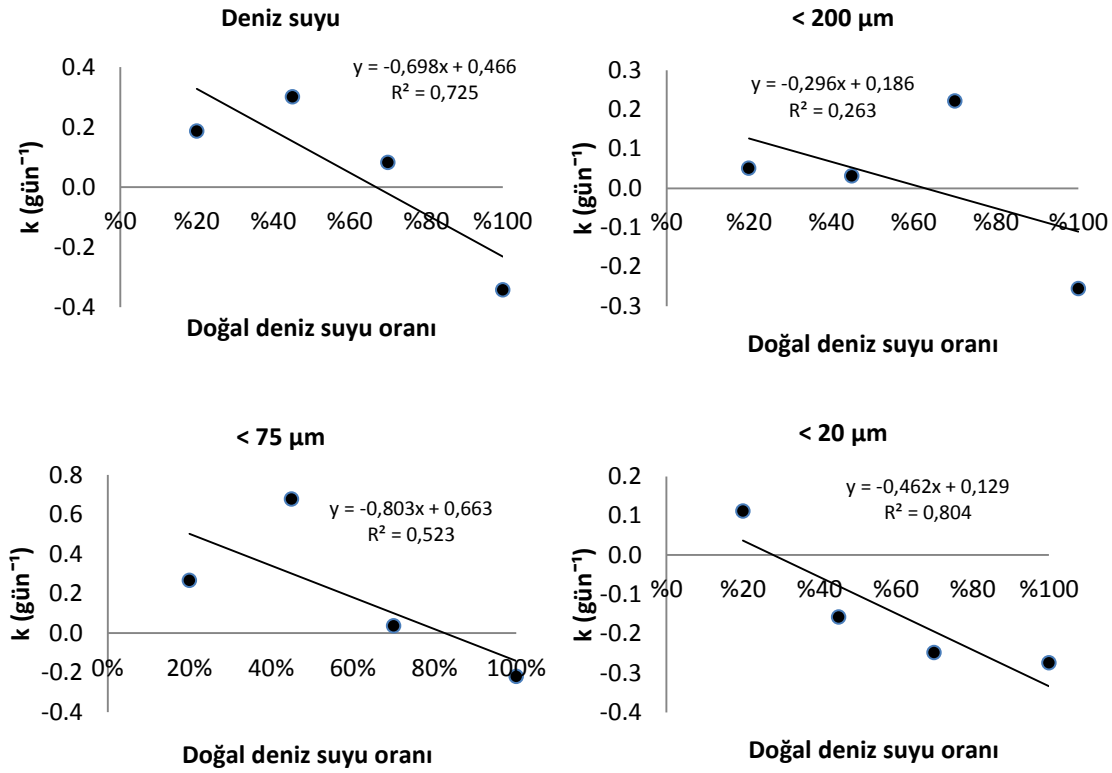
hesaplanmıştır (Tablo 15). Deniz suyu ve  $< 200 \mu\text{m}$  serilerinde ise *Synechococcus* spp. günlük üretimi üzerine otlama baskısı sırasıyla % 123.47 ve % 169.79  $\text{gün}^{-1}$  olarak bulunmuştur.

Aralık 2011'de yapılan denemelerde Şubat ayının tersine ototrofik pikoplankton stoğu üzerine en yüksek günlük otlama baskısını siliat ve heterotrofik nanoflagellatlar yapmış ve günlük % 78.52 seviyesine ulaşmıştır. Deniz suyu serisinde ototrofik pikoplankton üzerine yapılan baskı günlük % 54.84 seviyesine düşmüştür. Şubat ayında *Synechococcus* spp. üzerine en yüksek otlama baskısı yapan heterotrofik nanoflagellatların tek başına stok üzerindeki otlama baskısı yaklaşık yarı yarıya azalarak % 27.67  $\text{gün}^{-1}$  seviyesine düşmüştür. Aralık ayında ototrofik pikoplankton üzerine mesozooplankton+siliat+heterotrofik nanoflagellatlar birlikte en düşük otlama baskısını (% 15.38  $\text{gün}^{-1}$ ) yapmışlardır.

Aralık ayında ototrofik pikoplankton üretimi üzerindeki otlama baskısı, deniz suyu serisi hariç tüm boy gruplarında büyük oranda düşüş göstermiştir. Deniz suyu serisinin üretim üzerine baskısı (% 130.53  $\text{gün}^{-1}$ ) yaklaşık aynı düzeyde seyretmiştir. 200  $\mu\text{m}$  altı zooplanktonun üretim üzerine baskısı (% 46.28  $\text{gün}^{-1}$ ) Şubat ayına göre yaklaşık 1/4 oranında azalma göstermiştir. 75  $\mu\text{m}$  altı mikrozooplankton, *Synechococcus* spp. üretimi üzerine deniz suyu serisiyle aynı seviyede otlama baskısı (% 126.15  $\text{gün}^{-1}$ ) yapmıştır. Heterotrofik nanoflagellatların üretim üzerindeki otlama baskısı ise Şubat ayına göre yaklaşık 1/30 oranında azalarak günlük % 39.02 seviyesinde kalmıştır (Tablo 16).

### **3.6.3. Heterotrofik Pikoplankton (Heterotrofik Bakteri) Büyüme ve Otlama Hızları**

Heterotrofik bakteri üzerinde farklı boy gruplarındaki zooplanktonun baskısını ortaya koymak amacıyla yıl içerisinde 3 dönemde seyrelme denemeleri yapılmıştır. Şubat ayında yapılan ilk deneme sonuçlarına göre heterotrofik bakteri  $k_{\text{max}}$  (en yüksek net büyüme hızı) değerleri 0.11- 0.68  $\text{gün}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir (Şekil 65). Şubat ayında gerçekleştirilen ilk denemede, heterotrofik bakteri otlama hızı tüm denemelerde anlık büyüme hızını geçmiştir.

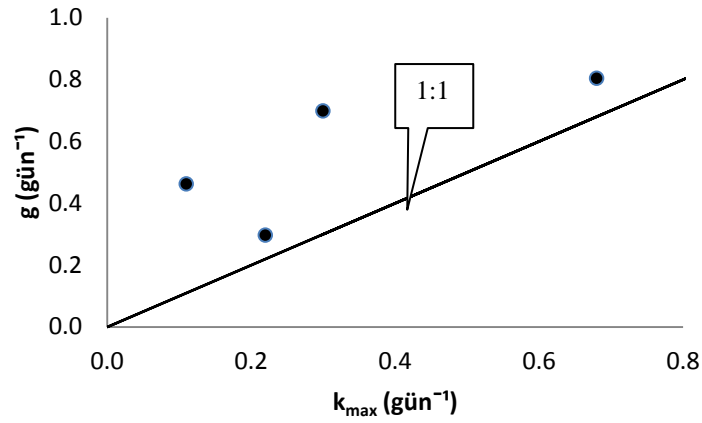


Şekil 65. Şubat ayında farklı seyrelme denemelerinde heterotrofik bakteriye ait net büyüme hızının ( $k$ ) seyrelme oranıyla değişimi

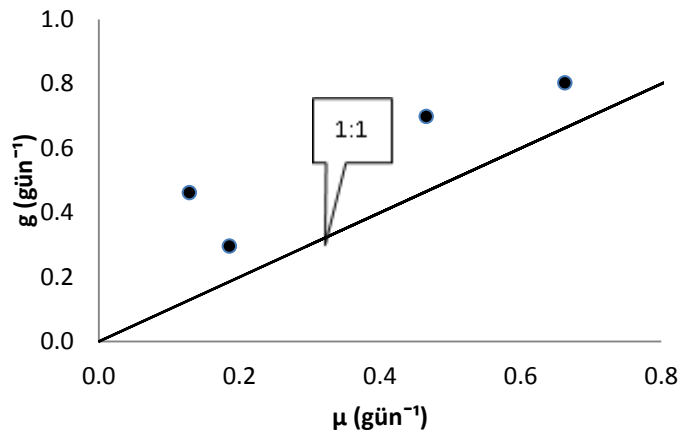
En yüksek bakteri anlık büyüme hızı 75  $\mu\text{m}$  altı boy grubu avcılarının bulunduğu seride  $0,66 \text{ gün}^{-1}$ , en düşük bakteri anlık büyüme hızı ise heterotrofik nanoflagellatların bulunduğu < 20  $\mu\text{m}$  serisinde  $0,13 \text{ gün}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. En yüksek ( $0,66 \text{ gün}^{-1}$ - < 75  $\mu$ ) ve en düşük bakteri otlanma hızı da ( $0,13 \text{ gün}^{-1}$ - < 20  $\mu\text{m}$ ) yine aynı serilerde ölçülmüştür (Tablo 17).

Heterotrofik bakteri en yüksek net büyüme hızı Şubat ayında daima otlanma hızından küçük olmuştur. Deneysel noktalar karalı halden önemli ölçüde otlama lehine saptmıştır (Şekil 66).





Şekil 66. Şubat 2011’de heterotrofik bakteri maksimum net büyüme hızı ( $k_{max}$ ) ve otlanma hızının ( $g$ ) dağılımı. (1:1 ile gösterilen doğru kararlı hal hattını ifade etmektedir)

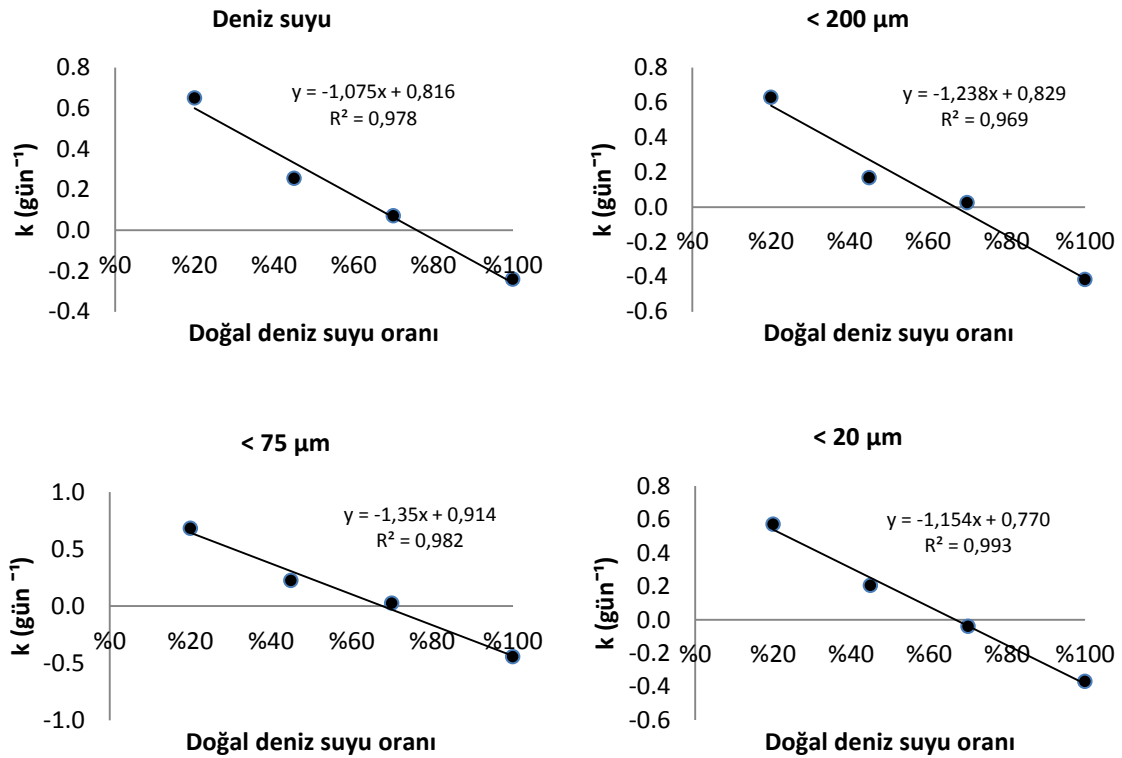


Şekil 67. Şubat 2011’de heterotrofik bakteri anlık büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlanma hızının ( $g$ ) dağılımı (1:1 ile gösterilen doğru kararlı hal hattını ifade etmektedir)

Heterotrofik bakteri için büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlanma hızının ( $g$ ) dağılımında kararlı hal hattına en yakın değerler elde edilmekle beraber, sapmalar otlama lehine olmuştur (Şekil 67).

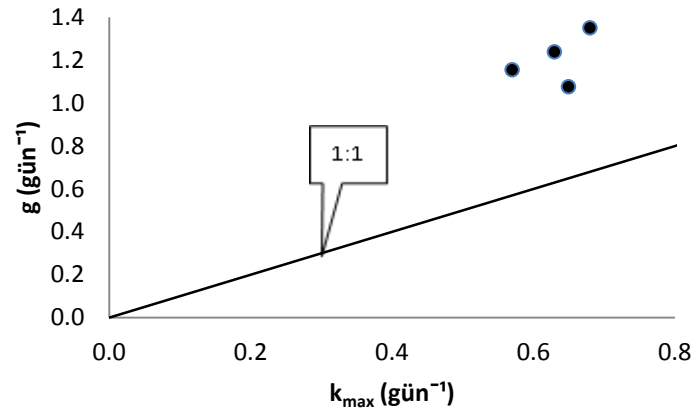
Haziran 2011’de yapılan denemelerde heterotrofik bakteri  $k_{max}$  (en yüksek net büyüme hızı) değerleri 0.57- 0.68 gün<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir (Şekil 68). Su sıcaklığının artmasıyla birlikte bakteri anlık büyüme hızı ve otlanma hızında da artış gözlenmiştir. Ancak yine tüm serilerde otlama hızı bakteri anlık büyüme hızından yüksek değerlerde hesaplanmıştır. Haziran ayında heterotrofik bakteri anlık büyüme hızı 0.77-

0.91 gün<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. En yüksek otlama hızı (1.35 gün<sup>-1</sup>) Şubat ayında olduğu gibi 75 µm altı avcı grubunun (siliat+ heterotrofik nanoflagellat) bulunduğu seyrelme serisinde hesaplanmıştır. En düşük otlama hızı (1.08 gün<sup>-1</sup>) ise avcılarda boy gruplamasının yapılmadığı deniz suyu serisinde tespit edilmiştir (Tablo 17).

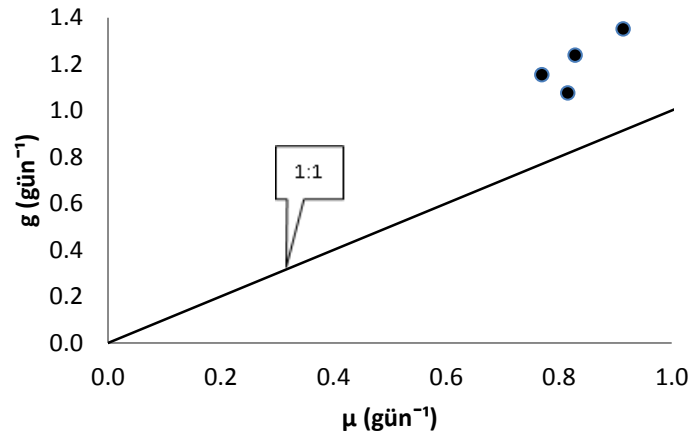


Şekil 68. Haziran ayında farklı seyrelme denemelerinde heterotrofik bakteriye ait net büyüme hızının (k) seyrelme oranıyla değişimi

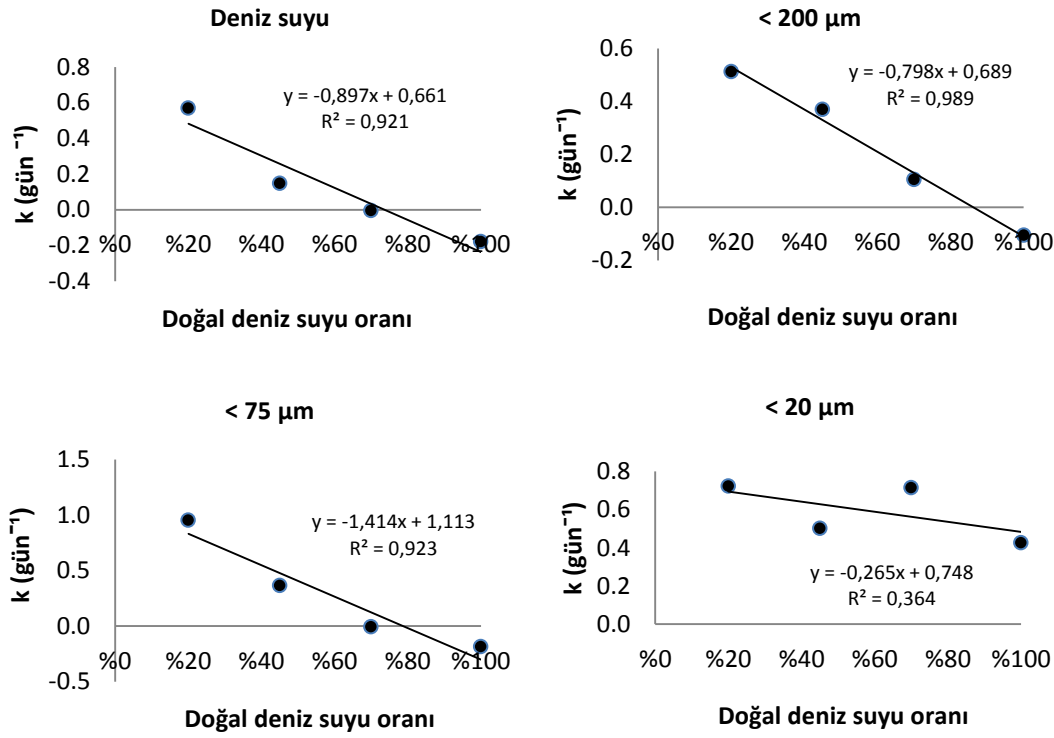
Heterotrofik bakteri en yüksek net büyüme hızı Haziran ayında daima otlanma hızından küçük olmuştur. Deneysel noktalar karalı halden önemli ölçüde otlama lehine sapmıştır (Şekil 69). Heterotrofik bakteri için büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlanma hızı (g) arasındaki fark yüksek bulunmuş ve kararlı hal hattından büyük ölçüde otlama lehine uzaklaşmıştır (Şekil 70).



Şekil 69. Haziran 2011’de heterotrofik bakteri maksimum net büyüme hızı ( $k_{max}$ ) ve otlanma hızının ( $g$ ) dağılımı. (1:1 ile gösterilen doğru kararlı hal hattını ifade etmektedir)

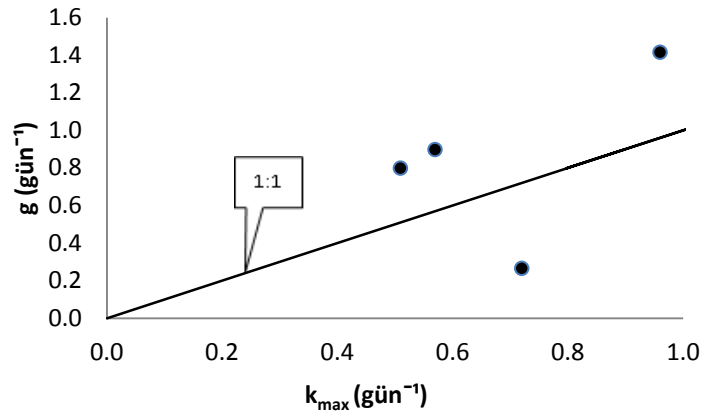


Şekil 70. Haziran 2011’de heterotrofik bakteri anlık büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlanma hızının ( $g$ ) dağılımı (1:1 ile gösterilen doğru kararlı hal hattını ifade etmektedir)

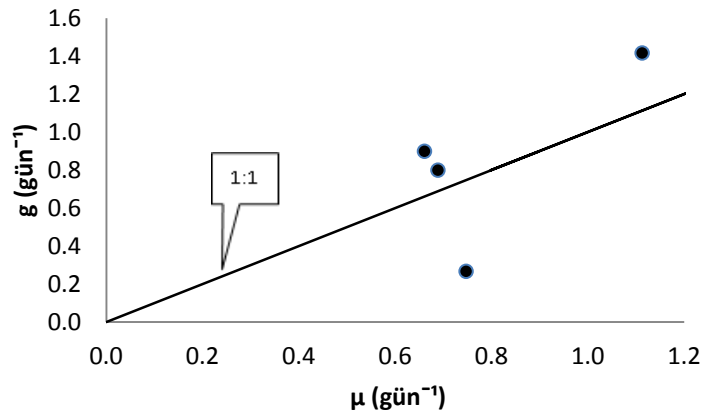


Şekil 71. Aralık ayında farklı seyrelme denemelerinde heterotrofik bakteriye ait net büyüme hızının (k) seyrelme oranıyla değişimi

Aralık 2011’de gerçekleştirilen seyrelme denemelerinde heterotrofik bakteri  $k_{\text{max}}$  (en yüksek net büyüme hızı) değerleri 0.57- 0.96 gün<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir (Şekil 71). Otlama hızı 20  $\mu\text{m}$  altı avcı grubu hariç diğer serilerde bakteri anlık büyüme hızını geçmiştir. Bakteri anlık büyüme hızı en yüksek değere (1.11 gün<sup>-1</sup>) < 75  $\mu\text{m}$  serisinde ulaşmıştır. Aynı seride bu döneme ait en yüksek otlama hızı (1.41 gün<sup>-1</sup>) da hesaplanmıştır. Deniz suyu serisinde en düşük anlık büyüme hızı (0.66 gün<sup>-1</sup>) ölçülürken, en düşük otlama hızı da (0.27 gün<sup>-1</sup>) < 20  $\mu\text{m}$  serisinde belirlenmiştir (Tablo 17).



Şekil 72. Aralık 2011’de heterotrofik bakteri maksimum net büyüme hızı ( $k_{max}$ ) ve otlama hızının ( $g$ ) dağılımı. (1:1 ile gösterilen doğru kararlı hal hattını ifade etmektedir)



Şekil 73. Aralık 2011’de heterotrofik bakteri anlık büyüme hızı ( $\mu$ ) ve otlama hızının ( $g$ ) dağılımı (1:1 ile gösterilen doğru kararlı hal hattını ifade etmektedir)

Aralık 2011’de  $< 20 \mu\text{m}$  serisi hariç tüm deneysel noktalar kararlı hal hattının yakınında fakat otlamanın fazlalığını göstermektedir. Bu durum heterotrofik bakterinin sağlıklı çoğaldığını ve kararlı hale yakın olarak otlandığını göstermektedir.  $< 20 \mu\text{m}$  serisinde ise durum net büyüme hızı lehine geçmektedir (Şekil 72). Otlama hızı ile anlık büyüme hızına ait deneysel noktalar kararlı hal hattına yakın seyretmiş olup,  $< 20 \mu\text{m}$  serisi hariç otlama lehinde yer almıştır (Şekil 73).

### 3.6.4. Heterotrofik Pikoplankton (Heterotrofik Bakteri) Üzerindeki Otlama Baskısı

Heterotrofik bakteri stoğu üzerine farklı boy grubundaki zooplanktonun otlama baskısı pikoplanktonun ototrofik kısmı üzerine olan baskısında olduğu gibi yıl içerisinde çok büyük değişimler göstermemiştir. Yapılan üç deneme sonuçlarına göre, heterotrofik bakteri stoğu üzerindeki otlama baskısı % 23.28- % 74.08 arasında değişim göstermiştir. Deneme yapılan dönemlerin tümünde bakteri stoğu üzerinde en büyük baskı siliat+heterotrofik nanoflagellat birlikteliği tarafından yapılmıştır.

Şubat ayında deniz suyu ve 75 µm altı boy grubunun bakteri stoğu üzerindeki otlama baskısı yaklaşık günlük % 50- 55 olarak hesaplanmıştır. < 200 µm ve < 20 µm serilerinin otlama baskısı (sırasıyla % 25.62 ve % 37 gün<sup>-1</sup>) daha düşük bulunmuştur (Tablo 17). Şubat 2011'de heterotrofik bakteri üretimi üzerine otlayıcıların günlük baskısı < 20 µm altı boy grubu hariç % 113.89- 150.96 arasında değişim göstermiştir. Heterotrofik nanoflagellatların üretim üzerine tek başına baskısı ise diğer serilere göre yaklaşık 3 kat fazla bulunmuş ve günlük % 305.7 gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

Haziran 2011'de yapılan denemelerde heterotrofik bakteri stoğu üzerine günlük otlama baskısı (% 59.22- 74.08) seyrelme serilerinde çok büyük değişimler göstermemiştir. Aynı şekilde zooplanktonun üretim üzerindeki baskısı da tüm serilerde benzer düzeyde seyretmiştir (Tablo 17).

Aralık 2011'de stok üzerindeki otlama baskısı Haziran ayına göre farklılık göstermiştir. Bakteri stoğu üzerine en yüksek baskı (% 75.68 gün<sup>-1</sup>) siliat+ heterotrofik nanoflagellat birlikteliği tarafından yapılırken, en düşük baskı (% 23.28 gün<sup>-1</sup>) ortamda avcı olarak yalnızca heterotrofik nanoflagellatların bırakıldığı < 20 µm serisinde hesaplanmıştır. Deniz suyu ve 200 µm altı serilerinde ise günlük otlama baskısı heterotrofik bakteri stoğu üzerinde sırasıyla % 59.22 ve % 54.98 olmuştur.

Tablo 17. Farklı boy gruplarına ait otlayıcıların heterotrofik bakteri üzerindeki otlamasına ait sonuçlar( $\mu$ : anlık potansiyel büyüme hızı ( $\text{gün}^{-1}$ ),  $g$ : otlama hızı ( $\text{gün}^{-1}$ ),  $R^2$ : korelasyon katsayısı,  $P_i$ : bakteri biyoması üzerindeki otlama baskısı ( $\% \text{gün}^{-1}$ ),  $P_p$ : bakteriyel üretim üzerindeki otlama baskısı ( $\% \text{gün}^{-1}$ ))

Tarih	Avcı boy grubu	$\mu$	$g$	$R^2$	$P_i$	$P_p$
Şubat 2011	DS	0.47	0.70	0.73	50.24	134.88
	< 200 $\mu\text{m}$	0.19	0.30	0.26	25.62	150.96
	< 75 $\mu\text{m}$	0.66	0.80	0.52	55.20	113.89
	< 20 $\mu\text{m}$	0.13	0.46	0.80	37.00	305.70
Haziran 2011	DS	0.82	1.08	0.98	65.87	118.09
	< 200 $\mu\text{m}$	0.83	1.24	0.97	71.00	126.00
	< 75 $\mu\text{m}$	0.91	1.35	0.98	74.08	123.65
	< 20 $\mu\text{m}$	0.77	1.15	0.99	68.46	127.49
Aralık 2011	DS	0.66	0.90	0.92	59.22	122.44
	< 200 $\mu\text{m}$	0.69	0.80	0.99	54.98	110.41
	< 75 $\mu\text{m}$	1.11	1.41	0.92	75.68	112.72
	< 20 $\mu\text{m}$	0.75	0.27	0.36	23.28	44.20

Aralık ayında heterotrofik bakteri üretimi üzerinde en düşük otlama baskısı  $\% 44.2 \text{gün}^{-1}$  ile heterotrofik nanoflagellatlar tarafından yapılmıştır. Diğer serilerde ise günlük otlama baskısı yaklaşık  $\% 110-120$  arasında hesaplanmıştır (Tablo 16).

## 4.TARTIŞMA

### 4.1.Hidrografi

#### 4.1.1. Sıcaklık

Karadeniz'in yüzey sularındaki aylık sıcaklık değerleri mevsime bağlı olarak oldukça değişkendir. İlkbahar ve yaz başlarında önce havaların ısınmasına paralel olarak su sıcaklığı yükselir. Sonbahar ve kışın ise deniz suyu sıcaklığı hava sıcaklığına oranla yüksektir ve sular daha yavaş soğur (Ivanov, 1985). Karadeniz'de sıcaklık düşüşlerinin Eylül ayından itibaren başladığı ve en düşük değerlere Ocak-Şubat aylarında ulaştığı bilinmektedir. İlkbahara doğru belirgin bir artışın ardından, Temmuz ve Ağustos aylarının yüzey suyu sıcaklıkları açısından en yüksek değerleri aldığı rapor edilmektedir (Ivanov, 1985). Sivri (1999) Doğu Karadeniz'de yaptığı çalışmada ortalama en yüksek su sıcaklığını Ağustos 1996'da (25 °C), en düşük su sıcaklığını ise Şubat 1997 döneminde (8 °C) ölçmüştür. Oğuz vd., (2008) basenin iç bölgelerinde farklı dönemlerde (Şubat 1990; Nisan 1993, Ağustos 1993, Mayıs 2001 ve Mart 2003) yürüttükleri çalışmada 50-60 m'lik yüzey tabaka sularında yılın soğuk geçen dönemlerinde su sıcaklığını 6- 7 °C ve sıcak dönemlerinde ise 22- 26 °C arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Ağırbaş (2010) aynı bölgede yaptığı çalışmada en yüksek yüzey suyu sıcaklığını Temmuz-Ağustos döneminde 24- 25.5 °C olarak ölçmüş, en düşük sıcaklığı ise Şubat-Mart-Nisan döneminde 9- 9.5°C olarak kaydetmiştir. Güneydoğu Karadeniz'de gerçekleştirilen bu çalışmada çalışma sahasında kaydedilen en düşük su sıcaklığı Mart ayında 8.84 °C, en yüksek su sıcaklığı ise Ağustos ayında 27.44 °C olarak belirlenmiştir. Bölgede Mart ve Nisan aylarında su kolonunda sıcaklık tabakalaşması ortadan kalkmış ve yoğun dikey karışımlar gerçekleştirmiştir. Mayıs ayıyla beraber mevsimsel termoklin oluşmaya başlamış ve Haziran ayında belirginleşmiştir. Ağustos ayında yüzeye yaklaşan termoklin keskinleşmiş, Ekim ayında ise termoklin tabakası kalınlaşarak alt sınırı daha derinlerde gözlenmiştir. Aralık ayında yüzeyde su sıcaklığı oldukça düşmüş, ancak termoklin gözlenmeye devam etmiştir. Yakın kıyı, kıyı ve açık istasyonlarının yüzey suyu sıcaklığının yıllık ortalaması sırasıyla 16.51°C, 16.44 °C ve 16.47 °C olarak belirlenmiştir. Karadeniz yüzey suyunun 1982-1993 arasında yıllık ~ 0.03 °C 'lik azalış göstererek soğuma eğiliminde olduğu, 1993-2002 arasında ise yıllık 0.17 °C'lik artışla ısınma eğiliminde olduğu bilinmektedir.



Genel olarak 1982-2002 arası değerlendirildiğinde yıllık 0.06 °C'lik artış sergilediği ortaya konmuştur (Ginzburg vd. 2008). Yakın zamanda Ağırbaş (2010) tarafından aynı bölgede yapılan çalışmada kaydedilen yüzey suyu sıcaklıklarına bakıldığında su sıcaklığındaki artış göze çarpmaktadır. Yıl geneline bakıldığında Karadeniz'in genel davranışına uygun olarak su sıcaklığı Ekim ayında düşmeye başlamış, ancak keskin düşüş Aralık ayında gözlenmiştir. Ivanov (1985) en düşük sıcaklıkların Ocak, Şubat aylarında kaydedildiğini bildirmektedir. Buna Karşın, yapılan bu çalışmada Ocak ayında bölgede yüzey suyu sıcaklığı ~ 12 °C olarak ölçülmüş, en düşük yüzey suyu sıcaklığı ise Mart ayında belirlenmiştir. Bu çalışmada deniz koşulları dolayısıyla Şubat ayında örnekleme yapılamamıştır. Güneydoğu Karadeniz bölgesel anlamda Karadeniz'in diğer bölgelerine göre farklı soğuma-ısınma eğilimi göstermekte ve en soğuk periyot Ocak-Şubat yerine, Şubat- Mart aylarında gerçekleşmektedir. Bu durum, bölgenin farklı meteorolojik koşullara sahip olması ve bölgeye deşarj yapan akarsuların da aynı dönemde en düşük su sıcaklığına sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

#### 4.1.2. Çözünmüş Oksijen

Güçlü dikey tabakalaşma dolayısıyla Karadeniz'in derin suları organik maddenin solunum yoluyla parçalanması sırasında tüketilen ÇO yenilenmesi için gereken hızla oksijenlenememektedir. Bu yüzden Karadeniz, oksijen içeren yüzey tabakası ve hidrojen sülfür içeren dip tabakasına sahiptir. Oksijen ilk 40 m içerisinde atmosferik doygunluktadır, hızlıca azalarak 60 m'de ise sifira yaklaşır (Murray vd., 1995). Karadeniz'de oksijence zengin üst tabakanın kalınlığı, siklonik döngülerin hakim olduğu açık sularda genellikle 40-50 m arasındadır. Kıyısız bölgelerde ise bu oksijenli tabaka yüzeyden yaklaşık 80-100 m'ye kadar inebilmektedir. Karadeniz ekosisteminde hidrojen sülfürlü (H<sub>2</sub>S) suların başlangıç sınırı, siklonik döngünün hakim olduğu açık sularda 90-100 m, kıyılarda ise daha derinlere inerek 160- 180 m'dir. Yaz ve kış koşullarında, tüm basen boyunca H<sub>2</sub>S'li suların başlama sınırı açık sulardan kıyıya doğru gidildikçe 70-80 m kadar daha derinlerde gözlenmektedir. Ancak, bölgelere göre farklı derinlikten başlayan H<sub>2</sub>S'li suların yoğunluğu dikkate alındığında, H<sub>2</sub>S'li tabakanın üst sınırının düzenli olarak hep su yoğunluğunun 16.2'ye ulaştığı derinliklerde başladığı görülmüştür (Anonim, 2000). Çalışma süresince kaydedilen ÇO profilleri incelendiğinde oksijence zengin üst tabakanın kalınlığı kıyıda 40- 110 m, açık sularda ise 32-103 m arasında değişmiş ve sigma-t 14.5 ile

sınırlı kalmıştır.  $\text{CO}$  değerlerinin suboksik (20- 30  $\mu\text{M}$ ) değerlere düştüğü derinlikler, su yoğunluğunun tutarlı bir şekilde 15.4-15.6 olduğu derinliklerde gözlenmiştir. Suboksik tabakanın kalınlığı mevsimlere bağlı olarak değişim sergilemiştir. Yoğun dikey karışımların süregeldiği aylarda suboksik tabakanın kalınlığı incelerek, başlangıç sınırı daha derinlerde gözlenmiştir. Yaz aylarında ise yüzeye yaklaşmış ve kalınlığı artmıştır. Bu tabakanın altında ise oksijence fakir suboksik tabaka şekillenmiş ve sigma-t 16- 16.2 olduğu derinliklerden (kıyı:143- 181 m, açık:151- 190 m) itibaren ise tamamen oksijensiz olan anoksik bölge yer almıştır. Karadeniz'in derin sularında farklı bölgelerde ve farklı yıllarda/mevsimlerde elde edilen tüm  $\text{CO}$  ve  $\text{H}_2\text{S}$  ölçümlerinin su yoğunluğuna bağlı dikey dağılımları değerlendirildiğinde, anoksik tabakanın başladığı derinlikte su yoğunluğu (sigma-t) değerinin bölgesel ve yıllık değişimler göstermediği ve uzun yıllardır sigma-t 16.2 derinliğinde sabit kaldığı anlaşılmaktadır (Tuğrul vd., 1992; Baştürk vd., 1997; Murray vd., 1995). Çalışma sonucu elde edilen bulguların Karadeniz genel  $\text{CO}$  profili ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Karadeniz yüzey suyunda  $\text{CO}$  değerleri yaz aylarında 250- 300  $\mu\text{M}$ , kış döneminde suların soğuması ile 350- 400  $\mu\text{M}$  mertebesine kadar çıkmaktadır. Kış aylarında üst tabaka suları dikey karışımlarla homojen hale geldiğinden halokline kadar uzanan tüm su kolonunda homojen bir  $\text{CO}$  derişimi gözlenir. Ancak, benzeri yüksek  $\text{CO}$  değerlerine yaz aylarında mevsimsel termoklin tabakasının altında kalan soğuk ve fotosentez için yeterli güneş ışığı alan su kolonunda gözlenir (Anonim, 2000). Çalışma süresince yakın kıyı istasyonunda yaz aylarında yüzey sularında  $\text{CO}$  konsantrasyonu 225- 298  $\mu\text{M}$ , su sıcaklığının düştüğü diğer aylarda ise 233-240  $\mu\text{M}$  değerleri arasında değişmiş ve yüzeyde en yüksek  $\text{CO}$  değeri (378  $\mu\text{M}$ ) Mart ayında belirlenmiştir. Kıyı istasyonunda yüzey sularında ölçülen  $\text{CO}$  derişimi mevsimlere bağlı olarak yaz aylarında yüzey sularında 216-284  $\mu\text{M}$ , kış aylarında ise 262- 332  $\mu\text{M}$  değerleri arasında belirlenmiş ve en yüksek yüzey  $\text{CO}$  değeri (373  $\mu\text{M}$ ) Mart ayında ulaşmıştır. Yaz aylarında ise benzer yüksek  $\text{CO}$  değerlerine (345-371  $\mu\text{M}$ ) mevsimsel termoklinin altında kalan soğuk sularda (27- 32 m) rastlanılmıştır. Açık istasyonunda  $\text{CO}$  konsantrasyonu yaz aylarında 214-284  $\mu\text{M}$ , kış aylarında ise 240- 331  $\mu\text{M}$  arasında değişim göstermiş ve diğer istasyonlara benzer şekilde en yüksek  $\text{CO}$  değeri (359  $\mu\text{M}$ ) Mart ayında tespit edilmiştir. Yaz aylarında  $\text{CO}$  yüzey sularında düşük olmasına karşın, derinliğe bağlı bir artış göstererek mevsimsel termoklininin altında en yüksek değerlere (350- 425  $\mu\text{M}$ ) ulaşmıştır. Ortaya çıkan farklılıkların bölgesel farklılıklardan ileri geldiği düşünülmektedir.

### 4.1.3. Tuzluluk

Soğuk ve az tuzlu suların daha sıcak ve tuzlu suların üzerinde yer aldığı Karadeniz özgün bir tabakalaşma yapısı gösterir. Yüzeyledeki az tuzlu sular tatlı su girdisinin fazla olması ile oluşmuştur, derinlerdeki tuzlu sular ise Akdeniz etkisini yansıtırlar. Haloklin'in altındaki sularda sıcaklık ve tuzluluk değişimi çok daha azdır. Tuzluluğu düşük (~ 18) ince bir karışım tabakası (~ 30 m) yüzeylede çok güçlü bir mevsimsel ısınma ve soğumaya uğrar. Karadeniz'e yağışlar ve akarsu deşarjları yoluyla giren tatlı su akıntılar ve türbülans yoluyla ilkbahar ve yaz aylarında 5-10 m'lik üst tabakada dağılım gösterir ve kışın bu derinlik 50-60 m'ye kadar iner. Genellikle bu tabakanın tuzluluğu ‰ 17.5- 18.5 arasında değişim gösterir. Ivanov (1985), Karadeniz'in yüzeyle sularında tuzluluğunun ‰ 17.88, dip sularında ise ‰ 22.06 olduğunu belirtmiştir. Karadeniz'in Anadolu kıyılarında okunan düşük tuzluluk değerlerinin, kuzeybatı Kıta sahanlığından giren yoğun tatlı suyun akıntı sistemleri ile Güneybatı kıyılarına kadar ulaşmasından kaynaklandığı rapor edilmektedir. Güneybatı Karadeniz'de ortalama yüzeyle tuzluluğu Mart-Ağustos döneminde ‰ 18'den ‰ 16- 17 değerlerine kadar bir düşüş göstermiştir (Kıdeyş vd., 2000). Bologna (1985) Karadeniz'in açık sularında yüzeyle suyu tuzluluğunun ‰ 18- 19, derin bölgede ise (2000 m) ‰ 22.5 civarında olduğunu rapor etmiştir. Yılmaz vd.,(1998) Karadeniz'in Anadolu sahillerinde yaz-sonbahar periyodunda yürüttükleri çalışmada tuzluluk değişimini ‰ 18.5-20.1 olarak rapor etmişlerdir. Yüzeyle sularındaki tuzluluk değişimleri kıyısız bölgede yağışların ve akarsu girdisinin etkisiyle daha fazla olmaktadır (Sivri, 1999). Ağırbaş (2010) Güneydoğu Karadeniz'de kıyı yüzeyle sularında tuzluluğun ‰ 16.40–17.91, açık sularda ise yüzeylede ‰ 16.60–17.91 arasında değişim gösterdiğini rapor etmiştir. Çalışma bölgesinde yüzeyle suyu tuzluluk değerleri ‰ 16.19-17.88 arasında değişmiştir. Tuzluluk değişimleri incelendiğinde; yüzeylede daha az tuzlu suların (‰ 16.5-17.5) yer aldığı, derinlikle beraber daha yoğun tuzlu (‰ 21) suların bulunduğu Karadeniz'in genel karakteristiğine uyan bir su kütlesi karşımıza çıkmaktadır. Örnekleme periyodu boyunca kıyı ve açık sular tuzluluk değerleri istatistiki açıdan farklılık göstermemekle beraber kıyı suların aylık ölçekte daha az tuzlu olduğu dikkat çekmektedir. Bu durumun kıyı suların daha çok tatlı su girdisine (yağış ve akarsular) maruz kalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Karadeniz'in biojeokimyasal yapısını belirlemede özellikle kış konvektif karışımı gibi fiziksel süreçler çok önemlidir. Bu süreçler özellikle yüzeyle sularıyla soğuk ara tabaka

(CIL) arasında aktif değişim yapılmasını sağlar. Kış karışımı CIL'e oksijen, öfotik bölgeye ise piknoklinin üst tabakasından besin elementlerinin taşınımını sağlar (Konavolov, vd., 2005). Yapılan hesaplamalarla, Karadeniz'in en büyük kıyusal değarj noktası Tuna nehrinden yıllık bazda yapılan besin elementi girdisinin, kış karışımlarıyla öfotik bölgeye taşınan miktara eşit olabileceği ortaya konulmuştur (Eremeev vd., 1996). Bu taşınımlarla sert geçen kış sonrası birincil üretim desteklenmektedir. Güneydoğu Karadeniz'de yapılan bu çalışmada sigma-t (14.5) değerine karşılık gelen haloklin üst derinliği yıl boyunca kıyı istasyonunda 62-114 m, açık istasyonda ise bu derinlik 64-107 m arasında gözlenmiştir. Karadeniz'de kış süresince devam eden dikey karışımlar ancak haloklin tabakasının üst yüzeyine kadar süregelmektedir (Anonim, 2000). Bu bilgiler ışığında bölgede karışımın bu derinliklerde süregeldiği söylenebilir.

#### 4.1.4. Işık

Fitoplankton tarafından sentezlenecek organik madde üretimini sınırlandıran en önemli faktörlerden biri ışıktır. Fotosentezde 400-700 nm spektral aralıkta ışık kullanılır ve fotosentetik aktif radyasyon (PAR) olarak adlandırılır. Karadeniz'de ışıklı tabakanın kalınlığı veya pratik olarak ışığın yüzeydeki değere göre %1'e indiği derinlik 1997-1998 dönemi için 20-35 m olarak belirlenmiştir. Fotosenteze bağlı biyolojik aktivite bu tabakada yoğunken, ışığın % 0.1-1 aralığında da (50-60 m'ye kadar) aktivite devam edebilmekte hatta bu sınırı da zorlayarak <% 0.1 ışık derinliklerde (70-90 m) fitoplankton popülasyonları gözlenebilmektedir. Yılmaz vd. (1998), 1995-96 yaz-sonbahar döneminde Güney Karadeniz kıyıları için PAR değerlerini 15-40 m arasında rapor etmişlerdir. Yine Güney Karadeniz'de Temmuz 1997-Eylül 1998 dönemlerinde yürütölen başka bir çalışmada ise PAR derinliği 20-35 m arasında belirlenmiştir (Yayla vd., 2001). Ağırbaş (2010) aynı bölgede yaptığı çalışmada % 1 PAR derinliğini kıyı ve açıkta sırasıyla ortalama 27 ve 30 m olarak ölçmüştür. Çalışma süresince yakın kıyı istasyonunda PAR derinliği 21-31 m, kıyı istasyonunda 22-31 m arasında belirlenirken, açık sularda ise 25-34 m arasında değişmiştir. Örnekleme istasyonlarında yıl boyunca PAR derinliği kış aylarında yüzeye doğru yaklaşmış, yaz aylarında ise daha derinlerde gözlenmiştir. Yaz aylarında açık istasyonunda PAR derinliği yakın kıyı ve kıyı istasyonuna nazaran daha derinlerde belirlenmiştir. Bu aylarda yakın kıyı ve kıyı istasyonunun eriyen kar sularıyla birlikte kıyusal değarjın etkisinin ve birincil üretimin artmasıyla birlikte ışık emilimi daha hızlı

olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen PAR derinlikleri daha önceden yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırıldığında, bölge için belirlenen PAR derinliğinin Karadeniz için belirlenen ışık profili ile uyumlu olduğu görülmektedir.

#### 4.2. Klorofil-a

Karadeniz’de yapılan çalışmalar incelendiğinde bunların daha çok yüzey suyu klorofil-a değerlerini kapsayan ve uzaktan algılamaya dayalı çalışmalar olduğu dikkat çekmektedir. Yapılan bu çalışmalar, 1978-1986 döneminde ekolojik olarak basenin dengede ve durağan bir su kütesine sahip olduğunu göstermiştir (Kopelevich vd., 2002). Karadeniz’in derin kısımları için 1964-1986 periyodu Mayıs-Eylül ayları arasında ortalama yüzey suyu klorofil-a konsantrasyonu  $0.15 \pm 0.04 \mu\text{g l}^{-1}$  olarak rapor edilmiştir. Sonrasında ise, 1988-1991 dönemi için ortalama yıllık  $0.06 \mu\text{g l}^{-1}$  bir oranla artış göstermiş ve 1992 yılında  $0.99 \pm 0.07 \mu\text{g l}^{-1}$  seviyesine yükselmiştir. Bu değer 1993 yılında  $0.26 \pm 0.08 \mu\text{g l}^{-1}$  seviyesine gerilemiş ve 1993-1996 döneminde yıllık  $0.02 \mu\text{g l}^{-1}$ ’lik bir oranla azalış göstermiştir (Yunev vd., 2002). Başka bir çalışmada ise tüm basen için 1998-2001 yılları için ortalama klorofil-a değerlerinin  $0.59-0.69 \mu\text{g l}^{-1}$  arasında değiştiği rapor edilmektedir (Kopelevich vd., 2004). Krupatkina ve Berseneva (1995), Kasım-Aralık 1991 tarihleri arasında Ukrayna kıyılarında yürüttükleri çalışmada yüzey klorofil değerlerinin  $0.2-0.6 \mu\text{g l}^{-1}$  arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Yerinde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde; Güney Karadeniz kıyılarında 1995-1996 ilkbahar-sonbahar periyodunda gerçekleştirilen araştırmalarda fotik bölge için klorofil-a değerleri  $0.1-1.5 \mu\text{g l}^{-1}$  arasında rapor edilmiştir (Yılmaz vd., 1998). Karadeniz’in Anadolu sahillerini kapsayacak şekilde Haziran-Temmuz 1996, Mart-Nisan 1998 ve Eylül 1998 tarihlerinde yürütülen başka bir çalışmada ise yüzey klorofil-a değerleri sırasıyla  $0.34 \pm 0.13 \mu\text{g l}^{-1}$ ,  $0.42 \pm 0.36 \mu\text{g l}^{-1}$  ve  $0.40 \pm 0.22 \mu\text{g l}^{-1}$  olarak rapor edilmiştir (Eker-Develi vd., 2003). Yayla vd., (2001), Temmuz 1997 ve Eylül 1998 dönemlerinde Güney Karadeniz için yüzey suyu klorofil-a değerlerinin  $<0.5-1.5 \mu\text{g l}^{-1}$  arasında değiştiğini rapor etmektedir. Yılmaz vd., (2006) İstanbul boğazından Kuzey Batı kıta sahanlığına kadar olan bölge için Mayıs-Haziran 2001 döneminde yüzey suyu klorofil-a değerlerinin  $0.03-1.92 \mu\text{g l}^{-1}$  arasında değiştiğini bildirmiştir. Ediger vd., (2006) fotik bölgede Mayıs 2001 döneminde klorofil-a konsantrasyonunu  $0.15-1.23 \mu\text{g l}^{-1}$  arasında bildirmişlerdir. Aynı çalışmada maksimum klorofil-a konsantrasyonu ilk 15 m’lik su

kolonu içerisinde tespit edilmiştir. Ağırbaş (2010) Güneydoğu Karadeniz’de HPLC yöntemi kullanarak yaptığı çalışmada ise yüzey suyu klorofil değerlerini kıyusal bölgede ortalama  $1.97 \mu\text{g l}^{-1}$ , açık sularda ise ortalama  $1.84 \mu\text{g l}^{-1}$  olarak tespit etmiştir. Güneydoğu Karadeniz’de yürütülen bu çalışmada yıllık ortalama yüzey klorofil-a değerleri yakın kıyı istasyonunda  $0.69 \mu\text{g l}^{-1}$ , kıyı istasyonunda  $0.57 \mu\text{g l}^{-1}$  ve açık istasyonunda  $0.56 \mu\text{g l}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Kopelevecih vd., (2004) tarafından 1998-2001 yılları için basen genelinde verilen yıllık ortalama yüzey klorofil-a değerleriyle, bölgede belirlenen değerlerin uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Yakın zamanda Ağırbaş (2010) tarafından yapılan çalışmada bulunan ortalama klorofil-a değerlerine göre ise oldukça düşük çıkmıştır. Bunun bu denli farklı çıkmasının kullanılan yöntemin ve çalışılan dönemlerin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Karadeniz’de klorofil-a ve floresan maksimum derinliği genel olarak ışıklı tabakanın alt sınırında yer almaktadır (Yılmaz, 2002). Çalışma süresince yüzey altı klorofil-a maksimum derinliği yakın kıyı istasyonunda 3-26 m, kıyı istasyonunda 6-28 m olarak belirlenirken, açık istasyonunda bu derinliğin (5-17 m) yüzeye daha yakın olduğu gözlenmiştir. Öfotik bölge içerisinde ortalama klorofil-a değerleri yakın kıyı istasyonunda  $1.04 \mu\text{g l}^{-1}$ , kıyı istasyonunda  $0.99 \mu\text{g l}^{-1}$  ve açık istasyonunda  $0.90 \mu\text{g l}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Bu değerler Yılmaz vd. (1998) ve Ediger vd. (2006) tarafından rapor edilen değerlerle örtüşmektedir.

### **4.3. Besin Elementleri**

#### **4.3.1. Nitrit + Nitrat**

Son yıllarda Karadeniz ekosistemi iklimsel değişiklik ve yoğun antropojenik kontaminasyon yoluyla değişime uğramaktadır. Bazı besin elementleri ötrofikasyon dolayısıyla artış gösterirken (örn: Nitrat), bazı besin elementleri de ana deşarj noktası olan Tuna nehri üzerine kurulan barajlar dolayısıyla azalma göstermiştir. Karadeniz’in yüzey sularında ölçülen inorganik besin elementleri konsantrasyonları çoğunlukla düşüktür. ancak kıyı sularında nitrit-nitrat değerleri açık sulara göre daha yüksektir. Çünkü kıyı suları nitrat iyonlarınca zengin nehir girdisiyle beslenmekte, açık sulara taşınım sınırlı olmaktadır. Riley (1975) Karadeniz’de nitrat miktarının öfotik zonda oldukça düşük olduğunu ve  $2.5 \mu\text{M}$  değerini aşmadığını bildirmektedir. Bologna (1986), Karadeniz’in

kıyusal sularında, 1970'li yıllarda yüzeyde ortalama 1.6  $\mu\text{M}$  nitrat konsantrasyonunun, 1980'de 13.5  $\mu\text{M}$ 'e yükseldiğini rapor etmiştir. Konuk ve Duman (1988) Doğu Karadeniz'de Giresun-Hopa sahillerinde nitrat değerlerinin 1.0-2.0  $\mu\text{M}$  arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Doğu Karadeniz'de yapılan başka bir çalışmada birincil üretimin yoğun olduğu üst tabakada nitrat miktarının ilkbahar ve yaz döneminde çok düşük olduğu belirlenmiş, 40 m derinlikten sonra anoksik tabakanın üst sınırına kadar nitrat konsantrasyonunda belirgin bir artışın olduğu bildirilmiştir (Anonim, 1989). Kıyusal bölgenin üst tabaka nitrat ortalama değerlerinin 1995-1999 arasında 0.16 ile 0.84  $\mu\text{M}$  aralığında değiştiği rapor edilmiştir. Siklonik döngünün hakim olduğu açık su üst tabakasında ise ortalama nitrat değerlerinin 0.07 ile 0.30  $\mu\text{M}$  aralığında değiştiği rapor edilmiştir (Anonim, 2000). Yılmaz vd. (1998) açık sularda genellikle 0.07-0.3  $\mu\text{M}$  aralığında değişen nitrat değerlerinin, kıyıda 0.5-0.8  $\mu\text{M}$  seviyesine kadar ulaştığını ve nehirlerin döküldüğü delta bölgesinde ise 6-8  $\mu\text{M}$ 'e kadar yükseldiğini bildirmiştir. Ağırbaş (2010) tarafından Güneydoğu Karadeniz'de yapılan çalışmada nitrat konsantrasyonları; kıyı sularda 0.35- 4.48  $\mu\text{M}$ , açık sularda ise 0.31-4.13  $\mu\text{M}$  seviyesinde rapor edilmiştir. Denizel ortamdaki diğer bir azot kaynağı nitrittir. Konuk ve Duman (1988), Doğu Karadeniz'de yaptıkları çalışmada nitrit miktarının alansal olarak değiştiğini, bazı bölgelerde konsantrasyonun 0.1  $\mu\text{M}$  değerini aşmadığı, bazı bölgelerde ise 0.5-1.0  $\mu\text{M}$  arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Toplam nitrit-nitrat konsantrasyonu açısından bir değerlendirme yapıldığında; Eker-Develi vd., 2003, Güney Karadeniz'de yaptıkları çalışmada toplam nitrit-nitrat konsantrasyonunun 0.11-0.59  $\mu\text{M}$  arasında rapor etmişlerdir. Çoban-Yıldız vd., (2000) Karadeniz'in Anadolu kıyılarında mevsimsel olarak yaptıkları çalışmada toplam nitrit-nitrat konsantrasyonunu 0.02-4.14  $\mu\text{M}$  aralığında değişim gösterdiğini bildirmiştir. 1995-1999 yılları arasında yürütülen Ulusal Deniz Araştırma Programları çerçevesinde elde edilen sonuçlara göre; toplam nitrit-nitrat miktarı Karadeniz'in kıyı sularında 0.16-0.84  $\mu\text{M}$  arasında değişim gösterirken açık sularda 0.14-0.30  $\mu\text{M}$  arasında değişmektedir (Anonim, 2000). Güneydoğu Karadeniz'de yürütülen bir başka çalışmada ise toplam nitrit-nitrat konsantrasyonunun kıyı sularda 0.37-4.71  $\mu\text{M}$ , açık sularda 0.31-4.46  $\mu\text{M}$  arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Ağırbaş, 2010). Güneydoğu Karadeniz'de yürütülen bu çalışmada yakın kıyı istasyonu yüzey sularında konsantrasyon değerleri 0.12-16.99  $\mu\text{M}$ , kıyı istasyonunda 0.03-15.61  $\mu\text{M}$  ve açık istasyonunda ise 0.17-5.26  $\mu\text{M}$  arasında değişim

göstermiştir. Nitrit+nitrat konsantrasyonu Karadeniz genelindeki davranışa uygun olarak kıyusal sularda daha yüksek, açık sularda ise daha düşük değerlerde seyretmiştir. Karasal deşarjın etkisinde olan kıyusal sularda konsantrasyon değerlerinin yüksek çıkması beklenen bir durumdur ve önceki çalışmalarla uyum içerisindedir. Yakın kıyı istasyonunda en yüksek değerler Nisan ayında okunurken, kıyı istasyonunda bu değerler Ağustos, açık istasyonunda ise Ekim ayında belirlenmiştir. Çalışma süresince en yüksek konsantrasyon değerleri Karadeniz'in Anadolu kıyılarında yapılan diğer çalışmalarla kıyaslandığında oldukça yüksek bulunmuştur. Bu farklılık bölgesel ve dönemsel farklılıktan kaynaklanabileceği gibi, ölçüm metodundan da kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

#### 4.3.2. Fosfat

Karadeniz'in kıyusal yüzey sularında nitrata oranla fosfat daha düşük bulunmaktadır. Baştürk vd., (1994) ise Karadeniz'de fosfat konsantrasyonunun 50 m'ye kadar önemli bir değişim göstermediğini saptamışlardır. Karadeniz'de fosfat konsantrasyonu zamana bağlı değişim göstermesine rağmen yüzey sularında ortalama fosfat konsantrasyonunun 0.419  $\mu\text{M}$  olduğu belirtilmiştir (Sorokin, 1986). Bologa (1986) Kuzey Batı Karadeniz'de fosfat miktarının 6.387  $\mu\text{M}$ 'a kadar yükseldiğini bildirmiştir. Romanya'nın Köstence kıyılarında yapılan diğer bir araştırmada ortalama fosfat değerinin 9.419  $\mu\text{M}$  olduğu rapor edilmiştir (Bodeanu, 1989). Oğuz vd., (2008) Romanya kıyıları için 1959-65 dönemi ortalama yıllık yüzey suyu fosfat konsantrasyonunun 0.26  $\mu\text{M}$ , 1983-90 periyodu için 6.54  $\mu\text{M}$ , 1991-2000 periyodu için 1.86  $\mu\text{M}$  ve 2001-2005 periyodu içinse 0.49  $\mu\text{M}$  olduğunu ve giderek azaldığını rapor etmiştir. Karadeniz'de 1989 yılında yapılan bir çalışmada ise fosfat değerlerinin 0.2  $\mu\text{M}$ 'ü aşmadığı saptanmıştır (Bodeanu, 1989). Feyzioğlu (1996) Doğu Karadeniz'de aynı bölgede yaptığı çalışmada Haziran ve Temmuz döneminde fosfat miktarının yüksek olduğunu bildirmiştir. Doğu Karadeniz'de yürütülen başka bir çalışmada en yüksek fosfat değeri Haziran ayında ölçülmüştür (Sivri, 1999). Karadeniz'de basen genelinde 1995-1999 arasında ölçülen fosfat derişimlerinin ortalamaları 0.03 ile 0.27  $\mu\text{M}$  arasında bulunmuştur (Anonim, 2000). Kıyı sularda olduğu gibi, açık deniz yüzey suları fosfat ortalama değerlerinin düşük olduğu; farklı mevsimlerdeki ölçümlerin açık deniz ortalamalarının 0.02 ile 0.08  $\mu\text{M}$  arasında değiştiği rapor edilmiştir (Anonim, 2000). Güneydoğu Karadeniz'de yakın zamanda Ağırbaş (2010) tarafından gerçekleştirilen



çalışmada ise kıyusal sularda ortalama fosfat konsantrasyonu 0.002- 0.052  $\mu\text{M}$ , açık sularda ise bu değişim 0.002- 0.068  $\mu\text{M}$  arasında tespit edilmiştir. Güneydoğu Karadeniz’de yürütülen bu çalışmada da fosfat değerleri oldukça düşük bulunmuş, hatta bazı dönemlerde belirleme sınırının altında kaldığı için ölçülememiştir. Yakın kıyı istasyonu yüzey sularında fosfat konsantrasyonu 0.01-0.06  $\mu\text{M}$ , kıyı istasyonunda 0.02-0.07  $\mu\text{M}$  ve açık istasyonunda ise 0.03-0.32  $\mu\text{M}$  aralığında değişim göstermiştir. Anoksik bölgeye geçişte kıyı ve açıkta konsantrasyon değerlerinde artış gözlenmiştir (0.94-1.07  $\mu\text{M}$ ). Karadeniz genelinde yapılan çalışmalarda, suboksik sulardaki fosfat iyonları Fe ve Mn-oksitlere tutunarak anoksik sulara katı fazda taşındığı ve metal oksitlerin sülfürlü sularda oksitlenmesi sonucunda fosfat konsantrasyonunun artış gösterdiği rapor edilmiştir (Anonim, 2000). Fosfat konsantrasyonu Karadeniz’in farklı bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalarla kıyaslandığında bulunan değerlerin genel fosfat profiline uyduğu görülmektedir.

#### 4.3.3. Silikat

Karadeniz’e toplam tatlı su girdisinin %70’ini oluşturan Tuna nehrinden gelen reaktif silikat derişiminde 1970’li yıllarda baraj açılmasını takiben günümüze kadar 2/3 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir (Humborg vd., 1997). Bunun sonucunda Karadeniz yüzey sularında reaktif silikatın %60 oranında azaldığı gözlenmiştir. Bu azalma fitoplankton kompozisyonlarında 1990’lı yılların başında dramatik değişimlere (diatom ağırlıklı popülasyonlardan kokkolitofor ve flagellat ağırlıklı popülasyonlara geçişe) neden olmuştur (Humborg vd., 1997). Deniz suyunun silikat konsantrasyonunun kış döneminde yüzey sularında 7-15  $\mu\text{M}$  arasında değiştiği yaz döneminde ise bu değer 0.35  $\mu\text{M}$ ’e kadar düştüğü rapor edilmektedir (Tait, 1988). Sorokin (1986) silikat değerlerinin öfotik zonda 0.8-1.5  $\mu\text{M}$  arasında olduğunu ve derine gidildikçe bu değer arttığını belirlemiştir. Doğu Karadeniz’de yapılan bir araştırmada, silikat miktarının yüzeyde 0.50  $\mu\text{M}$  olduğu ve 100 m derinlikte bu değer 4.39  $\mu\text{M}$  değerine ulaştığı saptanmıştır. Aynı çalışmada silikat konsantrasyonunun derinliğe bağlı arttığı ancak dağılımda azda olsa bir düzensizliğin olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 1990). Yine aynı bölgede yapılan diğer bir çalışmada silikat miktarının derinlikle beraber arttığı ve konsantrasyonun 100 m’de 8.88  $\mu\text{M}$ , 750 m derinlikte ise 211.68  $\mu\text{M}$  değerine ulaştığı bildirilmiştir (Anonim, 1989). Ivanov (1985) ve

Bologa (1986), Karadeniz’de yoğun diatom bloomları sonrasında silikat konsantrasyonunun azaldığını ve daha sonra nehir girdileri ve yağışlarla konsantrasyonun tekrar yükseldiğini belirlemişlerdir. Aynı araştırmacılar Karadeniz’de 1970’li yıllarda 0.03  $\mu\text{M}$  olan silikat değerlerinin, 1980’li yıllarda 30  $\mu\text{M}$ ’a ulaştığını bildirmişlerdir. Mihnea Romanya kıyılarında yaptığı bir araştırmada silikat konsantrasyonunun 2.38-304.92  $\mu\text{M}$  arasında değiştiğini tespit etmiştir. Değerler arasındaki geniş aralığı silikatın fitoplankton bloomlarından etkilenmesine bağlamaktadır (Mihnea, 1987). Oğuz vd., (2008) Romanya kıyıları için 1959-65 dönemi için ortalama yıllık yüzey suyu silikat konsantrasyonunun 40.5  $\mu\text{M}$ , 1983-90 periyodu için 11.0  $\mu\text{M}$ , 1991-2000 periyodu için 12.6  $\mu\text{M}$  ve 2001-2005 periyodu içinse 13.7  $\mu\text{M}$  olduğunu rapor etmiştir. Ağırbaş (2010) aynı bölgede 2009 yılında yaptığı çalışmada silikat değerlerini kıyıda 1.20-14.08  $\mu\text{M}$ , açık sularda ise 0.84-14.84  $\mu\text{M}$  arasında rapor etmiştir. Güneydoğu Karadeniz’de yürütülen bu çalışmada silikat değerleri yakın kıyı istasyonunda ilk 30m’lik su kolonunda 0.86-49.72  $\mu\text{M}$  arasında değişim göstermiştir. Kıyı istasyonunda ise yüzeyde 0.37-16.63  $\mu\text{M}$  olarak belirlenmiş ve anoksik bölgede en yüksek değerlere ulaşmıştır (104.58  $\mu\text{M}$ ). Açık sularda ise yüzeyde konsantrasyon değerleri 0.23-16.27  $\mu\text{M}$  arasında belirlenmiş ve kıyı istasyonunda olduğu gibi en yüksek değerlere anoksik bölgede ulaşmıştır (101.93  $\mu\text{M}$ ). Karadeniz’in farklı bölgelerinde yapılan çalışmalara bakıldığında silikat konsantrasyonunun çalışılan tarihe, bölgeye ve hatta ortamdaki fitoplankton üretimine bağlı olarak dalgalanmalar gösterdiği görülmektedir. Ancak değişmeyen gerçek silikat profilinin basen ölçeğinde derinliğe bağlı artış eğiliminde olduğudur. Yapılan bu çalışmada da silikat değerleri Karadeniz’in karakteristiğine uygun olarak suboksik bölgeyle beraber artış göstermeye başlamış, en yüksek değerlere ise anoksik bölgede ulaşmıştır.

#### **4.4. Ototrofik Bakteri *Synechococcus* spp.**

Ototrofik pikoplanktonun okyanus alanlarında fitoplankton stoklarında baskınlığı ve üretimin önemli katılımcılarından olması büyük ölçüde tanımlanmıştır (Li vd., 1983; Zubkov vd., 1998, 2000 a; Fernández vd., 2003). Yıllık ölçekte bakıldığında Pasifik ve Atlantik Okyanusu’nda birçok bölgede cyanobakteri baskın pikofitoplankton olarak bulunmuştur (DuRand vd., 2001; Campbell vd., 1997; Liu vd., 2002). Bununla birlikte açık sulardan daha fazla çevresel değişkenliğe maruz kaldığı kıyısal sularda önemi yeteri kadar bilinmemektedir.

Dünya denizlerinde oligotrofikten ötrofiğe değişen ekosistemlerde ototrofik pikoplankton ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Önceki çalışmalara bakıldığında *Synechococcus* spp.'ye ait hücre sayısının ötrofikten oligotrofiğe doğru gidildikçe azaldığı görülmektedir. Pasifik okyanusunun hiper-oligotrofik merkez döngüsünde ilkbaharda Grob vd. (2007) tarafından yürütölen çalışmada hücre sayısı  $1.2-1.6 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  arasında bulunmuştur. Zubkov vd. (2000) kuzey ve güney Atlantik subtropikal döngülerinde hücre sayısını  $0.3-30 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  olarak rapor etmiştir. Christaki vd.'nin (2001) oligotrofik Akdeniz'de yaptıkları çalışmada ototrofik pikoplankton bolluğu 0-200 m arasında  $0.37-0.93 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  arasında değişmiş ve en yüksek hücre bolluğu öfotik bölge alt sınırında bulunmuştur. Akdeniz'de Blanes Körfezi'nde yapılan çalışmada Agawin vd. (1998) kış aylarında yüzey sularında hücre bolluğunu  $5 \times 10^5$  hücre  $l^{-1}$  bulurken, hücre sayısının ilkbaharda artış göstermeye başladığı ve yaz aylarında en yüksek sayıya ( $7 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$ ) ulaştığını bulmuşlardır. Mesotrofik güneydoğu Pasifik okyanusunda Grob vd. (2007) hücre sayısını yüzeyde  $0.5-4.4 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  aralığında rapor etmişlerdir. Polat ve Uysal (2008) Kilikya baseninde yaptıkları çalışmalarında *Synechococcus* spp. hücre bolluğunu yüzey sularında  $0.8-23.09 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  aralığında tespit etmişler ve bölgede en yüksek yüzey hücre sayısına Eylül ayında ulaşıldığını rapor etmişlerdir. Ötrofik bölgelerde yapılan çalışmalara bakıldığında ise hücre sayısındaki artış fark edilmektedir. Baltık Denizi Kiel Körfezi'nde Jochem (1988) tarafından Mayıs-Eylöl periyodunda yapılan çalışmada, Haziran ayında *Synechococcus* spp. bolluğunda önemli bir artış tespit edilmiş ve hücre sayısı  $14-18 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  aralığında belirlenmiştir. Ototrofik bakteri bolluğundaki ikinci artışı ise Ağustos sonunda belirlemiş ve hücre sayısını  $1.5-2.8 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  olarak bulmuştur. Ötrofik Kaliforniya Körfezi'nde Worden vd. (2004) ilkbahar mevsiminde *Synechococcus* spp. hücre sayısını  $2-25 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  olarak rapor edilmiştir. Sherr vd. (2005) Oregon upwelling ekosisteminde bolluk değerlerinin  $15 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  üzerinde seyrettiğini bildirmişlerdir. Yine ötrofik Biscay körfezinde yapılan bir diğer çalışmada *Synechococcus* spp.'nin en yüksek bolluğa yaz aylarında ulaştığı ve maksimum değerin ( $1.49 \times 10^8$  hücre  $l^{-1}$ ) Eylül ayında 30 m derinlikte belirlendiği, ilkbahar aylarında ise düşüş sergileyerek  $< 10^5$  hücre sayısının altında seyrettiği rapor edilmiştir (Calvo-Díaz ve Morán, 2006). Hiper-oligotrofik doğu Pasifik okyanusu merkez döngüsünden, ötrofik Güney Amerika kıyılarına kadar yaptıkları çalışmada Grob vd. (2007) merkez döngüde *Prochlorococcus* spp.'nin sayıca baskın olduğunu, ötrofik kıyıya yaklaştıkça *Synechococcus* spp.'nin artış gösterdiğini ve  $20 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  seviyesine ulaştığını

bildirmişlerdir. Açıkça görülmektedir ki, sistem oligotrofikten ötrofiğe doğru gittikçe *Synechococcus* spp. hücre sayısı artış göstermektedir. *Prochlorococcus* kıyısız bölgede yüksek besin elementi konsantrasyonu ve suyun ışık geçirgenliği dolayısıyla sınırlanmakta, oligotrofik alanlarda ise baskın hale geçmektedir (Campbell vd., 1994; Pan vd., 2007).

Uysal (2001) Karadeniz'in güney ve batı kesimlerinde Nisan-Mayıs 1994 ve Eylül-Ekim 1996 tarihlerinde cyanobakteri *Synechococcus* spp.'nin hücre yoğunluğunun, açık sularda nehir girdisinin etkisindeki kıyısız sulardan daha yüksek olduğunu rapor etmiştir. Güneyde ise Eylül- Ekim 1996'da kıyısız sularda hücre yoğunlukları daha yüksek bulunmuştur. Yüzey sularında hücre sayısı  $\sim 2.7 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  olarak hesaplanırken, 25 m derinlikte hücre sayısı ( $5 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$ ) yaklaşık 2 katına çıkmıştır. Bu derinliğin altında ise hücre sayısında ani düşüş gözlemlendiği rapor edilmiştir. Uysal (2001) Batum antisiklonunda ise yüzeyde maksimum hücre sayısını  $1.25 \times 10^8$  hücre  $l^{-1}$  seviyesinde bulmuştur. Öfotik bölgenin alt derinliğinde ise hücre sayısı  $2.25 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  olarak belirlenmiş ve bu derinliğin altında ise ani bir düşüşle yüzey bolluğunun 1/10'i değere düştüğü rapor edilmiştir. Araştırmacı bu durumu mevsimsel termoklinin etkisini sürdüğü aylarda öfotik bölgede *Synechococcus* spp. biyomasının yaklaşık % 90'ının otlandığı ya da mikrobiyal bozunmaya uğradığı şeklinde açıklamıştır (Oguz vd., 1992). Yine aynı çalışmada Karadeniz'in güney kıyılarında hücre bolluğunun açık sulardan daha fazla olduğu rapor edilmiş, *Synechococcus* spp.'nin sırt akıntısı boyunca ılık ve az tuzlu suları tercih ettiği bildirilmiştir. Kurt (2002) Doğu Karadeniz kıyısız bölgesinde Mayıs-Ekim 2001'de yaptığı çalışmada *Synechococcus* spp. hücre sayısını  $0.1 \times 10^6$ -  $33 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  aralığında değişim gösterdiğini tespit etmiştir. Aynı bölgede Feyzioğlu vd. (2004) tarafından Temmuz ayında gerçekleştirilen çalışmada *Synechococcus* spp. hücre sayısını yüzeyde  $0.12$ - $3.7 \times 10^6$  arasında rapor etmiştir. Güneydoğu Karadeniz'de gerçekleştirilen bu çalışmada *Synechococcus* spp. mevsimsel dinamiği benzer çevresel koşullara sahip bölgelerde ve Karadeniz'in güney kıyılarında yapılan çalışmalara benzer bulunurken (Uysal, 2001; Kurt, 2002), aynı bölgede çalışan Feyzioğlu vd.'ne (2004) göre yüzey değerleri daha yüksek bulunmuştur. Yakın kıyı istasyonunda hücre sayısı yüzeyde  $0.07$ -  $11.13 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$ , kıyı istasyonunda  $0.22$ -  $9.96 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  ve açık istasyonunda  $0.34$ -  $6.77 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  değerleri arasında bulunmuştur. Yakın kıyı istasyonunda hücre bolluğu yıl içerisinde diğer istasyonlara oranla daha geniş bir değer aralığında değişim göstermiştir. Kurt (2002) en yüksek hücre sayısını Mayıs ayında yüzeyde tespit etmiş ve kıyıda açık doğru gidildikçe hücre sayısının azaldığını rapor etmiştir. Kopuz vd. (2011) aynı bölgede yaptıkları

çalışmada en yüksek hücre sayısını ( $6.58 \times 10^8$  hücre  $l^{-1}$ ) Haziran ayında PAR derinliğinde bulunmuşlardır. Yapılan bu çalışmada ise *Synechococcus* spp.'nin hücre sayısı ve biyomasi kıyıda açığa doğru gidildikçe artış sergilemiştir. *Synechococcus* spp. bölgede gerçekleşen geç ilkbahar bloomunun ardından besin elementlerinin azalması ve % 1'lik ışık seviyesinin daha derinlere inmesiyle beraber artış eğilimi göstermiştir ve üç istasyonda da Haziran ayında 30 m derinlikte (PAR derinliği) en yüksek değerlere ulaşmıştır. Karadeniz'de yapılan çalışmaların bazılarında da benzer durum tespit edilmiş ve özellikle yaz aylarında *Synechococcus* spp. 25-30 m ara yüzeyinde, yüzeye göre 2-3 katlık artış sergilediği rapor edilmiştir (Uysal, 2001; Feyzioğlu vd., 2004). Deniz suyunun vertikal stabilitesi ve öfotik bölge dip derinliği pikoplanktonun dağılımını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir (Glover vd., 1986; Miyazono vd., 1992; Fengfeng vd., 2012). Kış aylarında ototrofik pikoplankton bolluğundaki azalmanın nedeni, güçlü dikey karışımların sonucu olarak düşük sıcaklık ve ışık sınırlaması sonucu ile açıklanabilir. Ilıman ve düşük besin elementi konsantrasyonu ile karakterize olan bölgelerde kış aylarında yüksek değerlere ulaşan daha büyük boy fitoplanktonun, yaz aylarında mesozooplankton (kopepod nauplisi ve Cnidaria gibi) otlama baskısı sonucu azalarak yerini ototrofik pikoplanktona bıraktığı bilinmektedir (Agawin vd., 1998). Ayrıca besin elementlerinin düşük, hatta belirleme seviyesinin altında seyrettiği yaz aylarında küçük boyutu dolayısıyla *Synechococcus* spp.'nin besin elementlerini büyük boy fitoplanktona göre daha etkin kullanabildiği ortaya konmuştur (Raven, 1986). Ayrıca yine yapılan çalışmalarda artan su sıcaklığına bağlı olarak *Synechococcus* spp. büyüme hızının arttığı, yaz aylarında yüksek otlama baskısına karşın popülasyonun hızlı bir şekilde büyüebildiği bildirilmiştir (Agawin vd., 1998).

Calvo-Díaz ve Morán (2006) tarafından Biscay Körfezi'nde yapılan çalışmada hücre boyutu  $0.72- 1.15 \mu m^3$  arasında değişim göstermiştir. Hücre boyutu Nisan'a kadar büyük bulunmuş ancak yaz aylarında minimum değerler belirlenmiştir. Grob vd. (2007) Pasifik Okyanusu'nda ototrofik pikoplankton hücre boyutlarını  $0.33- 0.82 \mu m^3$  arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Uysal (2001) 0-10 m arasındaki hücrelerin 20- 60 m arasındaki hücrelerden daha büyük boyuta sahip olduğunu rapor etmiştir. Bu çalışmada yakın kıyı, kıyı ve açık istasyonunda öfotik bölge içerisinde ortalama hücre hacmi benzer değer aralığında bulunmuştur. En büyük boyuta sahip hücreler 50-75 m ara yüzeyinde tespit edilmiştir. Güneydoğu Karadeniz'de yürütülen bu çalışmada yüzeyde aşırı ışıktan genelde olumsuz etkilenen hücrelerin, yüzey altı derinliklerde daha yoğun pigment içeriğine sahip olduğu ve epifloresan mikroskopu altında uzun süreli ve parlak yansıma özelliği gösterdiği

gözlenmiştir. Uysal'da (2001) yüzey altı klorofil maksimum tabakasında bulunan *Synechococcus* spp. hücrelerinin, yüzeyde ve daha derinde bulunanlara göre daha uzun süreli ve parlak floresans verdiğini saptamıştır. *Synechococcus* spp.'nin düşük ışık seviyesini etkili kullanabilmek için fikoeritrin ve Chl-*a* içeriğini arttırdığı bilinmektedir (Ikeya vd., 1994). *Synechococcus* spp.'nin fotoadaptasyon mekanizması sayesinde PAR'ın % 1'in altına düştüğü derinlikte ışığı etkili kullanabilmek için pigment konsantrasyonunu arttırdığı, dolayısıyla hücre boyutunun arttığı düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda *Synechococcus* spp. hücrelerinin gece yarısından öğle saatlerine kadar otlama baskısı altında kaldığı, populasyonun bölünmeler yoluyla öğleden sonra ve akşam saatleri boyunca kendini yenilediği rapor edilmiştir. Hücre boyutu bölünme öncesi ve bölünme sonrası farklılık göstereceğinden, örnekleme yapıldığı saat de önem arz etmektedir (Sherry ve Uysal, 2001). Uysal (2001) Karadeniz'de yaptığı çalışmada öfotik derinlikten izole edilen klonların yüzeyden izole edilenlere göre daha yüksek büyüme hızına sahip olduklarını ortaya koymuştur. Aynı bölgede fizyolojik ve genetik açıdan farklı *Synechococcus* grupları olabileceğini rapor edilmiştir (Palenik, 1994).

Shiomoto vd. (2004) Japonya kıyısız sularında *Synechococcus* spp. karbon biyomasını Mayıs-Haziran periyodunda 0.1- 26.1  $\mu\text{g C l}^{-1}$  aralığında tespit etmiştir. Yine Pasifik kıyısızında Worden vd. (2004) Ağustos 2000- Şubat 2002 arasında ototrofik pikoplankton karbon biyomasının yüzey sularında 0.40- 22.20  $\mu\text{g C l}^{-1}$  olduğunu bildirmişlerdir. Uysal ve Köksalan (2006) Kuzey Levantin Baseni'nde biyomas değerlerini 0.6- 5.1  $\mu\text{g C l}^{-1}$  aralığında tespit etmişlerdir. Akdeniz Kilikya Baseni'nde yaptıkları çalışmada Polat ve Uysal (2009) ototrofik pikoplankton biyomasının 0.49- 23.01  $\mu\text{g C l}^{-1}$  aralığında değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir. Adriyatik Denizi'nde Bosak vd. (2012) karbon biyomasının 1.23- 74.36  $\mu\text{g C l}^{-1}$  olduğunu ve örnekleme istasyonlarının tümünde en yüksek biyomas değerlerini haloklinin üstündeki tabakada tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Güneydoğu Karadeniz'de yürütülen bu çalışmada yüzey biyomas değerleri 0.06- 6.79  $\mu\text{g C l}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Hesaplanan biyomas değerleri Akdeniz'de yapılan kimi çalışmalarda bulunan biyomas değerleri ile örtüşmekteyken (Uysal ve Köksalan, 2006), kimi çalışmalara göre ise değerler daha düşük bulunmuştur. Çalışma süresince en yüksek biyomas değerleri yaz aylarında 30 m derinlikte tespit edilmiştir. Yüzey ve yüzey altı maksimum biyomas değerleri arasında yaklaşık 10 katlık bir fark bulunmaktadır. Bayındırlı'da (2007) en yüksek biyomas değerlerini yüzeyaltı derinliklerde (40 m) tespit etmiştir. Karadeniz'in mevsimsel davranışı dolayısıyla özellikle

kış ve ilkbahar aylarında hava genellikle kapalı ve güneşli gün sayısı azdır. Yaz aylarında su sıcaklığının artmasıyla birlikte *Synechococcus* spp. populasyonu artış göstermiştir. Fitoplanktonik grupların derinlikle beraber düşük ışık konsantrasyonlarında Chl-*a*'ya oranla aksesuar pigment konsantrasyonlarında artış gösterdikleri bilinmektedir (Neori vd., 1984). Bölgede *Synechococcus* spp.'nin yüzey altı derinliklerde en yüksek sayıya ulaşmasının yüzeye gelen yüksek güneş radyasyonundan olumsuz etkilenmesi ve sahip olduğu pigmentler sayesinde düşük dalga boyundaki ışığı daha etkili kullanabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan önceki çalışmalara bakıldığında ototrofik pikoplankton karbon biyomasının hücre boyutundan ziyade hücre sayısındaki artış tarafından belirlendiği rapor edilmektedir (DuRand vd., 2001; Worden vd., 2004; Calvo-Diaz ve Moran, 2006). Çalışma süresince yakın kıyı istasyonunda *Synechococcus* spp. hücre sayısı ile karbon biyoması arasında istatistiki açıdan çok önemli bir ilişkinin ( $r=0.968$ ,  $p<0.01$ ) varlığı tespit edilirken, ortalama hücre hacmi ile biyomas arasında zayıf bir ilişki ( $r=0.48$ ,  $p<0.01$ ) bulunmuştur. Kıyı ve açık istasyonunda da benzer bir ilişki gözlemlenmiştir. Güneydoğu Karadeniz'de *Synechococcus* spp. biyoması üzerinde yıl boyunca hücre boyutundan ziyade hücre sayısının etkili olduğu görülmektedir.

Farklı bölgelerde yapılan önceki çalışmalarda *Synechococcus* spp. ile ortam parametreleri arasındaki ilişkiler istatistiki anlamda değerlendirilmiştir. Cavender Bares vd. (1999) Changjiang haliçi ve bitişik kıyısularda, Pan vd.(2006) ekvatorial Pasifikte, Fengfeng vd. (2012), doğu Çin Denizi'nde yaptıkları çalışmada *Synechococcus* spp. üzerinde tuzluluktan ziyade sıcaklığın daha önemli bir düzenleyici faktör olduğunu rapor etmişlerdir. Shiomoto vd. (2004) Japonya kıyısularda hem sıcaklık hem de tuzlulukla ototrofik pikoplankton arasında ilişki rapor etmiştir. Florida körfezi'nde yapılan bir çalışmada (Phlips ve Badylak, 1996) ise tuzluluğun ototrofik bakteri üzerinde daha önemli bir çevresel parametre olduğu ortaya konmuştur. Uysal (2001) Karadeniz'de yaptığı çalışmada *Synechococcus* spp. ile tuzluluk arasında negatif yönlü önemli bir ilişki bulunurken ( $r= -0.62$ ), sıcaklıkla arasında pozitif yönlü bir ilişki ( $r=-0.66$ ) belirlemiştir. Uysal 2006 yılında Karadeniz'de yaptığı çalışmada tuzluluğun *Synechococcus* spp. üzerinde daha etkili bir faktör olduğunu ortaya koymuştur. Akdeniz'de yapılan bir başka çalışmada sıcaklık ile pozitif ( $r = 0.467$ ,  $p < 0.01$ ), tuzluluk ile ise negatif yönlü bir ilişki ( $r = -0.587$ ,  $p < 0.01$ ) bulunmuştur (Polat ve Uysal, 2008). Güneydoğu Karadeniz'de yapılan bu çalışmada da hem kıyısularda hem de açık sularda *Synechococcus* spp. bolluğu ve biyoması ile sıcaklık

arasında pozitif yönlü, tuzluluk ile arasında ise negatif yönlü önemli bir ilişki tespit edilmiştir. Görülmektedir ki ototrofik bakteri üzerindeki kontrol mekanizması çalışılan bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Li (1998) tarafından, lokal bölgelerden geniş okyanus alanlarına kadar birçok bölgede gerçekleştirilmiş 28 farklı çalışma ele alınmış, yüzey *Synechococcus* spp. bolluğu ile yıllık ortalama yüzey suyu sıcaklıkları değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonunda *Synechococcus* spp.'nin 14 °C'nin altında sıcaklıktan direkt olarak etkilendiği ortaya konmuştur. Bölgenin yıllık ortalama yüzey suyu sıcaklığı 16.5 °C olarak bulunmuştur. Dolayısıyla çalışma bölgesinde *Synechococcus* spp.'nin kontrolünün başka faktörler tarafından yapıldığı, sıcaklıktan ise dolaylı yoldan etkilendiği düşünülmektedir.

Güneydoğu Karadeniz'de çalışma süresince ototrofik pikoplankton bolluğu azalan tuzluluk değerlerine bağlı olarak artarken, derinliğe bağlı olarak azalma sergileyen sıcaklık, çözülmüş oksijen ve Chl-*a* konsantrasyonlarına paralel bir davranışla azalmıştır. Sıcaklık ve tuzluluktan başka faktörlerinde *Synechococcus* spp. üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Chang vd., 2003; Uysal, 2006). Uysal (2001) çözülmüş oksijen ve Chl-*a* ile *Synechococcus* spp. arasında pozitif yönlü bir ilişki rapor etmiştir. *Synechococcus* okyanuslarda birincil üretimin yaklaşık % 80'inden sorumludur (Ducklow, 1986). Uzun süreli araştırmalara dayalı olarak ototrofik pikoplanktonun toplam fitoplankton biyomasına katkısının Chl-*a* > 1 µg l<sup>-1</sup> olduğunda % 20'den az olduğu ortaya konulmuştur (Chisholm, 1992; Bell ve Kalf, 2001). Chesapeake Körfezi'nde yapılan bir çalışmada Şubat-Mayıs döneminde ototrofik pikoplankton üretiminin ~% 2 olduğu, Mayıs-Haziran döneminde ise ani bir artışla % 20 seviyelerine ulaştığı rapor edilmiştir (Malone vd., 1991). Ototrofik pikoplanktonun ılıman kıyısularda yaz fitoplankton üretimine benzer katkıda bulunduğu rapor edilmiştir (Joint ve Pomroy, 1983; Joint vd., 1986; Douglas, 1984). Bölgede yakın kıyı istasyonu hariç, kıyısul ve açık sularda *Synechococcus* spp. biyoması ile Chl-*a* arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişkinin ( $r= 0.790$ ,  $p < 0.01$ ) varlığı söz konusudur. Polat ve Uysal'da (2008) karbon biyoması ile Chl-*a* arasında pozitif yönlü bir ilişki ( $r= 0.355$ ,  $p < 0.01$ ) bildirmiştir. Çalışma bölgesinde de özellikle yüzey altı klorofil maksimum tabakasındaki Chl-*a* konsantrasyonuna ototrofik pikoplanktonun yüksek katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmada *Synechococcus* spp. bolluk ve biyomas değerleri ile ÇO konsantrasyonu arasında hem kıyı ( $r= 0.831$ ,  $p < 0.01$ ) hem de açık istasyonunda ( $r= 0.801$ ,  $p < 0.01$ ) istatistiki açıdan önemli pozitif yönlü ilişki bulunmuştur. Ototrofik pikoplankton çalışma süresince en yüksek bolluk ve biyomas



değerlerine Haziran ayında öfotik bölge alt sınırında (PAR derinliği) ulaşmış, bu derinlik aynı zamanda mevsimsel termoklin üst sınırı ile de çakışmıştır. Haziran ayında yüzeyde ÇO değerleri düşük okunurken, mevsimsel termoklin üst sınırında (27- 32 m) ÇO konsantrasyonu en yüksek değerlere ulaşmış aynı derinlikte ototrofik pikoplankton bloomu tespit edilmiştir. Bu derinlikte bulunan yüksek ÇO konsantrasyonunu *Synechococcus* spp. tarafından gerçekleştirilen fotosentetik aktivitenin büyük ölçüde desteklediği düşünülmektedir.

Çalışma bölgesinde Nisan ayında besin elementi konsantrasyonunda artış gözlenmiş ve hemen ardından Mayıs ayında ilkbahar fitoplankton bloomu gerçekleşmiştir. Ortamdaki besin elementi konsantrasyonlarında, fitoplankton tarafından organik madde sentezinde kullanılması yüzünden ciddi düşüşler gözlenmiştir. Kıyusal ekosistemlerde ilkbahar fitoplankton bloomunun ardından ototrofik pikoplankton yıl içerisindeki en yüksek değerlere ulaşmaktadır (Larsson ve Hagstrom, 1982; Joint vd., 1986; Li, 1998; Agawin vd., 2000). Çalışma bölgesinde de fitoplankton bloomunun ardından ototrofik pikoplankton artış göstermiş ve en yüksek değerlere ulaşmıştır. *Synechococcus* spp. yüksek yüzey alanı/hacim oranı dolayısıyla düşük besin elementi kompozisyonlarını bile etkili şekilde kullanabilmektedir (Agawin vd., 2000; Veldhuis vd., 2005). Ototrofik pikoplankton küçük boyutu dolayısıyla nano ve mikrofitoplanktonla rekabete girerek avantaj sağlamakta (Fogg, 1986) ve besin elementi konsantrasyonu büyük boy fitoplankton için difüzyon yoluyla alınabilir konsantrasyona ulaşana kadar artış göstermektedir (Agawin vd., 2000). Yapılan bu çalışmada örnekleme derinliklerinde maksimum hücre bolluğu düşük nitrit+nitrat konsantrasyonunda ( $< 1.5\mu\text{M}$ ) tespit edilmiştir. Agawin vd.'de (2000) Akdeniz'de yaptıkları çalışmada benzer durum gözlemişler ve maksimum biyomas değerlerini nitrit+nitrat konsantrasyonu  $< 1\mu\text{M}$  olduğunda tespit etmişlerdir. Uysal (2001) yılında Karadeniz'de gerçekleştirdiği çalışmada tüm besin elementleri ile ototrofik pikoplankton arasında negatif yönlü bir ilişki bulmuştur. Benzer şekilde Shiomoto vd.'de (2004) Japonya kıyılarında besin elementleriyle *Synechococcus* spp. arasında negatif yönlü bir ilişkinin bulunduğunu rapor etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada Nitrit+nitrat konsantrasyonu ile *Synechococcus* spp. arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunamazken, fosfat ve silikat ile arasındaki ilişki negatif yönlü olmuştur.

#### 4.5.Heterotrofik Bakteri

Üst su kolonunda batmakta olan POM'nin yaklaşık % 90'ı öfotik tabakanın alt karışımında ve oksiklin içinde mineralize edilmektedir (Oğuz vd., 1999). Yalnız çok az bir miktarının anoksik bölgeye geçtiği ve üst su kolonunda çöken POM'nin bakteri tarafından yüzeyaltı tabakalarda etkili biçimde remineralize edilebileceği ortaya konulmuştur (Karl ve Knauer, 1991). Heterotrofik bakteriler organik madde miktarına bağlı olarak genellikle ötrofik lagunlarda ve haliçlerde  $10^{10}$  hücre  $l^{-1}$ , kıyısız alanlarda  $10^9$  hücre  $l^{-1}$  ve açık denizde  $10^8$  hücre  $l^{-1}$  seviyesinde bulunurlar (Ducklow ve Carlson, 1992).

Christaki vd. (2001) tarafından Akdeniz genelinde yapılan çalışmada bakteri bolluğu 0- 200 m arasında  $2.93- 5.08 \times 10^8$  hücre  $l^{-1}$  aralığında rapor edilmiştir. Choi vd. tarafından Karayip Denizi'nde Mayıs ayında yapılan kısa süreli bir çalışmada yüzeyde bakteri bolluğu  $0.7 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  seviyesinde bulunurken, derinliğe bağlı azalış gözlenmiş ve düşük bakteri sayısı ( $0.2 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ ) 160 m derinlikte tespit edilmiştir (Choi vd., 2001). Biscay körfezinde yapılan çalışmada heterotrofik bakteri bolluğu ortalama  $5.01 \pm 0.17 \times 10^8$  hücre  $l^{-1}$  olarak bulunmuştur (Calvo-Díaz ve Morán, 2006). Akdeniz Kilikya Baseni'nde en yüksek bakteri bolluğu Eylül ayında tespit edilmiş ve  $7.3- 9.7 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  aralığında rapor edilmiştir (Bayındırlı, 2007). Hiper-oligotrofik doğu Pasifik Okyanusu merkez döngüsünden, ötrofik Güney Amerika kıyılarına kadar yaptıkları çalışmada Grob vd. (2007) merkez döngüde pikoplanktonun azaldığını, aksine kıyıya yaklaştıkça heterotrofik bakterinin arttığını ve hücre sayısının  $2 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  değerinin üzerinde seyrettiğini bildirmişlerdir. Akdeniz Kilikya Baseni'nde Gazihan Akoğlu (2011) heterotrofik bakteri bolluğunu yüzeyde  $1.3 \times 10^8- 1.3 \times 10^{10}$  hücre  $l^{-1}$  aralığında belirlemiştir. Fengfeng vd. (2012) Doğu Çin Denizi'nde sonbahar ve kış aylarında yüzey heterotrofik bakteri bolluğunun  $1.4- 5.9 \times 10^8$  hücre  $l^{-1}$  aralığında değiştiğini rapor etmiştir. Güneydoğu Karadeniz kıyısız sularında yapılan bu çalışmada heterotrofik bakteri hem bolluk hem de biyomas bakımından pikoplanktonun en baskın katılımcısı olmuştur. En yüksek bolluk değerleri daima yüzey sularında okunmuştur. Güneybatı döngüsünde Bird ve Karl'ın (1991) yaptıkları çalışmada yüzeyde bakteri bolluğu  $0.08 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  iken, en yüksek değer ( $0.11 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ ) suboksik-anoksik ara yüzeyinde gözlemlenmiştir. Sorokin vd. (1995) yüzeyde bakteri bolluğunu  $0.9- 1.63 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  olarak belirlerken, yüzey altı en düşük bakteri bolluğunu ( $0.24- 0.43 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ ) oksiklin tabakasında bulmuş, suboksik-anoksik ara yüzeyinde ise tekrar artış ( $0.37- 0.55 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ ) rapor etmişlerdir. Becquevort vd.

(2002) yine aynı bölgede yüzey bakteri bolluğunun ilkbahar ve yaz döneminde  $2.4-2.9 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  olduğunu rapor etmişlerdir. Morgan vd. 2006 yılında Kuzeybatı Karadeniz’de yaptıkları çalışmada merkez basende yüzeyde bakteri bolluğunu  $0.18- 0.84 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  arasında bulmuş ve derinliğe bağlı azalma gözlemlemiştir (Morgan vd., 2006). Aynı çalışmada kuzeybatı kıtasahanlığında ise bolluk değerlerini  $2.4- 2.9 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  olarak bulmuşlardır. Lasternas vd. Akdeniz genelinde yaptıkları çalışmada, Marmara Denizi ve Karadeniz’i de örneklemiştir ve bakteriyoplanktonun planktonun en baskın katılımcısı olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada Marmara ve Karadeniz’de bakteriyoplanktonun en yüksek bolluğa ulaştığı da bildirilmiştir (Lasternas vd., 2010). Yapılan bu çalışmada yakın kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri bolluk değerleri yüzeyde  $1.4- 5.7 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Kıyı istasyonunda heterotrofik bakteri yüzeyde  $0.52- 5.36 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ , açık sularda ise  $1.08- 5.37 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  ile temsil edilmiştir. Yüzeyden itibaren hücre sayısı derinliğe bağlı azalma göstermiştir. Suboksik-anoksik ara yüzeyinde tekrar artış sergilemiş ve  $0.39- 1.01 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. En yüksek hücre sayılarına ulaşılan yaz ayları hariç yıl geneline bakıldığında ise hücre sayıları yakın kıyıda  $1.41 \times 10^9- 3.27 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ , kıyıda  $0.53 \times 10^9- 2.59 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$ , açıkta ise  $1.08- 2.06 \times 10^9$  hücre  $l^{-1}$  aralığında değişim göstermiştir. Bulunan bu hücre sayıları özellikle kuzeybatı kıta sahanlığında yapılan çalışmalarla uyum içerisinde. Güneydoğu Karadeniz’de yapılan bu çalışmada özellikle yaz dönemine ait bolluk değerleri Karadeniz’de yapılan diğer çalışmalara oranla oldukça yüksek bulunmuştur. Bakteri hücre sayısındaki artış, özellikle artan yağış ve kar sularının erimesiyle birlikte karasal kökenli organik madde girdisinin etkisini ortaya koymaktadır. Heterotrofik bakteri populasyonları üzerinde en önemli düzenleyici faktörler, organik madde kaynağı, protist otlaması ve viral lisistir. Önceki çalışmaların birçoğu ana döngülerde yapıldığı için, heterotrofik bakterilerin organik maddece sınırlandırıldığı düşünülmektedir. Güneydoğu Karadeniz’de ise özellikle yaz aylarında bakterilerin sayıca artış sağlayabilecek organik madde kaynağına sahip olduğu ortadadır. Bakteriler üzerinde etkili bir diğer faktör olan otlama ötrofik alanlarda sınırlayıcıdır. Tuna deşarjı etkisinde kalan ve ötrofik olarak değerlendirilen bölgede yapılan çalışmalarda, bu çalışmada elde edilen bakteri hücre sayılarına göre daha düşük bakteri bolluk değerleri ortamdaki nanoplanktonik otlayıcı baskısını ve viral lisisi de akıllara getirmektedir.

Dünya genelinde yapılan önceki çalışmalara bakıldığında ortalama hücre boyutunun çalışılan bölgeye bağlı olarak büyük bir aralıkta değişim gösterdiği görülmektedir. Pasifik

Okyanusu'nun çeşitli bölgelerinde gerçekleştirilen önceki çalışmalara bakıldığında heterotrofik bakteri popülasyonunun oldukça küçük boyutlu hücrelerle ( $0.07- 0.09 \mu\text{m}^3$ ) temsil edildiği görülmektedir (Chung vd., 1998; Claustre vd., 1999; Grob vd., 2007). Atlantik okyanusunda yapılan çalışmalarda ise hücre boyutu ( $0.002- 2 \mu\text{m}^3$ ) oldukça geniş bir aralıkta değişim göstermektedir (Ulloa vd., 1992; Zubkov vd., 2000 b; Gundersen vd., 2002). Pasifik ve Atlantik Okyanusu'nda yapılan çalışmaların çoğu hiper-oligotrofik merkez döngülerde yürütülmüştür, bu yüzden heterotrofik bakteri popülasyonları organik madde kaynağı yönünden sınırlandırılmaktadır. Denizel ortamlarda tipik olarak su kolonu boyunca küçük çubuksu ve küresel bakteri hücreleri baskındır (Morgan vd., 2006). Bouvier vd. (1998) tarafından kuzeybatı kıta sahanlığında yapılan çalışmada bakteri boyutu ve şekli çalışma sahasının tamamında hemen hemen benzer olup, küresel ve çubuksu şekle sahip bakteriler baskın olarak bulunmuştur. Güneydoğu Karadeniz su kolonunda da oksik bölge içinde bu tip bakteri hücreleri baskın olarak bulunmuştur. Ancak suboksik bölgeye geçişle beraber ipliksi tipte hücreler görülmeye başlamış ve anoksik bölgede ise baskın hale geçmiştir. Çalışma süresince yüzeyde ortalama hücre hacmi 3 örnekleme istasyonunda da ( $0.13- 0.14 \mu\text{m}^3$ ) benzer değerlerde seyretmiştir. Hücre boyutları yıl geneline bakıldığında kıyı ve açık istasyonunda PAR derinliğinde artmış, bu derinliğinde altında ise azalma sergilemiştir. Suboksik bölgeye geçildiğinde ise ipliksi hücrelerin görülmeye başlamasıyla beraber hücre boyutları yeniden artış göstermeye başlamış ve anoksik bölgede en yüksek değerlere ( $0.18 \mu\text{m}^3$ ) ulaşmıştır. Bouvier vd. Ukrayna kıyılarında yaptığı çalışmada küresel şekle sahip bakteri hücreleri için ortalama  $0.61 \pm 0.03 \mu\text{m}^3$ , çubuksu şekle sahip hücreler için ise  $0.12 \pm 1.10^{-5} \mu\text{m}^3$  olarak rapor etmiştir (Bouvier vd., 1998). Morgan vd. (2006) yüzeyde ortalama hücre hacmini  $0.02- 0.05 \mu\text{m}^3$  aralığında belirlemiş ve suboksik tabakanın altında ipliksi tipte bakterilerin varlığına bağlı olarak ortalama hücre hacminin arttığını bildirmiştir ( $0.65- 0.98 \mu\text{m}^3$ ). Bird ve Karl'ın rapor ettiği gibi bu çalışmada da ipliksi tipte olmayan bakterilerin de hücre boyutlarında derinliğe bağlı artış belirlenmiştir (Bird ve Karl, 1991). Sorokin vd. oksik bölgede ortalama hücre hacmini  $0.28 \mu\text{m}^3$  olarak bulmuştur (Sorokin vd., 1995). Yapılan bu çalışmada bulunan yüzey ortalama hücre hacimleri Sorokin vd.'ne (1995) göre küçük bulunmasına karşın, Morgan vd.'ne (2006) göre oldukça büyük bulunmuştur. Hücre boyutlarındaki farklılığın ortamdaki organik madde miktarı ve otlayıcı bolluğuna bağlı olarak değiştiği düşünülmektedir. Bakterivor heterotrofik nanoflagellatlar boyut seçici beslenme davranışı sergilerler. Boyut seçici otlama bakteriyel topluluklar ve aktivite üzerinde büyük ölçüde etkilidir (Gasol vd., 1995;

Sherr vd., 1997). Birçok bakteri grubu uygun büyüme koşulları altında heterotrofik nanoflagellatlara yakalanıp hücre içine alınmamak için boyut büyütme yoluna giderler. Ayrıca kıyusal bölgelerde yoğun protist otlaması sırasında bakteri morfolojisinde otlama karşıtı gelişimler (Örn; ipliksi, spiral şekilli ya da topluluk haline gelmiş hücreler gibi) gözlemlenebilir (Havskum ve Hansen, 1997). Bunun aksine, organik karbon kaynağı sınırlayıcı olduğunda ise bakteriler adaptasyon mekanizmaları sayesinde hücre boyutlarını küçülterek uzun süre bu duruma dayanabilirler (Kjelleberg vd., 1993). Çalışma süresince bölge yüzey suları küçük hacme sahip çubuksu ve küresel hücrelerle temsil edilmiştir. Önceki çalışmalarla arasında bulunan farklılığın, kaynak ve otlama sınırlamasına karşı geliştirilebilen adaptasyon mekanizmaları dışında, ortamda mevcut bakteri popülasyonlarının genetik farklılığıyla da ilgili olduğu düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmada ipliksi tipte bakterilerin suboksik-anoksik ara yüzeyinde gözlemlenmeye başlaması ve sonrasında artışı Morgan vd.'nin (2006) gözlemleriyle uyum içerisindedir.

Sorokin vd. (1995) Kuzeybatı kıta sahanlığında yaptıkları çalışmada yüzeyde oldukça yüksek bakteri biyomas değerleri (80- 90  $\mu\text{g C l}^{-1}$ ) tespit etmişlerdir. Yine aynı bölgede Bouvier vd. (1998) tarafından yaz aylarında yapılan çalışmada bakteri biyoması Tuna karışım bölgesinde 20.1- 53.9  $\mu\text{g C l}^{-1}$  olarak bulunurken, kıyidan açıldıkça bu değer düşmüş ve 14- 19  $\mu\text{g C l}^{-1}$  olarak rapor edilmiştir. Benzer şekilde düşük biyomas değerleri (5.6- 26.7  $\mu\text{g C l}^{-1}$ ) ilkbahar ve yaz aylarında Becquevort vd. (2002) tarafından Karadeniz'in kuzeybatı açık sularından bildirilmiştir. Morgan vd. (2006) ise aynı bölgede bakteri karbon biyomasını daha yüksek bulmuş ve değerler 30- 38  $\mu\text{g C l}^{-1}$  arasında değişmiştir. Yapılan bu çalışmada yoğun kıyusal girdi etkisinde olan, yakın kıyı istasyonunda bakteri karbon biyoması değerleri yüzeyde 21.52- 92.1  $\mu\text{g C l}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Biyomas değerleri kıyı istasyonunda 12.2- 88.41  $\mu\text{g C l}^{-1}$ , açık sularda ise 14.75- 72.74  $\mu\text{g C l}^{-1}$  aralığında bulunmuştur. Bulunan yüksek biyomas değerleri Sorokin vd. (1995) ve Bouvier vd. (1998) tarafından kuzeybatı kıta sahanlığında Tuna deşarjı etkisinde olan bölgede yapılan çalışmalarla uyum içerisindedir. Öfotik bölgede sentezlenen karbonun yanı sıra karasal kökenli organik madde girdisi de bakteriyel üretimi desteklemektedir. En yüksek karbon biyomas değerleri yaz aylarında ölçülmüştür. Aynı dönemde yıl içerisindeki en yüksek klorofil değerleri de tespit edilmiştir. Bölgede Mayıs ayıyla beraber eriyen kar sularının ve yağışların etkisiyle karasal deşarj artmakta, dolayısıyla organik madde girişi de artmaktadır. Açıkça görülmektedir ki, bölgede yaz aylarında pikoplankton kaynak yönünden sınırlandırılmamaktadır. Birçok deniz ve tatlı su

ortamında Chl-*a* ile heterotrofik bolluk arasında ve birincil üretim ile bakteriyel üretim arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur (Bird ve Kalff, 1984; Cole vd., 1988; White vd., 1991). Cole vd. (1988) tarafından oligotrofikten aşırı ötrofiğe değişen akuatik ekosistemlerin öfotik bölgesinde heterotrofik bakteriler yoluyla toplam birincil üretimin yaklaşık % 40'ının kullanıldığını ortaya konulmuştur. Yakın kıyı ve kıyı istasyonunda Haziran, açık istasyonunda ise Mayıs ayında en yüksek klorofil değerleri ölçülmüştür. Klorofil değerlerindeki artış birincil üretimin bir göstergesidir. Bakterilerin birincil üretimin kayda değer kısmını kullandıkları düşünülürse, dış kaynaklı organik madde girişinin yanı sıra, aynı dönemde sentezlenen organik madde miktarındaki artışında bakteri hücre sayısındaki artışı desteklediği söylenebilir. Heterotrofik bakteri büyük ölçüde ototrofik plankton tarafından sentezlenen organik maddeye bağımlı olduğundan, Chl-*a* ile bakteri bolluğu ve biyoması arasında pozitif yönlü bir ilişki olması beklenir. Calvo-Diaz ve Moran (2006) Akdeniz'de yaptıkları çalışmada bakteri biyoması ile Chl-*a* arasında istatistiki açıdan önemli ilişkiyi ( $r= 0.36$ ,  $p < 0.0001$ ) rapor etmişlerdir. Gazihan Akoğlu (2011) Kilikya Baseni'nde heterotrofik bakteri ile Chl-*a* arasında kuvvetli bir ilişki ( $r= 0.695$ ,  $p < 0.0001$ ) olduğunu rapor etmiştir. Bakteri karbon biyoması hücre boyutu ve bolluk üzerinden hesaplanmaktadır. Gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonu sonuçlarına göre biyomas ile bolluk arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulunurken, biyomas ile hücre boyutu arasında daha zayıf bir ilişki bulunmuştur. Güneydoğu Karadeniz'de heterotrofik bakteri karbon biyoması üzerinde yıl boyunca hücre boyutundan ziyade hücre sayısının etkili olduğu görülmektedir.

Birçok araştırmacı sıcaklık ve bakteri hücre sayısı arasında yüksek korelasyon bulmuştur (Väättänen, 1980; Wright ve Coffin 1983). Gazihan Akoğlu (2011) Kilikya Baseni'nde yaptığı çalışmada sıcaklıkla pozitif ( $r= 0.295$ ,  $p < 0.0001$ ), tuzluluk ile negatif yönlü ( $r= -0.363$ ,  $p < 0.0001$ ) önemli ilişki bulmuştur. Fengfeng vd. (2012) sıcaklık ( $r= 0.575$ ,  $p < 0.01$ ) ve tuzluluk ( $r= 0.208$ ,  $p < 0.05$ ) ile heterotrofik bakteri arasında pozitif yönlü bir ilişki rapor etmiş ancak sıcaklığın daha belirleyici bir faktör olduğunu vurgulamıştır. Güneydoğu Karadeniz'de yapılan bu çalışmada gerçekleştirilen Spearman Rank korelasyonuna göre, yakın kıyı, kıyı ve açık istasyonlarında heterotrofik bakteri bolluğu ve biyoması arasında sıcaklıkla pozitif, tuzluluk ile ise negatif yönlü bir ilişki söz konusu olmuştur. Görüldüğü üzere, çalışma bölgesine bağlı olarak kimi yerde tuzluluk kimi yerde sıcaklık populasyon üzerinde etkili faktör olmaktadır. Bölgede heterotrofik bakteri bolluğu daima yüzey sularında en yüksek değerlere ulaşmıştır. İlkbahar sonunda

eriyen kar suları ve yağışlarla artan karasal deşarj heterotrofik bakteri için organik madde girdisi sağlarken aynı zamanda da yüzeyde tuzluluğun düşmesine sebep olmuştur. Dolayısıyla bölge için tuzluluk ile heterotrofik bakteri popülasyonu arasında negatif yönlü bir ilişki bulunması kaçınılmazdır. Hücre boyutu üzerinde ise tuzluluk ve sıcaklık belirleyici faktör olmamıştır.

Li (1998) tarafından, lokal bölgelerden geniş okyanus alanlarına kadar birçok bölgede gerçekleştirilmiş 45 farklı çalışma ele alınarak, yüzey bakteri bolluğu ile yıllık ortalama yüzey suyu sıcaklıkları değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda, su sıcaklığının 14 °C altında bakteri bolluğunu etkileyen dominant faktör olduğu, ancak su sıcaklığı 14 °C'nin üzerine çıktığında ise diğer faktörlerin özellikle substrat kaynağının baskın hale geçerek bakteri bolluğunu kontrol ettiği ortaya konmuştur. Bölgede yapılan bu çalışmada artan su sıcaklığına bağlı olarak bakteri bolluğu artmış ve Haziran ayında en yüksek değerlere ulaşmıştır. Ancak Ağustos ayında su sıcaklığı en yüksek değerlere ulaşmasına karşılık, bakteri bolluğu düşüş sergilemeye başlamıştır. Açıkça görülmektedir ki, bölgede Haziran ayında bakteri biyoması artan sıcaklık ve ÇOM ile desteklenmekte, ancak Ağustos ayında kaynak sınırlaması söz konusu olmaktadır.

#### **4.6.Heterotrofik Nanoflagellat**

Heterotrofik nanoflagellatlar oligotofikten ötrofiğe birçok denizel ekosistemde ilk 30 m'lik su kolonu içerisinde  $10^6$  hücre  $l^{-1}$  seviyesinde bulunurlar (Fenchel, 1988; Throndsen, 1997). Daha büyük boy protozoan ve metazoanların temel besinlerini oluşturarak, pikoplanktonik karbonu üst besinsel seviyelere iletirler (Cleven, 1996; Jurgens vd., 1994). Heterotrofik nanoflagellatlar genellikle sistemin besinsel durumuna bağlı olarak artış gösterir ve bakteri bolluğuna oranla ortalama 1000 kat daha az bulunurlar (Sanders vd., 1992).

Fenchel (1982b) Kuzey Deniz'nde yaptığı çalışmada Ağustos-Eylül periyodunda HNF (heterotrofik nanoflagellat) bolluğunu  $<2 \times 10^6$ -  $3 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  arasında rapor etmiştir. Fenchel (1982b) bakteri bloomunun ardından kısa süre sonra heterotrofik nanoflagellat hücre sayısında artış gözlemlemiştir. Limfjord'da gerçekleştirilen çalışmada Fenchel (1988) yaz süresince HNF bolluğunun  $2 \times 10^5$ -  $4 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  arasında değiştiğini bildirmiştir. Fukami vd. (1996) Japonya kıyısında ötrofik bir bölgede yüzey HNF bolluğunu  $0.54$ -  $73 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  aralığında rapor etmiştir. Caron vd. (1999) Sargasso

denizi yüzey sularında HNF bolluğunu ilkbahar aylarında Ağustos ayında yaptıkları sefere göre daha yüksek değerlerde ( $10^5$ -  $5 \times 10^5$  hücre  $l^{-1}$ ) bulmuştur. Christaki vd. (2001) tarafından Akdeniz genelinde yapılan çalışmada HNF bolluğu 0-200 m arasında  $0.49$ - $1.21 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  olarak rapor edilmiş ve hücre sayısının doğudan batıya doğru gidildikçe arttığı bildirilmiştir. Karayanni vd. (2005) Kuzey Atlantik Okyanusu yüzey sularında en yüksek yüzey bolluk değerlerini ilkbahar aylarında  $3.76 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  olarak rapor etmişlerdir. Cuaves ve Morales (2006) Şili kıyısındaki sularında en yüksek hücre sayısını yüzey sularında tespit etmiş ve  $0.03$ -  $1.67 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Aynı çalışmada termoklin 26- 30 m arasında belirlenirken, yüzey suyu sıcaklığı  $\sim 16.5$  °C olarak rapor edilmiştir. Batı Akdeniz’de Cezayir Denizi’nde yapılan bir çalışmada HNF bolluğu  $1.5$ -  $5.9 \times 10^6$  hücre  $l^{-1}$  arasında rapor edilmiştir (Bonilla-Findji, 2009). Akdeniz’in Türkiye kıyılarında Gazihan Akoğlu (2011) HNF bolluğunu en düşük ( $1.9 \times 10^5$  hücre  $l^{-1}$ ) Nisan, en yüksek ( $1.2 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$ ) Eylül ayında belirlemiş ve hücre sayısının kıyıda açığa doğru gidildikçe kademeli olarak azaldığını bildirmiştir.

Çalışma süresince güneydoğu Karadeniz’de bu organizma grubuna ait en yüksek hücre sayıları yıl boyunca 0-5 m ara yüzeyinde kaydedilmiş, bu derinlikten itibaren ise azalma eğilimi göstermiştir. Bölgede en yüksek hücre sayılarının tespit edildiği Mayıs-Haziran aylarında HNF bolluğu  $\sim 1$ - $2 \times 10^7$  hücre  $l^{-1}$  aralığında değişim göstermiştir. Daha önce yapılan birçok çalışmada deniz ve tatlısu sistemlerinde heterotrofik nanoflagellatların mevsimsel değişiminin genelde sıcaklık ve bakteri tarafından düzenlendiği ortaya konmuştur (Weisse, 1991). Sıcaklık direkt olarak HNF otlamasını ve bakteriyel üretimi dolaylı olarak da bakteri biyomasını etkilemektedir (Peters ve Gross, 1994; Montagnes vd., 2003). Bölgede özellikle artan su sıcaklığı ve ÇOM artışına bağlı olarak heterotrofik bakteri bolluğunun artmasını takiben HNF bolluğundaki artış gözlenmiştir. HNF artışının peşi sıra mikrozooplanktonun artması beklenir. Mikrozooplankton nanoflagellatlar üzerinden otlayarak, bakteri kontrolünü serbest bırakır ve bakterinin ikinci kez büyüebilmesi sağlanır (Kaiser, 2005). Bölgede benzer durum gözlenmiş olup, bakteriler tarafından Haziran ayında gerçekleştirilen ikinci ve en büyük bloomun ardından HNF sayıca azalma sergilemiştir. Bu durumun HNF’deki artışın ardından mikrozooplanktonun artması ve aktif biçimde otlama sonucu, HNF bolluğunu kontrol ettiği düşünülmektedir.

Caron vd. (1999) Sargasso denizi yüzey sularında heterotrofik nanoflagellat karbon biyomasını ilkbaharda  $2$ -  $14$   $\mu g C l^{-1}$ , yazın ise  $1$ -  $7$   $\mu g C l^{-1}$  aralığında rapor etmişlerdir. Akdeniz Kilikya Baseni’nde Gazihan Akoğlu (2011) en düşük biyomas değerlerini ( $0.07$



$\mu\text{g C l}^{-1}$ ) Ağustos ayında, en yüksek değerleri ( $11.15 \mu\text{g C l}^{-1}$ ) ise Eylül ayında belirlemiştir. Karadeniz'in Ukrayna kıyılarında Bouvier vd. (1998) tarafından yapılan çalışmaya bakıldığında, tatlı su girdisinin etkisinde bulunan bölgede yaz aylarında ortalama biyomas değerleri  $10.1 \mu\text{g C l}^{-1}$ , geçiş bölgesinde  $15.7 \mu\text{g C l}^{-1}$  ve deniz etkisini yansıtan açık sularda ise  $30.4 \mu\text{g C l}^{-1}$  olduğu, kıyıdan açığa doğru gidildikçe biyomas değerlerinin arttığı bildirilmiştir. Güneydoğu Karadeniz'de yürütülen bu çalışmada tatlı su girdisinin etkisinde kalan yakın kıyı istasyonunda HNF karbon biyomas değerleri yıl içerisinde dalgalanmalar sergilemiştir. Ancak kıyı ve açık istasyonlarında ise en yüksek değerlere sırasıyla, Haziran ve Mayıs-Haziran aylarında ulaşmıştır. Bouvier vd. (1998) tarafından yapılan çalışmada ortaya konulan bulgulara benzer şekilde kıyıdan uzaklaştıkça HNF biyomas değerlerinde ciddi artış tespit edilmiştir. Yakın kıyıda en yüksek değerler,  $22.82 \mu\text{g C l}^{-1}$  (Ekim 2010) olarak belirlenirken, kıyıda,  $37.02 \mu\text{g C l}^{-1}$ , açık istasyonda ise  $80.55 \mu\text{g C l}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Bouvier vd. (1998) Karadeniz'in kuzeybatı kıta sahanlığında siliatların kıyıda daha baskın olduklarını ve HNF üzerinde ciddi otlama baskısı oluşturduklarını, açık bölgede ise HNF kayıplarından direkt olarak mesozooplanktonun sorumlu olduğunu ortaya koymuşlardır.

Akdeniz Kilikya Baseni'nde Gazihan Akoğlu (2011) HNF bolluğu ile sıcaklık arasında pozitif ( $r = 0.138$ ,  $p < 0.0001$ ), tuzluluk ile ise negatif yönlü ( $r = -0.358$ ,  $p < 0.0001$ ) ilişki rapor etmiştir. Yapılan bu çalışmada benzer durum tespit edilmiş ve HNF bolluk ve biyoması ile sıcaklık arasında pozitif, tuzluluk ile ise negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. HNF'nin pikoplanktonun baskın tüketicisi olduğu düşünülürse, fiziko-kimyasal parametrelerle pikoplankton arasında bulunan ilişkiye benzer bir ilişki bulunması doğaldır. Aynı çalışmada besin elementleri ile HNF arasında da istatistiki açıdan önemli pozitif yönlü ilişkinin varlığı bildirilmiştir. Chl-*a* ile HNF arasında da istatistiki açıdan önemli bir ilişki ( $r = 0.556$ ,  $p < 0.0001$ ) rapor edilmiştir (Gazihan Akoğlu, 2011). Güneydoğu Karadeniz'de yürütülen bu çalışmada Chl-*a* ile HNF arasında yakın kıyı istasyonu arasında bir ilişki bulunamazken, kıyı ve açık istasyonunda bu tip bir ilişki söz konusu olmuştur. Birincil üretime bağlı olarak Chl-*a* konsantrasyonunda meydana gelecek artış sonrası HNF'lerin potansiyel avları olan heterotrofik bakteri biyomasında artış bölgede gözlemlenmiştir. Ancak yakın kıyı istasyonunda kıyısal deşarj noktalarından denizel ortama giren organik maddenin yıl boyu bakteri biyomasını desteklediği, dolayısıyla bu istasyonda mikrobiyal döngü katılımcıları ile Chl-*a* arasında istatistiki açıdan bir ilişki bulunamadığı düşünülmektedir.

#### 4.7. Pikoplankton-Heterotrofik Nanoflagellat Etkileşimleri

Su kolonunun üst kısmının ısınması, termoklinin gelişimi ve karışım tabakasının sığılaşması, buna kompenzasyon ve dolayısıyla kritik derinliğin derinleşmesinin eşlik etmesi, fitoplankton bloomunun başlamasını tetikler. Bu durum fitoplankton büyümesinin kontrol edilemez patlamasıyla sonuçlanır. Fitoplankton artışı ve dolayısıyla zooplanktonun otlaması sonucunda besin ağının mikrobiyal kısmı boyunca organik madde akışı artar. İlkbahar bloomunun ortadan kalkmasının ardından heterotrofik kısmın gelişimi, özellikle mikrobiyal kısım, yani bakteriler, heterotrofik nanoflagellatlar ve mikrozooplankton kombinasyonu arasında gerçekleşen besinsel bağlantılar aktif duruma geçer. Zooplanktonun büyük boylarının seçici otlaması da bu bölümü yönlendirir. Nütrient konsantrasyonundaki düşüşle beraber pikofitoplankton da nano ve mikrofıtoplanktonla rekabete girer. Dolayısıyla ilkbahar fitoplankton bloomunun ardından pikoplanktonun hem ototrofik hem de heterotrofik kısmının yıl içerisindeki en yüksek bolluk değerlerine ulaşması kaçınılmazdır (Kaiser vd., 2005).

Ilıman sularda pikoplankton bolluğu genellikle kışın en düşük değerlerdeyken, yazın en yüksek değerlere ulaşmaktadır (Li, 1998). Pikoplankton bolluğunun özellikle su sıcaklığı ve ortamın besin elementi durumundan etkilendiği ortaya konmuştur (Agawin vd., 2000). Güneydoğu Karadeniz’de yapılan bu çalışmada da pikoplankton dağılımında belirgin mevsimsel farklılıklar gözlenmiştir. Yaz aylarında ve sonbahar başında önceki çalışmalarda rapor edildiği gibi yüksek bolluk değerleri tespit edilmiştir (Agawin vd., 1998; DuRand vd., 2001; Smith vd., 1997; Yuan vd., 2011). Pikoplankton bolluk ve biyomasının baskın katılımcısı literatürle uyumlu biçimde yüzeyde daima heterotrofik pikoplankton olmuştur (Fuhrman, 1989; Yuan vd., 2011). Fengfeng vd. (2012) Doğu Çin Denizi’nde heterotrofik bakteriyi sonbahar ve kış süresince pikoplanktonun baskın katılımcısı olarak rapor etmiş ve sonbaharda heterotrofik kısmın toplam pikoplanktona katılımının % 65.4 ve kışın % 66.3 olarak bildirmişlerdir. Çalışma süresince heterotrofik kısmın toplam pikoplankton biyomasına katılımı bölgede yıl boyu yüzey sularında % 80’nin üzerinde olmuştur. Pan vd. (2006) pikoplanktonun ototrofik kısmının heterotrofik kısmına oranının kıyıda açığa doğru gidildikçe arttığını bulmuşlardır. Aynı çalışmada heterotrofik kısmın kıyı sularında, ototrofik kısmın ise açık sularda baskınlığı rapor edilmiştir. Yapılan bu çalışmada heterotrofik bakteri pikoplanktonun hem kıyı da hem de açık sularda bolluk

bakımından baskın katılımcısı olmuştur. Ototrofik pikoplankton Pan vd. (2006) tarafından rapor edildiği gibi yaz aylarında en yüksek değerlere ulaşmış (PAR derinliğinde) ve kıyıda açığa doğru gidildikçe katılım oranı artmıştır. Karadeniz'in açık sularının nitrat iyonlarınca oldukça fakir olduğu daha önce rapor edilmiştir (Anonim, 1999). Bu nedenle açık deniz alanlarında fotosenteze dayalı mikrofitoplankton üretimi azot bileşenlerince sınırlanmaktadır. *Synechococcus* spp. yüksek yüzey alanı/hacim oranı dolayısıyla, düşük besin elementi kompozisyonlarını bile etkili şekilde kullanabilmesi sayesinde, yaz aylarında mikrofitoplanktonla rekabete girerek bölgede baskın hale gelmiştir. Chesapeake körfezinde yapılan bir çalışmada Şubat-Mayıs döneminde ototrofik pikoplankton üretiminin % 2 kadar olduğu, Mayıs-Haziran döneminde ise ani bir artışla % 20 seviyelerine ulaştığı rapor edilmiştir (Malone vd., 1991). Ototrofik pikoplanktonun ılıman kıyusal sularda yaz fitoplankton üretimine benzer katkıda bulunduğu rapor edilmiştir (Joint ve Pomroy, 1983; Joint vd., 1986; Douglas, 1984). Güneydoğu Karadeniz'de Kopuz vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada ototrofik pikoplankton karbon biyomasının PAR derinliğinde toplam fitoplankton karbon biyomasına hem kıyıda hem de açıkta ~ % 40'lık katılım yaptığını ortaya koymuştur. Bölgede de ilkbahar fitoplankton bloomunun ardından ototrofik pikoplanktonun özellikle öfotik bölge alt derinliğinde üretime ciddi anlamda katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

Suyun vertikal stabilitesi ve öfotik bölge derinliği pikoplankton dağılımını etkileyen en önemli faktörlerdendir (Glover vd., 1986; Miyazono vd., 1992; Fengfeng, 2012). Yapılan önceki çalışmalarda tabakalaşmanın olduğu aylarda 50 m'nin üzerindeki derinliklerde pikoplanktonun homojen dağıldığı ortaya konmuştur (Fengfeng, 2012). Güneydoğu Karadeniz'de yapılan bu çalışmada örnekleme süresince su kolununda pikoplankton öfotik bölge içerisinde en yüksek değerlere sahip olmuştur. Tabakalaşmanın başladığı aylarda bolluk ve biyomas değerleri en yüksek değerlere ulaşmıştır.

Bölgede yapılan önceki çalışmalarda, geç ilkbahar (Mayıs) döneminde kıyı sularında diatomlar, açık sularda ise kokkolitoforlar tarafından yapılan bloomlar söz konusudur. Ekim ayında ise dinoflagellatların sorumlu olduğu sonbahar bloomu rapor edilmiştir. (Ağırbaş, 2010). Fitoplankton tarafından sentezlenen organik maddenin artışına bağlı olarak pikoplankton biyomasındaki artış yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Yıl içerisinde üç istasyonda da pikoplankton yüzey sularında ilki Nisan'da, ikincisi Haziran'da olmak üzere iki kez bloom yapmıştır. Bakteriyel ikincil üretim denizel besin zincirine fagotrofik protozoa tarafından otlama, ayrıca küçük ölçüde kopepodlar ve mukus yiyiciler

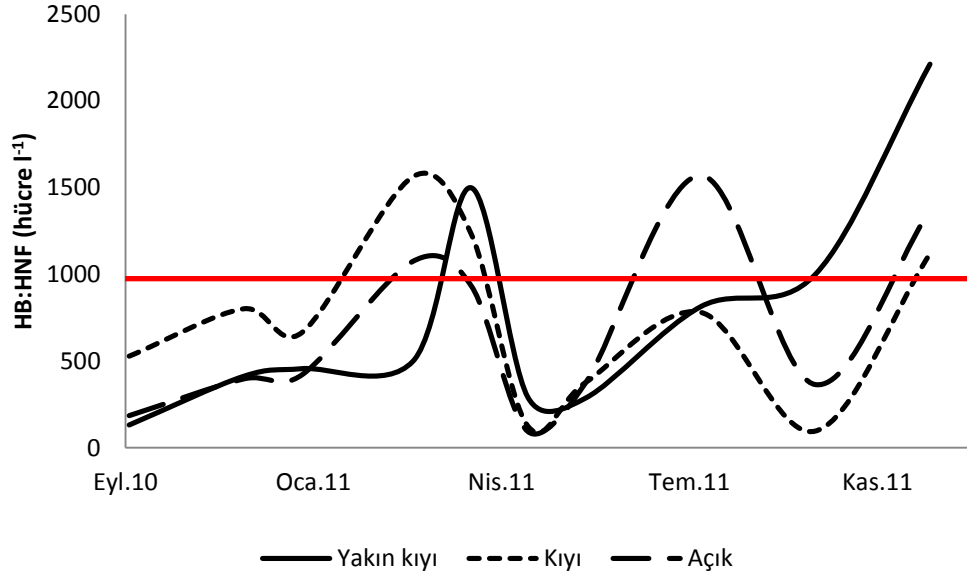
yoluyla girer (Azam vd., 1983). Ancak heterotrofik nanoflagellatlar sucul ekosistemlerde bakteriyel üretimin en yaygın tüketicisidir (Sieburth vd., 1978; Sherr ve Sherr, 1984; Porter vd., 1985; Fenchel, 1987). Heterotrofik nanoflagellatlar yakın kıyı ve kıyı istasyonunda Nisan'da gerçekleşen ilk pikoplankton bloomu ardından Haziran'a kadar artış göstermiştir. Mayıs ayında pikoplankton ise sayıca neredeyse yarı yarıya azalmıştır. HNF'nin kıyısal bölgelerde pikoplankton bloomunu takiben 10-20 gün içerisinde bloom gerçekleştirdiği bilinmektedir (Fenchel, 1988). Bölgede pikoplanktonun HNF tarafından otlandığı, dolayısıyla pikoplanktonda ciddi bir azalma gözlenirken HNF'de artış olduğu görülmektedir. Sistemin Nisan ayında kıyı bölgesinde kararlı hal hattından otlama lehine kaydığı açıktır. Mayıs ve Haziran aylarında bölgede karasal kökenli organik madde girdisi de yükselen deşarj miktarına bağlı olarak artmaktadır. Aynı zamanda Mayıs ayında bölgede beklenen fitoplankton bloomunun gerçekleşmesiyle birincil üretimin göstergesi olarak Chl-a değerleri de artmıştır. Hemen akabinde Haziran ayında pikoplankton yıl içerisindeki ikinci ve en büyük bloomunu gerçekleştirmiştir. Görülmektedir ki, mevsimsel tabakalaşmanın olduğu Haziran ayında artan su sıcaklığının yanı sıra, öfotik bölgede sentezlenen organik madde ve dış kaynaklı organik madde girdisinin de artmasıyla beraber pikoplanktonda ciddi bir artış gözlenmektedir. *Synechococcus* spp.'nin özellikle azotu her formda kullanabildiği ve düşük besin elementi konsantrasyonunda dahi üretim gerçekleştirebildiği ortaya konmuştur (Moore vd., 2002). Besin elementlerinin fitoplanktonca birincil üretimde kullanılmasının ardından, su kolonunda besin elementlerinin ciddi ölçüde azalması ve artan PAR derinliği pikoplanktonun ototrofik kısmını desteklerken, artan organik madde de heterotrofik kısım için substrat kaynağı oluşturmaktadır.

Christaki vd. (2001) tarafından Akdeniz'de yapılan çalışmada heterotrofik bakteri bolluğu ile HNF arasında istatistiki açıdan önemli ilişki bulunmuştur ( $r= 0.610$ ,  $p < 0.001$ ). Aynı çalışmada ototrofik pikoplanktonla HNF arasında da benzer bir ilişki bildirilmiştir ( $r= 0.422$ ,  $p < 0.001$ ). Pan vd. (2006) de Güney Çin Denizi'nde benzer bir ilişkiyi rapor etmişlerdir. Gazihan Akoğlu (2011) Akdeniz Kilikya baseni'nde yaptığı yıllık ölçekteki çalışmasında HNF ile heterotrofik bakteri ( $r = 0.675$ ,  $p < 0.0001$ ) ve *Synechococcus* spp. arasında ( $r= 0.635$ ,  $p < 0.0001$ ) önemli ilişki rapor etmiştir. Çalışma süresince yakın kıyı istasyonu hariç hem ototrofik hem de heterotrofik bakteri ile HNF arasında istatistiki açıdan önemli ilişki bulunmuştur. Şüphesiz ki yakın kıyı bölgesinde pikoplankton üzerinde substrat kaynağı gibi başka faktörlerin baskınlığı söz konusudur. Yapılan bu çalışmada

*Synechococcus spp.* ve heterotrofik bakteri biyoması arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmuştur. Bu durum çözünmüş organik maddeyle arasında sıkı bir ilişki olan heterotrofik bakterilerin (Liu vd., 2002) ototrofik pikoplankton tarafından sentezlenen organik maddeye bağımlılığını da ortaya koymaktadır. Ayrıca karasal kökenli, sedimentten yeniden süspanse olan ve bakterivörlerden gelen ÇOK'da heterotrofik bakteri üzerinde etkilidir (Liu vd., 2002).

Christaki vd. (2001) *Synechococcus spp.* ile Chl-*a* arasında bir ilişkinin ( $r= 0.304$ ,  $p < 0.01$ ) varlığından söz ederken, heterotrofik bakteri ile Chl-*a* arasında istatistiki açıdan önemli bir ilişki bulamamışlardır. Karadeniz'de son yıllarda yapılan çalışmalarda düşük Chl *a* ( $\sim 1 \mu\text{g l}^{-1}$ ) değerleri kaydedilmektedir (Morgan vd., 2006; Ediger vd., 2006). Yapılan bu çalışmada ototrofik ve heterotrofik pikoplanktonun maksimum değerlere ulaştığı yaz ayları esnasında Chl-*a* değerleri de en yüksek değerlere ulaşmıştır. Cheasepeake Körfezi'nde yapılan bir çalışmada yükselen Chl-*a* değerleriyle birlikte HB: HNF oranında azalma rapor edilmiştir (McManus ve Fuhrman, 1988). Davis vd. (1985) tarafından yürütülen başka bir çalışmada da oligotrofikten ötrofiğe doğru geçişte HB: HNF oranında azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Çalışma bölgesinde de benzer durum gözlenmiş ve Chl-*a* değerlerindeki artışa bağlı olarak HB: HNF oranı azalmıştır. Sanders vd. (1992) tarafından yapılan modelleme çalışmasında ise oligotrofik sistemlerde HB: HNF oranının tipik olarak 400-1000 arasında değiştiği, ancak sistemin kararlı hal hattında kalması (büyüme=otlama) için HB: HNF oranının 1000:1 olması gerektiği ortaya konmuştur. Çalışma süresince yüzey sularında HB: HNF oranları incelendiğinde bölgenin Mart ve Nisan aylarında yakın kıyı ve kıyı istasyonunda HB: HNF oranı 1000:1'den büyük olmuştur. Heterotrofik nanoflagellat başına düşen bakteri sayısının artması bakteri popülasyonlarının bu aylarda otlama tarafından kontrol edildiğinin, yani besin zincirinin yukarıdan aşağıya (top-down) yönetildiğinin bir göstergesidir. Aynı dönemde açık istasyonunda ise HB: HNF oranı kararlı hal durumuna yakın değerlerde seyretmiştir, yani sistem denge durumundadır. Aralık 2011'de ise üç örnekleme istasyonunda da sistem yine otlama tarafından yönetilmektedir. Ekim 2011'de yakın kıyı istasyonunda sistem kararlı halde kalmıştır. HB: HNF oranının azaldığı diğer aylarda ise bakteri popülasyonu substrat yani inorganik ve organik madde tarafından sınırlandırılmakta, yani sistem aşağıdan yukarı (bottom-up) doğru yönetilmektedir (Şekil 74). Genellikle bakteriyel üretim ve otlama denge halinde olsa da, yapılan karşılaştırmalı çalışmalarla ötrofik sistemlerde bakterilerin

yukarıdan aşağıya kontrolünün, oligotrofik sistemlerde ise aşağıdan yukarı kontrolünün daha önemli olduğu iddia edilmektedir (Sanders, 1992).



Şekil 74. Örnekleme istasyonlarının yüzey sularında HB: HNF oranlarının dağılımı

#### 4.8. Pikoplankton Üzerindeki Otlama Baskısı

Farklı denizel sistemlerde yapılan birçok çalışmada özellikle 5  $\mu\text{m}$ 'den küçük nanoflagellatların baskın bakterivorler olduğu ortaya konmuştur (Sieburth, 1984; Calbet vd., 2001; Wikner ve Hagström, 1988). Heterotrofik nanoflagellatlar ise büyük boy protozoan ve metazoanların temel besinlerini oluşturarak, pikoplanktonik karbonu daha üst trofik seviyelere iletirler, bu yüzden bakteriyel biyomas ve üretimi potansiyel olarak kontrol ederler (Cleven, 1996; Jürgens vd., 1996). Mikrozooplankton da fitoplankton üretiminin önemli tüketicisi olmasının yanı sıra bakteri populasyonlarını otlamada ve besin elementlerinin rejenerasyonunda önemli rol oynar (Stelfox-Widdicombe vd., 2004).

Tek hücreli cyanobakteri *Synechococcus* spp. hem heterotrofik nanoflagellatlar hem de siliatlar için potansiyel besin kaynağıdır (Sieburth, 1984). Sieburth ve Davis (1982) heterotrofik nanoflagellatlarla pikoplankton arasında sıkı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Heterotrofik nanoflagellatlar günde 1- 2 kere bölünebilirler (Kopylov ve Moiseev, 1980; Sherr ve Sherr, 1983), bu da birçok pikoplanktonik organizmanın

(Bienfang ve Takahashi, 1983) özellikle de *Synechococcus* spp.'nin büyüme hızına benzerdir (Waterbury, 1984; Campbell ve Carpenter, 1986). Büyüme hızlarının benzer olması ortamda sürekli otlama baskısının olduğuna işaretler ve ekosistem bir denge halindedir. Heterotrofik nanoflagellat ve siliatların yanı sıra salpaların ve diğer mukus yiyicilerin de bakterileri tükettiği ortaya konmuştur. King vd. (1980) yaptıkları çalışmada Larvacean *Oikopleura dioica*'nın günlük diyetinin yaklaşık % 25- 50'sinin bakterilerden oluştuğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada küçük hacimli mikrokosm denemeleri yapıldığı için bu tip avcılarının pikoplankton üzerinde olabilecek otlama baskısı göz ardı edilmiştir.

*Synechococcus* spp.'nin Şubat ayında yapılan ilk denemede büyüme hızı 0.03- 0.37 gün<sup>-1</sup> arasında bulunurken, otlama hızı 0.30- 0.83 gün<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Landry vd. (1984) Hawai açık sularında büyüme hızını 0.14- 0.39 gün<sup>-1</sup>, Iturnaga ve Mitchell (1986) oligotrofik Kuzey Atlantik'te ise 0.2- 0.4 gün<sup>-1</sup> arasında bulmuştur. Campbell ve Carpenter'ın (1986) yaptıkları çalışmada ise *Synechococcus* spp. büyüme hızı açık denizde 0-0.35 gün<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Burkill vd. (1993) Hint Okyanusu'nda yürüttükleri çalışmada *Synechococcus* spp.'nin yüksek büyüme hızına (0.5- 1 gün<sup>-1</sup>) sahip olduğunu, aynı zamanda da otlama (0.3- 1.2 gün<sup>-1</sup>) yüzünden yüksek kayıp verdiğini de ortaya koymuşlardır. Tsai vd. (2012) Doğu Çin Denizi'nde yaz aylarında yapılan seyrelme denemelerinde ise *Synechococcus* spp. büyüme hızını 0.72- 5.04 gün<sup>-1</sup>, otlama hızını ise 0.24- 3.12 gün<sup>-1</sup> aralığında rapor etmişlerdir. Bu çalışmada *Synechococcus* spp.'ye ait büyüme hızı oldukça düşük bulunmakla beraber, önceki çalışmalarla benzerlik sergilemektedir. Aralık ayında yapılan denemelerde ise *Synechococcus* spp. büyüme hızı Şubat ayına göre daha yüksek değerlerde seyretmiştir (0.40- 1.24 gün<sup>-1</sup>). *Synechococcus* spp. üzerindeki otlama hızı ise 0.32- 1.54 gün<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. *Synechococcus* spp. için optimum büyüme 28 °C'de gerçekleşir ve ışık doygunluğunda maksimum büyüme  $1.0 \pm 0.1$  gün<sup>-1</sup>'dür (Moore vd., 1995). Şubat ve Aralık aylarında düşük su sıcaklığının (sırasıyla, 7.93 °C ve 9.07 °C) *Synechococcus* spp. büyüme hızını olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Ayrıca ototrofik bakteri büyüme hızı ışık hassasiyeti, viral enfeksiyon tarafından da kontrol edilmektedir (Raven, 2005).

Landry vd. (1984) *Synechococcus* spp. için otlama eşiğini  $60 \times 10^6$  hücre l<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir. Ototrofik pikoplanktonun Şubat ve Aralık ayında yapılan iki denemede de başlangıç konsantrasyonu ( $< 40 \times 10^6$  hücre l<sup>-1</sup>) otlama eşiğinin altında bulunmuştur. Campbell ve Carpenter (1986) seyrelme metodu ve metabolik inhibitör kullanarak yaptıkları otlama denemelerinde benzer bir durumla karşılaşmışlardır. Araştırmacılar hücre

sayısının otlama eşiğinin altında olduğu durumlarda seyrelme metodunun filtrasyona bağlı olarak besin elementleri kompozisyonunda da değişime neden olduğunu, dolayısıyla otlama hızının fazla hesaplanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bunun yanı sıra, Worden ve Binder (2003) ise amonyak ve fosfat ilavesinin *Synechococcus*'un büyüme hızını olumsuz etkilediğini rapor etmişlerdir. Ayrıca besin kalitesinin artmasına bağlı olarak mikrozooplanktonun *Synechococcus* spp. üzerindeki otlama baskısında da artışa neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Eğer heterotrofik nanoflagellatlar besin zincirinde pikoplankton ve daha üst trofik seviyeler arasında önemli bir bağlantı ise, o zaman bu çalışmada bulunan otlama verileri, Azam vd. (1983) tarafından ortaya atılan “mikrobiyal döngü” kavramını desteklemektedir. Şubat ayında yapılan denemelerde hiçbir boy gruplamasının yapılmadığı doğal deniz suyu serisinde büyüme hızı ve otlama hızı arasında bir denge söz konusudur. Sistemin kararlı hal durumunda olduğu açıkça görülmektedir. Yani ortamda ototrofik pikoplanktonun potansiyel avcıları bulunmakta, ama aynı zamanda  $< 75 \mu\text{m}$  ve  $< 20 \mu\text{m}$  altı avcılarda daha büyük boy grubuna dâhil avcıları tarafından tüketilmektedir. Yani mikrobiyal döngü tüm katılımcılarıyla temsil edilmektedir. Pikoplankton Şubat ayında doğal deniz suyu serisinde aktif olarak büyümekte ve büyümeye yakın bir hızla nano ve mikrozooplankton tarafından tüketilerek, mesozoplankton ve daha üst trofik seviyelere aktarılmaktadır.

Mikrofitoplankton üretiminin çok düşük seviyelerde olduğu kış aylarında mikrobiyal döngünün klasik besin zincirini desteklediği açıktır. Avcı boy gruplaması yapılan serilerde ise, heterotrofik nanoflagellat ve siliatların potansiyel avcılarının ortamdaki çekilmesiyle, *Synechococcus* spp. büyüme hızı ciddi bir düşüş sergilemiştir. Yani nano ve mikrozooplankton aktif olarak pikoplanktonu tüketmekte ancak tüketilememektedir. Bu yüzden  $< 75 \mu\text{m}$  ve  $< 20 \mu\text{m}$  serilerinde sistem kararlı hal durumundan uzaklaşıp otlama lehine kaymıştır. *Synechococcus* spp. kayıpları üzerinde HNF otlamasının hem denizel hem de tatlı su sistemlerinde en etkili sebep olabileceği birçok çalışmada rapor edilmiştir (Caron vd., 1991; Weisse, 1993; Christaki vd., 2001). Açıkça görülmektedir ki heterotrofik nanoflagellat ve siliatlar, pikoplankton ve büyük boy otlayıcılar arasında önemli bir bağlantı oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda *Synechococcus*'un kopepod fekal peletlerinde olduğu gibi kaldığı, yani büyük boy zooplankton tarafından sindirilemediği (Silver ve Udredge, 1981; Johnson vd., 1982), aksine flagellatların besin vakuollerinde sindirilmiş olarak bulunduğu rapor edilmiştir (Perkins vd., 1981; Johnson vd., 1982). Bazı çalışmalarda ise kimi flagellatlar (Örn: *Uronema* sp.) tarafından *Synechococcus* spp.'nin



tam olarak sindirilemediği, aksine bazı siliatlar tarafından (Örn: *Strombidinium sulcatum*) etkin şekilde tüketildikleri ortaya konmuştur (Christaki vd. 1999).

Burkill vd. (1993) tarafından Hint okyanusu'nda mikrozooplanktonun *Synechococcus* spp. üzerinde günlük % 31- 71 arasında kayıplara sebep olduğu bildirilmiştir. Christaki vd. (2001) Akdeniz genelinde seyrelme metodu kullanarak yaptıkları çalışmalarında ise, *Synechococcus* spp. stoğu üzerinde günlük otlama baskısını 0.4- 45 gün<sup>-1</sup> arasında rapor etmiştir. Avrupa kıyılarında yaptığı çalışmada Teixeira (2009) ototrofik pikoplankton stoğunun üzerindeki otlama baskısını yıl boyunca yaptığı denemelerde % 11-69 arasında değiştiğini bildirmiştir. Güneydoğu Karadeniz'de yapılan bu çalışmada *Synechococcus* spp. stoğu üzerindeki otlama baskısı günlük %15- 78 arasında değişim göstermiştir. *Synechococcus* spp. stoğu üzerinde meydana gelen günlük otlama kayıpları, Christaki vd.'nin (2001) Akdeniz'de yaptığı çalışma hariç, diğer çalışmalarla uyum içerisinde bulunmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda kimi HNF türlerinin, düşük besin kalitesine sahip bazı *Synechococcus* türlerini tüketmediği ortaya konmuştur (Christaki vd., 2002). Denizel ortamda *Synechococcus* spp. farklı boyut, form ve beslenme mekanizmasına sahip heterotrofik protistler tarafından tüketilmektedir (Christaki vd., 2002). Şubat denemelerinden elde edilen sonuçlara göre, ototrofik pikolankton stoğu ve üretimi üzerinde en etkili grup HNF olmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda küçük heterotrofik nanoflagellatların *Synechococcus* spp.'nin baş tüketicisi olduğu vurgulanırken (Caron vd., 1999; Christaki vd., 2001; ), kimi çalışmalarda ise dinoflagellat, küçük (< 20 µm) ve büyük siliatlar ve Appendicularianların HNF'den daha önemli tüketicisi oldukları da öne sürülmektedir (Dolan ve Simek, 1999; Quevodo ve Anadón, 2001). Aralık ayında yapılan denemelerde ise doğal deniz suyu ve < 75 µm serileri *Synechococcus* spp. stoğu üzerinde en yüksek kayıplara neden olmuştur. Şubat ayında besin zincirinde özellikle HNF mesozooplanktona giden ana bağlantı olurken, Aralık ayında ise siliatların rolü büyük olmuştur. Ancak tüm seriler incelendiğinde mesozooplanktonun yukarıdan aşağıya kopepod, siliat, heterotrofik nanoflagellat ve ototrofik bakteriye kadar kademeli kontrolü söz konusudur. < 20 µm serisinden doğal deniz suyu serisine kadar her bir seride görülmektedir ki, ortamdan avcısı çekilen grubun, kendi avına baskısı artmaktadır. Güneydoğu Karadeniz'de mikrobiyal döngü katılımcıları mesozooplanktona giden bağlantıda aktif olarak yer almaktadır. Hiçbir boy grubu ayırımı uygulanmayan doğal deniz suyu serisinde deneysel noktalar kararlı hal durumuna yakındır. Yani dikey karışımların

başladığı ve en düşük su sıcaklıklarının ölçüldüğü Şubat ayında, besin zincirinde mikrobiyal temelli olarak enerji akışı sağlandığı görülmektedir.

Nano ve mikrozooplanktonun pikoplanktonun ana katılımcısı olan heterotrofik bakteri üzerindeki otlama baskısı yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Weisse (1989) Kızıldeniz’de metabolik inhibitör kullanarak yaptığı otlama deneylerinde bakteriyel büyüme hızını  $0.33- 2.32 \text{ gün}^{-1}$ , otlama hızını ise  $0.24- 2.59 \text{ gün}^{-1}$  arasında bulmuştur. Christaki vd. (2001) tarafından Akdeniz genelinde seyrelme metodu kullanarak yaptıkları çalışmalarında bakteri büyüme hızı  $0.11- 0.36 \text{ gün}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Choi vd. (2001) Karayip Denizi’nde yaptıkları çalışmada heterotrofik bakteri büyüme hızının  $0.38- 0.85 \text{ gün}^{-1}$ , otlama hızının ise  $0.23- 0.77 \text{ gün}^{-1}$  arasında değiştiğini rapor etmiştir. Tsai vd. (2012) Doğu Çin Denizi’nde yaptıkları seyrelme denemelerinde heterotrofik bakteri büyüme hızının  $0.57- 5.76 \text{ gün}^{-1}$  arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada otlama hızı  $0.48- 4.56 \text{ gün}^{-1}$  arasında tespit edilmiştir. Güneydoğu Karadeniz’de yapılan bu çalışmada heterotrofik bakteri büyüme hızı  $0.19- 1.11 \text{ gün}^{-1}$ , otlama hızı ise  $0.30- 1.41 \text{ gün}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir.

Şubat ayında gerçekleştirilen otlama deneylerinde heterotrofik bakteri büyüme hızı  $0.13- 0.66 \text{ gün}^{-1}$ , otlama hızı ise  $0.30- 0.80 \text{ gün}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. En düşük büyüme hızı ortamda yalnızca otlayıcı olarak HNF’nin bırakıldığı seride tespit edilirken, en yüksek büyüme hızı ise Siliat+HNF birlikteliğinin avcı olarak bulunduğu serilerde gerçekleşmiştir. Görülmektedir ki, HNF bakteriyi aktif olarak otlamakta ve üzerindeki baskı dolayısıyla bakteri aktif olarak büyümemektedir. Ancak ortamda HNF’nin tüketicisi siliatlarda bulunduğu zaman, HNF’nin de otlaması suretiyle bakteri büyüme hızı artış sergilemektedir. Heterotrofik bakteri sıcaklıktan  $14 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’nin altına düştüğünde direkt olarak etkilenmektedir (Li, 1998). Yapılan mikrokosm deneyleri sırasında da yıl içerisinde en düşük su sıcaklığının kaydedildiği Şubat ayında, otlama baskısının yanı sıra düşük su sıcaklığının da büyüme hızını olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

Haziran ayında artan su sıcaklığı ile birlikte yüksek büyüme hızına ( $0.77- 0.91 \text{ gün}^{-1}$ ) yüksek otlama hızı ( $1.08- 1.35 \text{ gün}^{-1}$ ) eşlik etmiştir. Heterotrofik bakteri aktif olarak tüketilmekte ve üzerindeki otlama baskısını karşılayarak aktif olarak büyümektedir. Sistemde herhangi bir kaynak sınırlamasının olmadığı açıktır. Bakteriyel üretim nano ve mikrozooplankton tarafından üst basamaklara birçok faktör tarafından etkilenen karmaşık bir süreç yoluyla aktarılmaktadır. Dolayısıyla yüksek büyüme ve otlama hızı enerji

transferindeki yüksek kayıpları işaret ediyor olabilir. Yüksek verimlilikte enerji transferi için büyüme ve otlama arasında denge olması istenir (Christaki, 2001).

Aralık ayında gerçekleştirilen mikrokosm deneylerinde heterotrofik bakteri büyüme hızı 0.66- 1.11 gün<sup>-1</sup>, otlama hızı ise 0.27- 1.41 gün<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Aralık ayında ortamda yalnızca avcı olarak HNF bırakılan seri hariç, tüm serilerde otlama hızı, bakteri büyüme hızını geçmiştir. Yapılan deneme sonuçlarına göre Aralık ayında HNF otlama hızı bakteri büyüme hızına yetişememiştir. Sıcaklık direkt olarak HNF otlamasını ve bakteriyel üretimi dolaylı olarak da bakteri biyomasını etkilemektedir (Peters, 1994; Montagnes vd., 2003). Ayrıca yapılan çalışmalarda HNF'nin tercih olarak aktif bakteri popülasyonlarını tercih ettiği, düşük metabolik aktiviteye sahip ya da hareketsiz durumda olan bakteri popülasyonları üzerinde ise otlama baskısının az olduğu ortaya konmuştur (del Giorgio vd., 1996). Evans ve Wilson (2008) yaptıkları çalışmada bazı tip viral infeksiyonların da avcılarının seçici beslenmesini arttırabileceğini ortaya koymuşlardır.

Yapılan bu çalışmada heterotrofik bakteri stoğu üzerinde yıl boyu otlama baskısı % 23- 76 arasında değişim göstermiştir. Bouvier vd. (1998) Karadeniz'in Ukrayna kıyılarında gerçekleştirdikleri çalışmada nanoflagellatların kıyından uzaklaştıkça biyomaslarının artmasına karşılık, bakteri popülasyonu üzerindeki otlama baskısının azaldığı rapor etmiştir. Aynı bölgede nanoflagellatların % 88- 96 oranında bakteri otlamasından sorumlu oldukları, küçük boyutlu siliatların ise bakteri kayıpları üzerinde etkisinin % 12 kadar olduğu da rapor edilmiştir. Christaki vd. (2001) heterotrofik bakteri üretimi üzerinde HNF otlama baskısını günlük % 42- 170 arasında, rapor etmiştir. Karayip Denizi'nde Choi vd. (2001) bakteri biyomasının günde % 80'inin bakterivorler tarafından otlandığını ortaya konmuştur. Becquevort vd. (2002) ise Karadeniz'in kuzeybatı kıta sahanlığında yaptıkları çalışmada, kıyısız bölgede siliatların HNF üzerinde ciddi kayıplara neden olduğunu, dolayısıyla kıyından açıldıkça HNF'nin bakteri stoğu üzerindeki baskısının arttığını bildirmiştir. Güneydoğu Karadeniz kıyısız bölgesinde yapılan bu çalışmada da kıyısız bölgede HNF'nin yanı sıra siliatların da bakteri popülasyonları üzerinde önemli kayıplara neden olduğu ve üst besinsel seviyelere enerji aktarımında büyük rol oynadığı görülmektedir.

Mikrobiyal biyomas, net büyüme hızı ve/veya büyüme ile otlama arasındaki dengeye bağlı olarak değişim gösterir (Banse, 1992). Ayrıca, ışık, besin elementleri ve sıcaklıkta büyümeyi etkileyerek biyomas üretiminin üst sınırını belirler. Güneydoğu Karadeniz'de yürütülen bu çalışmada elde edilen bilgiler ışığında mikrobiyal besin ağının

yıl boyunca aktif olduğu görülmektedir. Bu sonuç düşük sıcaklık değerlerinde mikrobiyal besin zincirinin inaktif olduğu görüşüyle örtüşmemektedir (Pomeroy ve Deibel, 1986; Pomeroy ve Wiebe, 1988). Ancak Rich vd. ve Sherr vd. tarafından Arktik Okyanusu'nda ve Putland tarafından Atlantik Okyanusu'nun Kanada kıyılarında yapılan çalışmalarda heterotrofik bakteri ve mikrozooplanktonun düşük sıcaklıklarda bile aktif oldukları rapor edilmiştir (Rich vd., 1997; Sherr vd., 1997; Putland, 2000). Yapılan birçok çalışmada artan substrat seviyesinin, sıcaklığın bakteri büyümesi üzerindeki baskılayıcı etkisini azalttığı öne sürülmüştür (Pomeroy vd., 1991; Wiebe vd., 1992; Pomeroy ve Wiebe, 1993; Wiebe vd., 1993). Substrat yıl boyu fitoplanktondan salınma yoluyla (Bird ve Kalff, 1984; Cole vd., 1988; Ducklow ve Carlson, 1992), viral lisis yoluyla (Proctor ve Fuhrman, 1990; Fuhrman ve Noble, 1995) ve zooplankton tarafından boşaltım, fekal pelet ya da beslenme aktivitesinin (sloppy feeding) sonucu (Roman vd., 1988; Jumars vd., 1989; Harrison, 1992; Ferrier-Pagès ve Rassoulzadegan, 1994) ve nehir girdisi yoluyla karalardan ortama bırakılabilmektedir. Bölgede düşük sıcaklıklarda dahi bakterilerin aktif olarak büyümesinin ortamın yüksek substrat seviyesine bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Heterotrofik bakterilerin *Synechococcus* spp.'ye göre hidrografik değişimlere daha az duyarlı olduğu ve otlamaya karşı adaptasyon mekanizmalarına sahip oldukları ortaya konmuştur (Tsai vd., 2012). Bölgede mikrobiyal döngünün ana katılımcısı kış ve yaz aylarında heterotrofik bakteri olmuş ve üst besinsel seviyelere enerji aktarımında aktif rol oynamıştır. Heterotrofik nanoflagellatların seçici beslendiği yapılan birçok çalışmayla ortaya konmuştur. Tsai vd. (2012) yaptıkları çalışmada heterotrofik bakterilerin HNF karbon tüketimine *Synechococcus* spp. 'den daha fazla katılım yaptığını ortaya koymuşlardır. Yapılan bu çalışmada da pikoplankton katılımcıları üzerindeki otlama kayıpları incelendiğinde, nano ve mikrozooplanktonun yıl boyunca heterotrofik bakterinin üzerindeki baskısı *Synechococcus* spp. üzerindeki otlama baskısından fazla olmuştur.

Oligotrofik sistemlerde hesaplanan otlama kayıpları genellikle bakteri büyüme hızından fazlayken, ötrofik sistemlerde ise otlama kayıpları sıklıkla bakteri üretim hızından önemli ölçüde düşük olmaktadır (Gasol vd., 2002). Çalışma süresince gerçekleştirilen üç mikrokosm sonucunda, hiçbir boy gruplamasının yapılmadığı doğal deniz suyu serisinde otlama hızı hem ototrofik hem de heterotrofik bakteri büyüme hızından yüksek bulunmuştur. Çalışma süresince kaydedilen düşük besin elementleri ve HB:HNF oranlarında göz önünde bulundurulursa, deneme yapılan aylarda pikoplanktonun kaynak tarafından sınırlandırıldığı görülmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Bir zamanlar zengin biyolojik çeşitlilik ve balık potansiyeline sahip olan Karadeniz ekosistemi son 40 yılda ortaya çıkan bir dizi iklimsel ve insan kaynaklı etkenlerden dolayı günümüzde son derece sağlıklı bir görüntü çizmektedir (Mee, 1992). Bu değişime neden olan etkenlerin başında nehir sularının aşırı kirlenmesi, nehirler üzerine kurulan barajlar sonucu Karadeniz'e tatlı su girdisinin azalması ve bu suların kimyasal özelliklerin değişmesi, besin değeri olmayan ve diğer denizlerden gelen bazı canlı türlerinin Karadeniz ekosisteminde baskın hale gelmesi olarak sıralanabilir.

Karadeniz yüzey suyu sıcaklığı 1983-1992 periyodunda soğuma eğilimi gösterirken, 1993-2002 periyodunda ise ısınma eğilimi göstermektedir (Ginzburg vd. 2008). Güneydoğu Karadeniz'de çalışma süresince kaydedilen ortalama yüzey suyu sıcaklıkları yakın zamanda bölgede yapılmış çalışmalarla karşılaştırıldığında, bölgenin çalışma süresince ısınma eğiliminde olduğu görülmektedir. Çalışma sonucu elde edilen ÇO profilleri incelendiğinde, Karadeniz genel ÇO profili ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Suboksik ve anoksik tabakanın başlangıç sınırları yıl içerisinde değişim göstermekle birlikte, tutarlı biçimde basen genelinde belirlenen sigma-t derinliklerine denk gelmiştir. Sonuç olarak çalışma bölgesi içinde anoksik tabakanın bölgesel değişimler göstermeyerek sigma-t 16.2 derinliğinde sabit kaldığı anlaşılmaktadır. Kış aylarında yüzeyde okunan yüksek ÇO değerleri, yaz aylarında mevsimsel termoklin üst sınırında okunmuş ve 400  $\mu\text{M}$ 'ün üzerine çıkmış ve aynı derinlikte *Synechococcus spp.* bloomu meydana gelmiştir. *Synechococcus spp.* ve ÇO arasında bulunan istatistiki açıdan önemli ilişki de göz önünde bulundurulduğunda, bu derinlikte okunan yüksek ÇO değerlerinden ototrofik pikoplanktonun sorumlu olduğu düşünülmektedir. Tuzluluk değişimleri incelendiğinde ise bölgede, yüzeyde daha az tuzlu suların (‰ 16.5- 17.5) yer aldığı, derinlikle beraber daha yoğun tuzlu (‰ 21) suların bulunduğu Karadeniz'in genel karakteristiğine uyan bir su kütlesi karşımıza çıkmaktadır. En yüksek Chl-a değerleri örnekleme süresince yüzeyaltı derinliklerde belirlenmiştir. Işığın yaklaşık %20'ye hatta % 1'e indiği derinliklerde belirlenen en yüksek klorofil değerleri, düşük ışık düzeyine adapte olmuş fitoplankton türlerini akla getirmektedir. Ototrofik pikoplankton *Synechococcus spp.*'ye ait büyük ve yoğun pigment içeriğine sahip hücreler genellikle PAR derinliğinde

belirlenmiştir. *Synechococcus* spp. bölgede Chl-*a* konsantrasyonuna bu derinliklerde katkı yapmaktadır. *Synechococcus* spp.'nin Chl-*a* konsantrasyonu  $1 \mu\text{g l}^{-1}$  altında olduğunda fitoplankton biyomasına katılımının yüksek olduğu bilinmektedir. Çalışma süresince bölgede birkaç ay dışında (Mayıs ve Haziran) Chl-*a* konsantrasyonu  $1 \mu\text{g l}^{-1}$  altında seyretmiştir. Dolayısıyla bu dönemler dışında ototrofik pikoplanktonun birincil üretime katkısının yüksek olduğu düşünülmektedir.

Güneydoğu Karadeniz'de gerçekleştirilen bu çalışmada, yoğun karasal deşarjın olduğu birkaç ay dışında, bölge düşük besin elementi konsantrasyonu ile karakterize olmuştur. Ignatiades vd., (1992), denizel ortamı besin elementleri yönünden sınıflandırarak verimliliğini ortaya koymuştur. Buna göre fosfat açısından  $0.02- 0.09 \mu\text{M}$  arası konsantrasyona sahip sular oligotrofik,  $0.09- 0.34 \mu\text{M}$  arası mesotrofik ve  $> 0.34 \mu\text{M}$  olan sular ötrofik olarak kabul edilmiştir. Özellikle son yıllarda bölgede ana deşarj noktaları olan nehirler üzerine kurulan barajların bekletme havuzlarında besin elementlerinin fitoplankton tarafından hızlı bir şekilde kullanıldığı, bu yüzden özellikle kıyısal bölgelerde çok düşük konsantrasyonlara sahip olan fosfatın, sınırlayıcılığının daha da arttığı düşünülmektedir. Benzeri bir sınıflandırma toplam azot miktarına (nitrit, nitrat ve amonyak) göre yapıldığında; oligotrofik sular için  $0.59- 1.17 \mu\text{M}$ , mesotrofik sular için  $1.17- 1.69 \mu\text{M}$  ve ötrofik sular için ise  $> 1.69 \mu\text{M}$  olarak belirlenmiştir. Çalışma bölgesi bu sınıflandırma göz önünde bulundurularak değerlendirildiğinde, Nisan, Ağustos ve Aralık aylarında nitrat+nitrit bakımından zengin olduğu, ancak yıl geneline bakıldığında bölgenin büyük ölçüde besin elementlerince sınırlandırıldığı görülmektedir.

Yapılan birçok çalışmada, besin zinciri fitoplankton yerine heterotrofik bakteriye dayanıyorsa enerji akışı ya da besin zinciri verimliliğinin önemli ölçüde düştüğü bildirilmiştir (Azam vd., 1983; Ducklow vd., 1986; Fenchel, 1988; Sommer vd., 2002; Landry ve Calbet, 2004), birkaç çalışmada ise bunun aksi durum ortaya konmuştur (Koshikawa vd., 1996; Havens vd., 2000). Besin zinciri verimliliği mesozooplankton üretimi başına düşen bazal üretim olarak tanımlanır ve fitoplankton temelli besin zincirinde % 20- 30 iken (Straile, 1997) bakteri temelli besin zincirinde yaklaşık % 2'dir (Ducklow vd., 1986). Dolayısıyla heterotrofik bakteri bazal üretimde baskın olduğunda besin zinciri verimliliği yaklaşık 10 kat azalmaktadır. Açık denizde yapılan çalışmalarda bu farkın 5- 6 kat olabileceği hesaplamalar sonucu ortaya konmuştur (Landry ve Calbet, 2004). Fitoplankton tabanlı besin zincirinin, bakteri tabanlı besin zincirine dönüşmesinin beklenen sonuçlarından biri balık stoklarında meydana gelecek düşüştür. Son yıllarda küresel ısınma

senaryosunun bir sonucu olarak artan yağış miktarı ile birlikte karasal kaynaklı organik madde girişi artmış olabilir. Kuzey Baltık Denizi'nde yapılan çalışmalarda son yıllarda artan toplam organik karbon deşarjı dolayısıyla besin zincirinin bir dereceye kadar bakteriler tarafından gerçekleştirilen ikincil üretim temelli olduğu iddia edilmektedir (Zweifel vd., 1995; Rolff ve Elmgren, 2000; Sandberg vd., 2004). Aynı zamanda artan hümik madde miktarına bağlı olarak ışık geçirgenliğinin azalması da fitoplankton üretimini etkileyecektir. Olası bir durum Karadeniz içinde geçerlidir. Yıl geneline bakıldığında nehirlerin taşıdığı organik madde yükü denize ulaşmasına karşılık, taşıdığı besin elementlerindeki düşüş göze çarpmaktadır. Pikoplanktonun özellikle oligotrofik okyanus alanlarında ve ılıman fakat besin elementlerince fakir kıyısal alanlarda baskınlığı söz konusudur.

Bölgede Mayıs ayında gerçekleşen mikrofitoplanktonun sorumlu olduğu bloom ardından besin elementleri önemli ölçüde düşüş göstermektedir. Bu bloomun ardından bölgede besin zincirinde karbon akışının mikrobiyal tabanlı olarak sağlandığı ve HNF'nin bunu mesozooplanktona aktarmada önemli bir bağlantı olduğu görülmektedir. Pikoplankton ile HNF arasında bulunan önemli istatistikî ilişki de aralarındaki besinsel ilişkinin önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada yıl boyu heterotrofik nanoflagellatlar kadar siliatların da otlamasının bakteriyel üretim ve stoklar üzerinde önemli olduğu ortaya konmuştur. Bakteri popülasyonu aktif olarak büyümüş ve özellikle yaz aylarında yüksek otlama baskısını karşılayabilmiştir. Yaz aylarında bölgede heterotrofik bakterilerin organik madde alımını hızlı şekilde biyokütleyle çevirdikleri ve Güneydoğu Karadeniz kıyısal ekosistemi karbon döngüsünde mikrobiyal döngünün önemli rol oynadığı ortaya konmuştur.

Bölgede *Synechococcus* spp. ve heterotrofik bakteri yıl içerisinde iki kez bloom gerçekleştirmiş, yılın diğer aylarında ise hemen hemen aynı seviyelerde seyretmiştir. Heterotrofik bakteri pikoplanktonun yıl boyunca yüzey sularında hem bolluk hem de biyomas bakımından baskın katılımcısı olmuştur. İlkbahar fitoplankton bloomunu takiben artan organik madde miktarına bağlı olarak heterotrofik bakteri bolluğundaki artış meydana gelmiştir. Heterotrofik bakteri artışıyla eş zamanlı olarak aktif tüketicisi heterotrofik nanoflagellatlar da bloom gerçekleştirmiştir.

Heterotrofik bakteri karbon biyoması kıyıda doğru gidildikçe azalmıştır. Açık bölgede gerçekleşen birincil üretimin düşük besin elementi konsantrasyonuna bağlı olarak, kıyısal bölgede gerçekleşen üretimden daha düşüktür. Dolayısıyla heterotrofik bakteri

üzerinde kıyasal sularda otlama baskısı kontrol edici güç olarak karşımıza çıkarken, açık sularda ise kaynak sınırlayıcılığının etkisi göze çarpmaktadır.

Bölgede Otorofik bakteri toplam pikoplankton biyomasına en yüksek katılımı yaz aylarındadır ve termoklin üst sınırı ile çakışan öfotik bölge alt derinliğinde bloom yapmıştır. *Synechococcus* spp. bolluk ve biyoması heterotrofik bakterinin aksine kıyıda açığa doğru gidildikçe artmıştır. Düşük besin elementi konsantasyonlarını bile aktif şekilde kullanabilen *Synechococcus* spp., açığa doğru gidildikçe avantajlı hale geçmiştir. Bölgede yaz aylarında termoklin üst sınırında gözlenen yüksek ÇO değerlerinden ototrofik pikoplankton sorumludur.

Heterotrofik bakteri Karadeniz için mikrobiyal döngünün dinamik ve denge halindeki ana katılımcısıdır. Yıl boyunca büyümekte aynı zamanda da aktif olarak tüketilmektedir. Deney sonuçlarına göre, heterotrofik bakteri üzerindeki otlama baskısı *Synechococcus* spp. üzerindeki daha fazla olmuştur. Bölgede predatörler tarafından heterotrofik bakterinin öncelikli olarak tüketildiği bulunmuştur. Heterotrofik nanoflagellatlar ve siliatlar güneydoğu Karadeniz kıyasal ekosisteminde mikrobiyal temelli enerji akışında önemli role sahiptirler. Ayrıca bu tip dinamik bir sistemde mikrobiyal otlama dolaylı yoldan besin elementi rejenerasyonunu desteklemektedir. Bölgede fitoplankton bloomunun gerçekleştiği birkaç dönem dışında besin zincirinin mikrobiyal temelli olduğu bulunmuştur. Fitoplankton bloomunun gerçekleştiği ve Chl-a değerlerinin arttığı dönemlerde besin zincirinin yukarıdan aşağıya (top-down) yönetildiği, yani avcının avını kontrol etmesi söz konusudur. Yılın genelinde ise ekosistemin mikrobiyal tabanlı bir besin zincirine sahip olduğu ve aşağıdan yukarı (bottom-up) yönetildiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan bu çalışma ile besin zincirinin daha küçük boy organizma gruplarına kaydığı ve besin zincirinin uzadığı ortaya konmuştur. Bu durumun balıkçılığa kadar uzanan enerji aktarımında kayıplara neden olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle balık populasyonlarındaki azalmanın aşırı avcılık yanında, besin zincirindeki uzamaya, dolayısıyla enerji transferindeki kayıplara bağlı olabileceği düşünülmektedir.



## 6. ÖNERİLER

Karadeniz'in sağlığında meydana gelen bozulmaların bir sonucu olarak ekosistemin işleyiş şekli ve temel parametreleri anlama konusunda kuvvetli bir gereksinim hissedilmektedir. Üretimde önemli rol oynayan besin tuzu çevrimini ve üretkenliğin temel elemanlarını anlama amacı ile basen-genişliğine yayılmış, eş zamanlı çalışmalar ile hidrodinamik/kimyasal/biyolojik modeller oluşturulmalı ve ekosistem çok yönlü olarak değerlendirilmelidir. Karadeniz pelajik besin zincirinin tüm besinsel seviyeleri irdelenerek, dinamikleri ortaya konulmalı ve tüm ekosisteme uyarlanmalıdır.

Birçok denizel ortamda önemi vurgulanmış olan diğer bir pikoplankton katılımcısı olan *Prochlorococcus* ancak flowcytometre gibi gelişmiş cihazlarla tespit edilebilmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada göz ardı edilmiştir. Ancak Karadeniz'deki mevcut durumu ve besin zincirindeki yerinin anlaşılması için, bu organizma grubunu da içine alacak izleme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda bakterivor tüketici aktivitesinin yanı sıra bakteri stoğu üzerindeki kayıplardan sorumlu diğer bir faktör olan viral bolluk ve aktivitede araştırılmalıdır.

Son yıllarda nehirler üzerine kurulan barajlarda ve Hidro Elektrik Santrallerinin su tutma havuzlarında besin elementleri denize ulaşmadan önce birincil üreticiler tarafından tüketilmektedir. Ekolojik dengenin bozulmaması adına bu tip havuzlarda uzun süreli su tutulması engellenmeli ve kontrolü sağlanmalıdır.

## 7.KAYNAKLAR

- Agawin, N., S., R., Duarte, C., M. ve Agustí, S., 1998. Growth and abundance of *Synechococcus* ssp. in a Mediterranean Bay: seasonality and relationship with temperature, Marine Ecological Progress Series, 170, 45- 53.
- Agawin, N., S., R., Duarte, C., M. ve Agustí, S., 2000. Nutrient and temperature control of picoplankton to phytoplankton biomass and production, Limnology and Oceanography, 45, 3, 591- 600
- Ağırbaş, E., 2010. Güneydoğu Karadeniz’de pigment konsantrasyonu ve birincil üretimin çevre koşulları ile etkileşimi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Anonim, 1989. Ulusal Deniz Ölçme ve İzleme Programı Doğu Karadeniz Alt Projesi 1988 Dönemi Yıllık Raporu, Proje No: DEBÇAĞ-47/G, ODTÜ, İçel.
- Anonim, 1990. Ulusal Deniz Ölçme ve İzleme Programı Doğu Karadeniz Alt Projesi 1989 Dönemi Yıllık Raporu, Proje No: DEBÇAĞ-58/G, ODTÜ, İçel.
- Anonim, 2000. Türk Denizleri, Ulusal Deniz Araştırmaları Programı: 1997-2001 Akdeniz Marmara Denizi ve Boğazlar Sistemi, Karadeniz Atmosfer Alt Projeleri 1995-1999 Dönemi Sentez Raporu, Editörler: İlkey Salihoğlu, Erhan Mutlu, ODTÜ, İçel.
- Anonim, 2008. State of the Environment of the Black Sea (2001 - 2006/7), Edited by Temel Oğuz. Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC) 2008-3, Istanbul, Turkey, 448 pp.
- Azam, F., Fenchel, T., Field, J., G., Gray, J., S., Meyer-Reil, L., A. ve Thingstad, F., 1983. The ecological role of water column microbes in the sea, Marine Ecological Progress Series, 10, 257- 263.
- Banse, K., 1992. Grazing, temporal changes of phytoplankton concentrations, and the microbial loop in the open sea, In Falkowski,P.G. and Woodhead,A.D. (eds), Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea, Plenum Press, New York, 409- 440.
- Baştürk, Ö., Saydam, C., Salihoğlu, İ., Eremeva, L. V., Konovalov, S., K., Stoyanov, A., Dimitrov, A., Cociasu, A., Dorogan, L.ve Altabet, M., 1994. Vertical Variation in the Principle Chemical Properties of Black Sea in the Autumn of 1991, Marine Chemistry, 45, 149- 165.

- Baştürk, Ö., Tuğrul, S., Konovalov, S. ve Salihoğlu, İ., 1997. Variations in the vertical structure of water chemistry within the three hydrodynamically different regions of the Black Sea. In: Özsoy, E., Mikaelyan, A. (Eds.), *Sensitivity To Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 183-196.
- Bat, L., Sezgin, M., Satilmis, H. H., Sahin, F., Üstün, F., Birinci Özdemir, Z. ve Gökkurt Baki, O., 2011. Biological Diversity of the Turkish Black Sea Coast, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 683- 692.
- Bayındırlı, C., 2007. Monthly changes in the abundance and biomass of picoplankton (cyanobacteria *Synechococcus* & heterotrophic bacteria) in the Cilician Basin (Eastern Mediterranean), Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Becquevort, S., Bouvier, T., Lancelot, C., Cauwet, G., Deliat, G., Egorov, V., N. ve Popovichev, V., N., 2002. The seasonal modulation of organic matter utilization by bacteria in the Danube–Black Sea mixing zone, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54, 337- 354.
- Bell, T. ve Kalff, J., 2001. The contribution of picophytoplankton in marine and freshwater systems of different trophic status and depth, *Limnology & Oceanography*, 46, 1243- 1248.
- Bergh, O., Borsheim, K., Y., Bratbak, G. ve Heldal, M., 1989. High abundance of viruses found in aquatic environments, *Nature*, 340, 467- 429.
- Besiktepe, S., T., Unluata, U. ve Bologna, A., S., 1999. Environmental Degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies, NATO Science Series, 2/56. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 393.
- Bienfang, P., K. ve Takahashi, M., 1983. Ultraplankton growth rates in a subtropical ecosystem, *Marine Biology*, 76, 213- 218.
- Bird, D., F. ve Kalff, J., 1984. Empirical relationships between bacterial abundance and chlorophyll concentration in fresh and marine waters, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41, 1015- 1023.
- Bird, D., F. ve Karl, D., M., 1991. Microbial biomass and population diversity in the upper water column of the Black Sea, *Deep-Sea Research*, 38, 1069- 1082.
- Bodeanu, N., 1989. Algal Blooms and Development the Marine Phytoplankton Species at the Romanian Black Sea Littoral Under Eutrophication Conditions, *Cercetari Marine*, 22, 107- 125.
- Bologna, A., S., 1985. Methodological Investigations on the <sup>14</sup>C uptake for Planktonic Primary Productivity Estimates, *Rapports et Procès-verbaux des réunions Conseil international pour l'exploration de la Mer Méditerranée*, 29, 9, 147- 150.

- Bologa, A., S., 1986. Planktonic Primary Productivity of the Black Sea: A Review, Thalassia Jugoslavica, 1- 22.
- Bonilla-Findji, O. Hernd, G., J., Gattuso, J., P. ve Weinbauer, M., G., 2009. Viral and Flagellate Control of Prokaryotic Production and Community Structure in Offshore Mediterranean Waters, Applied and Environmental Microbiology, 75, 4801- 4812.
- Borsheim, K., Y. ve Bratbak, G., 1987. Cell volume to carbon conversion factors for a bacterivorous *Monas* sp. enriched from seawater, Marine Ecological Progress Series, 36, 171- 175.
- Bosak, S., Šilović, T., Ljubešić, Z., Pestorič, B., Krivokapić, S. ve Viličić, D., 2012. Phytoplankton size structure and species composition as an indicator of trophic status in transitional ecosystems: the case study of a Mediterranean fjord -like karstic bay, Oceanologia, 54, 2, 255- 286.
- Bouvier, T., Becquevort, S. ve Lancelot, C., 1998. Biomass and feeding activity of phagotrophic mixotrophs in the Northwestern Black Sea during the summer of 1995, Hydrobiologia, 363, 289- 301.
- Burkill, P., H., Leakey, R., J., G., Owens, N., J., P. ve Mantoura, R., F., C., 1993. *Synechococcus* and its importance to the microbial foodweb of the northwestern Indian Ocean, Deep Sea Research Part II, 40,3, 773- 782.
- Calbet, A., Landry, M., R. ve Nunnery, S., 2001. Bacteria-flagellate interactions in the microbial food web of the oligotrophic subtropical North Pacific, Aquatic Microbial Ecology, 23, 283- 292.
- Calvo-Díaz, A., Anxelu, X. ve Morán, G. 2006. Seasonal dynamics of picoplankton in shelf waters of the southern Bay of Biscay, Aquatic Microbial Ecology, 42, 159- 174.
- Campbell, L.ve Carpenter, E., J., 1986. Diel patterns of cell division in marine *Synechococcus* spp. (Cyanobacteria use of the frequency of dividing cells technique to measure growth rate), Marine Ecological Progress Series, 32, 139- 148.
- Campbell, L. ve Vault, D., 1993. Photosynthetic community structure in the subtropical North Pacific Ocean near Hawaii (station ALOHA), Deep-Sea Research, 40, 2043- 2060.
- Campbell, L., Nolla, H., A. ve Vault, D., 1994. The importance of *Prochlorococcus* to community structure in the central North Pacific-Ocean, Limnology and Oceanography, 39, 954- 961.

- Campbell, L., Liu, H., Nolla, H., A. ve Vaultot, D., 1997. Annual variability of phytoplankton and bacteria in the Subtropical North Pacific Ocean at station ALOHA during the 1991–1994 E.NSO. event, Deep-Sea Research I, 44, 167-192.
- Campbell, L., Landry, M., R., Constantinou, J., Nolla, H., Brown, S., Liu, H. ve Caron, D., 1998. Response of community structure to environmental forcing in the Arabian Sea, Deep-Sea Research II, 45, 2301- 2325.
- Carlson, C., A., Bates, N., R., Ducklow, H., W. ve Hansell, D., A., 1999. Estimation of bacterial respiration and growth efficiency in the Ross Sea, Antarctica, Aquatic Microbial Ecology, 19, 229- 244.
- Caron, D., A, Lim, E., L., Miceli, G., Waterbury, J., B. ve Valois, F., W., 1991. Grazing and utilization of chroococcoid cyanobacteria and heterotrophic bacteria by protozoa in laboratory cultures and a coastal plankton community, Marine Ecological Progress Series, 76, 205- 217.
- Caron, D., A, Peele, E., R., Lim, E., L. ve Dennett, M., R., 1999. Picoplankton and nanoplankton and their trophic coupling in surface waters of the Sargasso Sea south of Bermuda, Limnology and Oceanography, 44, 259- 272.
- Cavender-Bares, K., K., Mann, E., L. ve Chisholm, S., W., 1999. Differential Response of Equatorial Pacific Phytoplankton to Iron Fertilization, Limnology and Oceanography, 44, 237– 246.
- Chang, J., Ching Chung, C. ve Ching Gong, G., 1996. Influences of cyclones on chlorophyll a concentration and *Synechococcus* abundance in a subtropical western Pacific coastal ecosystem, Marine Ecological Progress Series, 143, 199-205.
- Chang, J., Lin, K., H, Chen, K., M., Gong, G., C. ve Chiang, K., P., 2003. *Synechococcus* growth and mortality rates in the East China Sea: range of variation and correlation with environmental factors, Deep-Sea Research II, 50, 1265- 1278.
- Chisholm, S., W., 1992. What Limits Phytoplankton Growth?, Oceanus, 35, 36- 46.
- Chisholm, S., W., Olson, R., J., Zettler, E., R., Waterbury, J., B., Goericke, R. ve Welschmeyer, N., 1988. A novel free-living prochlorophyte occurs at high cell concentrations in the oceanic euphotic zone, Nature, 334, 340- 343.
- Chirea, R. ve Gomoiu, M. T., 1986. Some preliminary data on the nutrient influx into the Western Black Sea, Marine Research, Cercetari Marine, IRCM Constanta, 19, 171- 187.
- Christaki, U., Jacquet, S., Dolan, J., R., Vaultot, D. ve Rassoulzadegan, F., 1999. Growth and grazing on *Prochlorococcus* and *Synechococcus* by two marine ciliates, Limnology and Oceanography, 44, 52– 61.

- Christaki, U., Giannakourou, A., Van Wambeke, F. ve Gregori, G., 2001. Nanoflagellat predation on auto- and heterotrophic picoplankton in the oligotrophic Mediterranean Sea, Journal of Plankton Research, 23, 11, 1297- 1310.
- Christaki, U., Courties, C., Karayanni, H., Giannakourou, A., Maravelias, C., Kormas, K., Ar. ve Lebaron, P., 2002. Dynamic characteristics of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* consumption by bacterivorous nanoflagellates, Microbial Ecology, 43, 341- 352.
- Choi, K., H., Dobbs, F., C. ve Cowen, R., K., 2001. Short-term temporal and spatial dynamics of bacterioplankton near Barbados in the Caribbean Sea, Aquatic Microbial Ecology, 25, 43- 53.
- Chung, S., P., Gardner, W., D., Landry, M., R., Richardson, M., J. ve Walsh, I., D., 1998. Beam attenuation by microorganisms and detrital particles in the Equatorial Pacific, Journal of Geophysical Research, 103, 12669- 12681.
- Claustre, H., Morel, A., Babin, M., Cailliau, C., Marie, D., Marty, J. C., Tailliez, D. ve Vaultot, D., 1999. Variability in particle attenuation and chlorophyll fluorescence in the Tropical Pacific: Scales, patterns, and biogeochemical implications, Journal of Geophysical Research, 104, 3401- 3422.
- Cleven, E., J., 1996. Indirectly fluorescently labeled flagellates (IFLF): a tool to estimate the predation on free-living heterotrophic flagellates, Journal of Plankton Research, 18, 429- 442.
- Çoban-Yıldız, Y., Tuğrul, S., Ediger, D., Yılmaz, A. ve Polat, S., C., 2000. A Comparative Study on the Abundance and Elemental Composition of POM in three Interconnected basins: the Black, the Marmara and the Mediterranean Seas, Mediterranean Marine Science, 1, 51- 63.
- Cole, J., J., Findlay, S. ve Pace, M., L., 1988. Bacterial production in fresh and saltwater ecosystems: a cross-system overview, Marine Ecological Progress Series, 43, 1- 10.
- Cuevas, L., A. ve Morales C., E., 2006. Nanoheterotroph grazing on bacteria and cyanobacteria in oxic and suboxic waters in coastal upwelling areas off northern Chile, Journal of Plankton Research., 28, 4, 385- 397.
- Cushing, D., H., 1989. A difference in structure between ecosystems in strongly stratified waters and in those that are only weakly stratified, Journal of Plankton Research, 11, 1- 13.
- Daniel, C., Gutseit, K., Anesio, A., M. ve Graneli, W., 2005. Microbial food webs in the dark: independence of lake plankton from recent algal production, Aquatic Microbial Ecology, 38, 113- 123.

- Davis, P., G., Caron, D., A., Johnson, P., W. ve Sieburth, J., M., 1985. Phototrophic and apochlorotic components of picoplankton and nanoplankton in the North Atlantic: geographic, vertical, seasonal and diel distributions, Marine Ecological Progress Series, 21, 15- 26.
- Deibel, D. ve Lee, S., H., 1992. Retention efficiency of submicrometer particles by the pharyngeal filter of the pelagic tunicate *Oikopleura vanhoefini*, Marine Ecological Progress Series, 81, 25- 30.
- Dolan, J., R. ve Gallegos, C., L., 1991. Trophic coupling of rotifers, microflagellates, and bacteria during fall months in the Rhode River estuary, Marine Ecological Progress Series, 9, 35- 42.
- Dolan J., R. ve Simek K., 1999. Diel periodicity in *Synechococcus* and grazing by heterotrophic nanoflagellates: analysis of food vacuole contents, Limnology and Oceanography, 44, 1565- 1570.
- Douglas, D., J., 1984. Microautoradiography-based enumeration of photosynthetic picoplankton with estimates of carbon-specific growth rates, Marine Ecological Progress Series, 14, 223- 228.
- Ducklow, H., W., 1986. Bacterial biomass in warm core Gulf Stream ring 82B: Mesoscale distributions, temporal changes, and production, Deep-Sea Research, 33, 1789- 1812.
- Ducklow, H., Purdie, D., A., Williams, P., J., L. ve Davies, J., M., 1986. Source, Science, New Series, 232, 4752, 865- 867.
- Ducklow, H., W. ve Carlson, C., A., 1992. Oceanic bacterial production, Advanced Microbial Ecology, 12, 113- 181.
- Ducklow, H., W., Church, M., Kirchman, D., L., Smith, D. ve Steward, G . 2001. The seasonal development of the bacterioplankton bloom in the Ross Sea, Antarctica, 1994–1997, Deep-Sea Research II, 48, 4199- 4221.
- DuRand, M., D. ve Olson, R., J., 2001. Phytoplankton population dynamics at the Bermuda Atlantic time-series station in the Sargasso Sea, Deep-Sea Research II, 48, 1983- 2003.
- Ediger, D., Soydemir, N. ve Kideys, A., E., 2006. Estimation of phytoplankton biomass using HPLC pigment analysis in the southwestern Black Sea, Deep-Sea Research II, 53, 1911- 1922.
- Eker-Develi, E. ve 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.

- Eremeev, V., Konovalov, S., K. ve Romanov, A., S., 1996. Spatial isopycnal analysis of variations in the vertical structure of nutrients in the Black Sea waters, Marine Hydrophysical Journal, 6, 23- 38.
- Ferrier-Pagès, C. and Rassoulzadegan, F., 1994. Seasonal impact of the microzooplankton on pico-and nanoplankton growth rates in the northwest Mediterranean Sea. Marine Ecological Progress Series, 108, 283- 294.
- Feyzioğlu, A., M., 1996. Doğu Karadeniz Kıyısı Ekosisteminde Fitoplankton Dinamiğindeki Mevsimsel Değişimler, Doktora Tezi, K.TÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Feyzioglu, A., M., Kurt, I., Boran, M. ve Sivri, N. 2004. Abundance and distribution of cyanobacteria *Synechococcus* spp in the South-eastern Black Sea during 2001 summer, Indian Journal of Marine Sciences, 33, 4, 365- 368.
- Feyzioglu, A., M. ve Seyhan, K., 2007. Phytoplankton Composition of South East Black Sea Coast, Journal of Black Sea/ Mediterranean Environment, 13, 61- 71.
- Fenchel, T., 1982a. Ecology of Heterotrophic Microflagellates. II. Bioenergetics and growth, Marine Ecological Progress Series, 8, 225- 231.
- Fenchel, T., 1982b. Ecology of Heterotrophic Microflagellates. IV. Quantitative occurrence and importance as consumers of bacteria, Marine Ecological Progress Series, 9, 35- 62.
- Fenchel, T., 1987. Ecology of Protozoa. Science Tech. Publ. Madison, WI.
- Fenchel, T., 1988. Marine Plankton Food Chains, Annual Review of Ecology and Systematics, 17.
- Fengfeng, L., Xiuren, N., Chenggang, L., Xiaobo, N. ve Qiang, H., 2012. Picoplankton Abundance and Biomass in the East China Sea during Autumn and Winter, Oceanology, 52, 1, 48- 59.
- Fernández, E., Marañón, E., Morán, X., A., G. ve Serret, P., 2003. Potential causes for the unequal contribution of picophytoplankton to total biomass and productivity in oligotrophic waters, Marine Ecological Progress Series, 254, 101- 109.
- Findlay, S., Pace, M., L., Lints, D., Cole, J., J., Caraco, N., F ve Peierls, B., 1991. Weak coupling of bacterial and algal production in a heterotrophic ecosystem the Hudson River Estuary, Limnology and Oceanography, 36, 268- 27.
- Finlay, K. ve Roff, J., C., 2004. Radiotracer determination of the diet of calanoid copepod nauplii ve copepodites in a temperate estuary, Ices Journal of Marine Science, 61, 552- 562.
- Fogg, G., E., 1986. Picoplankton, Proc. R. Soc. London, B 228, 1- 30.



- Fogg, G., E., 1987. Marine Planktonic Cyanobacteria, In: Fay P (ed) The Cyanobacteria. Elsevier, Amsterdam, 393- 414.
- Fogg, G., E., 1995. Some comments on picoplankton and its importance in the pelagic ecosystem, Aquatic Microbial Ecology, 9, 33- 39.
- Frost, B., W., 1972. Effects of size and concentration of food particles on the feeding behavior of the marine planktonic copepod *Calanus Pacificus*, Limnology and Oceanography, 17, 6, 805- 815.
- Fuhrman, J., A. ve Azam, F., 1980. Bacterioplankton secondary production estimates for coastal waters of British Columbia, Antarctica, and Southern California, Applied Environmental Microbiology, 39, 1085- 1095.
- Fuhrman, J., A. ve Azam, F., 1982. Thymidine incorporation as a measure of heterotrophic bacterioplankton production in marine surface waters: evaluation and field results, Marine Biology, 66, 109- 120.
- Fuhrman, J., A. ve Noble, R., T., 1995. Viruses and protists cause similar bacterial mortality in coastal sea water. Limnology and Oceanography, 40, 1236- 1242.
- Fuhrman, J., A., Steeter, T., D., Carlson, C., A. ve Proctor, L., M., 1989. Dominance of bacterial biomass in the Sargasso Sea and its ecological implications, Marine Ecological Progress Series, 57, 207- 217.
- Fukami, K., Murata, N., Morio, Y. ve Nishijima, T. 1996. Distribution of Heterotrophic Nanoflagellates and Their Importance as the Bacterial Consumer in a Eutrophic Coastal Seawater, Journal of Oceanography, 52, 399- 407.
- Gasol, J., M., Simons, A., M. ve Kalff, J., 1995. Patterns in the top-down versus bottom-up regulation of heterotrophic nanoflagellates in temperate lakes, Journal of Plankton Research, 17, 1879- 1903.
- Gasol, J., M., Del Giorgio, P., A. ve Duarte, C., 1997. Biomass distribution in marine planktonic communities, Limnology and Oceanography, 42, 1353- 1363.
- Gasol, J., Comerma, M., Garcia, J., C., Armengol, J., Casamayor, E., Kojecká, P. ve Šimek K., 2002. A transplant experiment to identify the factors controlling bacterial abundance, activity, production, and community composition in a eutrophic canyon-shaped reservoir, Limnology and Oceanography, 47, 62- 77.
- Gasparini, S. ve Castel, J., 1997. Autotrophic and heterotrophic nanoplankton in the diet of the estuarine copepods *Eurytemora affinis* and *Acartia bifilosa*, Journal of Plankton Research, 19, 877- 890.

- Gazihan Akoğlu, A., 2011. Temporal and Spatial Changes in the Abundance and Biomass of Pico (Heterotrophic Bacteria & *Synechococcus*) and Nanoplankton (Flagellates) of the Mersin Bay – Relationships with Ambient Physical, Chemical and Biological Parameters, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Gifford, D., J., 1988. Impact of grazing by microzooplankton in the Northwest Arm of Halifax Harbour, Nova Scotia, Marine Ecological Progress Series, 47, 249- 258.
- Gifford, D., J. ve Dagg, M., J., 1988. Feeding of the estuarine copepod *Acartia tonsa* Dana carnivory vs herbivory in natural microplankton assemblages, Bulletin of Marine Science, 43, 458- 468.
- Ginzburg, A., I., Kostianoy, A., G. ve Sheremet, N., A., 2008. Hdb Env Chem. Springer-Verlag, Berlin, 5, Q, 255- 275.
- Glover, H., E., Campbell, L. ve Prezelin, B., B., 1986. Contribution of *Synechococcus spp.* to size-fractionated primary productivity in three water masses in the Northwest Atlantic Ocean, Marine Biology, 91, 191- 203.
- Grob, C., Ulloa, O., Claustre, H., Huot, Y., Alarcon, G. ve Marie, D., 2007. Contribution of picoplankton to the total particulate organic carbon concentration in the eastern South Pacific, Biogeosciences, 4, 837- 852.
- Guixa-Boixareu, N., Vaqué, D., Gasol, J., M. ve Pedrós-Alió, C., 1999. Distribution of viruses and their potential effect on bacterioplankton in an oligotrophic marine system, Aquatic Microbial Ecology, 19, 205- 213.
- Gundersen, K., Heldal, M., Norland, S., Purdie, D., A. ve Knap, A., H., 2002. Elemental C, N, and P cell content of individual bacteria collected at the Bermuda Atlantic Time-series Study (BATS) site, Limnology and Oceanography, 47, 1525- 1530.
- Hagström, A., Larsson, U., Horstedt, P. ve Normark, S., 1979. Frequency of dividing cells, a new approach to the determination of bacterial growth rates in aquatic environments, Applied Environmental Microbiology, 37, 805- 812.
- Hagström, A., Azam, F., Andersson, A., Wikner, J. ve Rassoulzadegan, F., 1988. Microbial loop in an oligotrophic pelagic marine ecosystem: possible roles of cyanobacteria and nanoflagellates in the organic fluxes, Marine Ecological Progress Series, 49, 71- 178.
- Harrison, W., G., 1992. Regeneration of nutrients. In Falkowski, P.G. and Woodhead, A.D. (eds), *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*, Plenum Press, New York, 385- 406.
- Havens, K., E., Work, K., A. ve East, T., L., 2000. Relative efficiencies of carbon transfer from bacteria and algae to zooplankton in a subtropical lake, Journal of Plankton Research, 22, 1801- 1809.

- Havskum, H. ve Hansen, A., S., 1997. Importance of pigmented and colourless nano-sized protists as grazers on nanoplankton in a phosphate-depleted Norwegian fjord and in enclosures, Aquatic Microbial Ecology, 12, 139- 151.
- Hobbie, J., E., Daley, R., J. ve Jasper, S., 1977. Use of Nucleopore Filters for Counting Bacteria by Fluorescence Microscopy, Applied and Environmental Microbiology, 33, 1225- 1228.
- Humborg, C., Ittekkot, V., Cociasu, A. ve Bodungen, B., 1997. Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry, Nature, 386, 385- 388.
- Ignatiades, L., Karydis, M. ve Vounatsou, P., 1992. A Possible Method for Evaluating Oligotrophy and Eutrophication Based on nutrient Concentration Scales, Marine Pollution Bulletin, 24, 5, 238- 243.
- Ikeya, T., Ohki, K., Takahashi, M. ve Fujita, Y., 1994. Photosynthetic Characteristic of Marine *Synechococcus spp.* with Special Reference to Light Environments Near the bottom of the Euphotic Zone of the Open Ocean, Marine Biology, 118, 215- 221.
- Iturriaga, R. ve Mitchell, B., G., 1986. Chroococcoid cyanobacteria: a significant component in the food web dynamics of the open ocean, Marine Ecological Progress Series, 28, 291- 297.
- Ivanov, L., 1985. The Fisheries Resources of the Mediterranean Part Two: Black Sea, Etud. Rev, CGPM/ Stud. Rev, GFCM, 115 s.
- Ivanov, L. ve T. Oguz. 1998. NATO TU-Black Sea project ecosystem modeling as a management tool for the black sea, symposium on scientific results. NATO ASI Series. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2/47. 1, 377- 396.
- Jochem, F., 1988. On the distribution and importance of pico-cyanobacteria in a boreal inshore area (Kiel Bight, Western Baltic), Journal of Plankton Research, 10, 1009- 1022.
- Johnson, P., W. ve Sieburth, J., M., 1979. Chroococcoid cyanobacteria in the sea: ubiquitous and diverse phototrophic biomass, Limnology and oceanography, 24, 928- 935.
- Johnson, P., W., Xu, H. ve Sieburth, J., McN., 1982. The utilization of chroococcoid cyanobacteria by protozooplankters but not by calanoid copepods, Annales De L Institut Oceanographique, 58, 297- 308.
- Joint, I., R. ve Pornroy, A., J., 1983. Production of picoplankton and small nanoplankton in the Celtic Sea, Marine Biology, 77, 19- 27.

- Joint, I., R., Owens, N., J., P. ve Pomroy, A., J., 1986. The seasonal production of picoplankton and nanoplankton in the Celtic Sea, Marine Ecological Progress Series, 28, 251- 255.
- Jouris, C., Billen, G., Lancelot, C., Daro, M., H., Mommaerts, J., P., Bertels, A., Bossicart, M., Nijs, J. ve Hecq, J., H., 1982. A budget of carbon cycling in the Belgian coastal zone: relative roles of zooplankton, bacterioplankton and benthos in the utilization of primary production, Netherland Journal of. Sea Research, 16, 260-275.
- Jumars, P., A., Penry, D., L., Baross, J., A., Perry, M., J. ve Frost, B., W., 1989. Closing the microbial loop: dissolved carbon pathway to heterotrophic bacteria from incomplete ingestion, digestion and absorption in animals, Deep-Sea Research, 36, 483- 495.
- Jürgens, K. ve Gude, H., 1994. The potential importance of grazing-resistant bacteria in planktonic systems, Marine Ecological Progress Series, 112, 169- 188.
- Jürgens, K., Wickham, S., A., Rothhaupt, K., O. ve Santer, B., 1996. Feeding rates of macro- and microzooplankton on heterotrophic nanoflagellates, Limnology and Oceanography, 41, 1833- 1839.
- Jürgens, K. ve Massana, R., 2008. Protistan grazing on marine bacterioplankton. In: Kirchman, D.L. (ed), Microbial Ecology of the Oceans, 2nd edn. Wiley, New York, 383- 441.
- Kaiser, M., J., Attrill, M., J., Jennings, S., Thomas, D., N., Barnes, D., K., A., Brierley, A., S., Polunin, N., V., C., Raffaelli, D., G. ve Williams, P., J., B., 2005. Marine Ecology: Processes, Systems, and Impacts, Oxford University Press, New York, 137- 138.
- Karayanni, H., Christaki, U., Wambeke, F., V., Denis, M. ve Moutin, T., 2005. Influence of ciliated protozoa and heterotrophic nanoflagellates on the fate of primary production in the northeast Atlantic Ocean, Journal of Geophysical Research, 110, 7, 15.
- Karl, D.M. ve Knauer, G., A., 1991. Microbial production and particle flux in the upper 350 m of the Black Sea, Deep-Sea Research, 38, 921- 942.
- Karlsson, J., Jonsson, A. ve Jansson, M., 2001. Bacterioplankton production in lakes along an altitude gradient in the subarctic north of Sweden, Microbial Ecology, 42, 372- 382.
- Karlsson, J., Jonsson, A., Meili, M. ve Jansson, M., 2003. Control of zooplankton dependence on allochthonous organic carbon in humic and clear-water lakes in northern Sweden, Limnology and Oceanography, 48, 269- 276.

- Kideys, A., E. 1994. Recent dramatic changes in the Black Sea ecosystem: The reason for the sharp decline in Turkish anchovy fisheries, Journal of Marine Systems, 5, 171- 181.
- Kıdeys, A., E., Mutlu, E., Oğuz, T., Okyar, M., Özsoy, E., Tuğrul, S. ve Yılmaz, A., 2000. Akdeniz, Marmara Denizi, Türk Boğazlar Sistemi, Karadeniz ve Atmosfer Alt Projeleri, DAP ve Ulusal Deniz Araştırma ve İzleme Programı, 239- 335 s.
- Kideys, A., E., 2002. Fall and rise of the Black Sea ecosystem, Science, 297, 1482- 1484.
- King, K., R., Hollibaugh, J., T. ve Azam, F., 1980. Predator-prey interactions between the larvacean *Oikopleura dioica* and bacterioplankton in enclosed water columns, Marine Biology, 56, 49- 57.
- Kjelleberg, S., Albertson, N., Flardh, K., Holmquist, L., Jouper-Jaan, A., Marouga, R., Ostling, J., Svenblad, B. ve Weichart, D., 1993. How do non-differentiating bacteria adapt to starvation?, Antonie Leeuwenhoek, 63, 333- 341.
- Knap, A., Michaels, A., Close, A., Ducklow, H. ve Dickson, A., 1996. Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) core measurements, JGOFS, Report, 19, 170.
- Konovalov, S., K., Ivanov, L., I., Murray, J., W. ve Eremeeva, L., V., 1999. Eutrophication: A plausible cause for changes in Hydrochemical structure of the Black Sea anoxic layer. Environmental degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies, S. Besiktepe et al. (eds), Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 61- 74.
- Konovalov, S., K., Murray, J., W. ve Luther III, G., W., 2005. Basic processes of Black Sea biogeochemistry. Black Sea Oceanography, Oceanography, 18, 2.
- Konuk, Y., T. ve Duman, M., 1988. Ulusal Deniz Ölçme ve İzleme Programı Doğu Karadeniz Ölçme ve İzleme Alt Projesi 1997 Dönemi Kesin Raporu, TÜBİTAK Araştırma Projesi, Proje No DEBÇAĞ 26- G.
- Kopelevich, O., V., Sheberstov, S., V., Yunev, O., Baştürk, O., Finenko, Z., Z., Nikonov, S. ve Vedernikov, V., I., 2002. Surface Chlorophyll-a in the Black Sea over 1978-1986 Derived from Satellite and in situ Data, Journal of Marine Systems, 36, 145- 160.
- Kopelevich, 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. ve Agirbas, E., 2011. Picoplankton Dynamics during late spring 2010 in the South Eastern Black Sea, Black Sea Outlook Scientific Conference, November, Odessa, Ukraine, Bildiriler Kitabı, 176.

- Kopylov, A., V. ve Moiseev, E., S., 1980. Effect of colorless flagellates on the determination of bacterial production in sea water, Doklady Akademii Nauk SSSR Biological Science, 252, 272- 274.
- Koshikawa, H., Harada, S., Watanabe, M., Sato, K. ve Akehata, K., 1996. Relative contribution of bacterial and photosynthetic production to metazooplankton as carbon sources, Journal of Plankton Research, 18, 2269- 2281.
- Krupatkina, D., K. ve Berseneva, G., P., 1995. Primary production and Chlorophyll -a in the Black Sea in Winter and Autumn Seasons, Oceanology, 34, 6, 775- 779.
- Kudoh, S., Kanda, J. ve Takahashi, M., 1990. Specific growth rates and grazing mortality of chroococcoid cyanobacteria *Synechococcus spp.* in pelagic surface waters in the sea, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 142, 201- 212.
- Kuosa, H. ve Kivi, K., 1989. Bacteria and heterotrophic flagellates in the pelagic carbon cycle in the northern Baltic Sea, Marine Ecological Progress Series, 3, 93- 100.
- Kuosa, H., 1991. Picoplanktonic algae in the Northern Baltic Sea: seasonal dynamics and flagellate grazing, Marine Ecological Progress Series ,73, 269- 276.
- Kurt, İ., 2002. Karadeniz’de birincil üretimi etkileyen Cyanobacterium *Synechococcus*’un mevsimsel ve uzaysal dağılımı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Landry, M., R. ve Hassett, R., P., 1982. Estimating the grazing impact of marine microzooplankton, Marine Biology, 67, 283- 288.
- Landry, M., R., Haas, L., W. ve Fagerness, V., L., 1984. Dynamics of microbial plankton communities: experiments in Kaneohe Bay, Hawaii, Marine Ecological Progress Series, 16, 127- 133.
- Landry, M., R., 1994. Methods and controls for measuring the grazing impact of planktonic protists, Marine Microbial Food Webs, 8, 37- 57.
- Landry, M., R. ve Calbet, A., 2004. Microzooplankton production in the oceans, ICES Journal of Marine Science, 61, 501- 507.
- Larsson, U. ve Hagstrom, A., 1982. Fractionated phytoplankton primary production, exudate release and bacterial production in a Baltic eutrophication gradient, Marine Biology, 67, 57- 70.
- Lasternas, S., Agusti, S. ve Duarte, C., M., 2010. Phyto- and bacterioplankton abundance and viability and their relationship with phosphorus across the Mediterranean Sea, Aquatic Microbial Ecology, 60, 175- 191.
- Legendre, L., F., 1995. Microbial food webs and the export of biogenic carbon in oceans, Aquatic Microbial Ecology, 9, 69- 75.

- Li, W., K., W., Subba Rao, D.V., Harrison, W.G., Smith, J.C., Cullen, J.J., Irwin, B. ve Platt, T., 1983. Autotrophic picoplankton in the tropical ocean, Science, 219, 292- 295.
- Li, W., K., W., 1994. Primary production of prochlorophytes, cyanobacteria and eukaryotic ultraphytoplankton- measurement from flow cytometric sorting, Limnology and Oceanography, 39, 169- 175.
- Li, W., K., W., 1998. Annual average abundance of heterotrophic bacteria and *Synechococcus* in surface ocean waters, Limnology and Oceanography, 43, 7, 1746- 1753.
- Liu, H., Campbell, L., Landry, M., R., Nolla, H., A. ve Brown, S., L., 1998. *Prochlorococcus* and *Synechococcus* growth rates and contributions to production in the Arabian Sea during the 1995 Southwest and Northeast Monsoons, Deep-Sea Research II, 45, 2327- 2352.
- Liu, H., Suzuki, K., Minami, C., Saino, T. ve Watanabe, M., 2002. Picoplankton community structure in the subarctic Pacific Ocean and the Bering Sea during summer 1999, Marine Ecological Progress Series, 237, 1- 14.
- Lin, Y., C., Tsai, A., Y. ve Chiang, K., P., 2009. Trophic Coupling between *Synechococcus* and Pigmented Nanoflagellates in the Coastal Waters of Taiwan, Western Subtropical Pacific, Journal of Oceanography, 65, 781- 789.
- Lugioyo, G., M., Loza, S. ve Abreu, P., C., 2007. Biomass distribution of heterotrophic and autotrophic microorganisms of the photic layer in Cuban southern oceanic waters, Revista de Biología Tropical, 55, 2, 449- 457.
- Magazzu, G. ve Decembrini, F., 1995. Primary production, biomass and abundance of phototrophic picoplankton in the Mediterranean Sea: a review, Aquatic Microbial Ecology, 9, 97- 104.
- Malone, T., C. ve Ducklow, H., W., 1990. Microbial biomass in the coastal plume of Chesapeake Bay: phytoplankton- bacterioplankton relationships, Limnology and Oceanography, 35, 296- 312.
- Malone, T., C., Ducklow, H., W., Peele, E., R. ve Pike, S. E., 1991. Picoplankton carbon flux in Chesapeake Bay, Marine Ecological Progress Series, 78, 11- 22.
- Man'kovsky, V., Vladimirov, I., Solov'ev, M., V. ve Besiktepe, S., 1998. Optical properties of the Black Sea: Results of the CoMSBlack and TU-Black Sea programs. Pp.145-161 in NATO TU-Black Sea Project Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea, Symposium On Scientific Results, L. Ivanov and T. Oguz, eds. NATO ASI Series 2/47(2), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

- McQueen, D., J., Johannes, M., R., S., Post, J. R., Stewart, T., J. ve Lean, D., R., S., 1989. Bottom-Up and Top-Down Impacts on Freshwater Pelagic Community Structure, Ecological Monographs, 59, 289- 309.
- McManus, G., B., ve Fuhrman, J., A., 1988. Control of marine bacterioplankton populations: Measurement and significance of grazing, Hydrobiologia, 159, 51-62.
- Mee, L., D., 1992. The Black Sea in crisis: a need for concerted international action, Ambio, 21, 278- 286.
- Merrell, J., R. ve Stoecker, D., K., 1998. Differential grazing on protozoan microplankton by developmental stages of the calanoid copepod *Eurytemora affinis* Poppe, Journal of Plankton Research, 20, 289- 304.
- Mihnea, P., E., 1987. The Eutrophication Process in the Inshore Romanian Black Sea, Revue Roumaine de Biologie, 32, 2, 149- 155.
- Miyazono, A., Odate, T. ve Maita, Y., 1992. Seasonal Fluctuations of Cell Density of Cyanobacteria and Other Picophytoplankton in Iwania Bay, Hokkaido, Japan, Journal of Oceanography, 48, 257- 266.
- Montagnes, D., J., S., Kimmance, S., A. ve Atkinson, D., 2003. Using  $Q_{10}$ : Can growth rates increase linearly with temperature?, Aquatic Microbial Ecology, 32, 307-313.
- Moore, L., R., Goericke, R. ve Chisholm, 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- 175.
- Moore, L., R., Post, A., F., Rocap, G. ve Chisholm, W., 2002. Utilization of different nitrogen sources by the marine cyanobacteria *Synechococcus* and *Prochlorococcus*, Limnology and Oceanography, 47, 989- 996.
- Morgan, J., A., Quinby, H., L. ve Ducklow H., W., 2006. Bacterial abundance and production in the western Black Sea, Deep-Sea Research II, 53, 1945- 1960.
- Morita, R., Y., 1997. Bacteria in oligotrophic environments. Chapman & Hall, New York, pp 332.
- Mosharova, I., V. ve Sazhin, A., F., 2007. Bacterioplankton in the Northeastern Part of the Black Sea during the Summer and Autumn of 2005, Oceanology, 47, 5, 671-678.
- Munn, C., B., 2004. Marine Microbiology: Ecology and Applications. Taylor and Francis, New York, 159- 162.



- Murray, J., W., Codispoti, L., A. ve Friederich, G., E., 1995. Oxidation–reduction environments: the suboxic zone in the Black Sea. In: Morgan, J.J. (Ed.), *Aquatic Chemistry: Interfacial and Interspecies Processes*, American Chemical Society, Washington, DC, 157- 176.
- Murray, J., W., Lee, B., S., Bullister, J. ve Luther III, G., W., 1999. The suboxic zone of the Black Sea. In: Bologna, A.S. (Ed.), *Environmental Degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies*. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, 75-91.
- Nagata, T., 1988. The microflagellate-picoplankton food linkage In the water column of Lake Biwa, *Limnology and Oceanography*, 33, 504- 517.
- Neori, A., Holm-Hansen, O., Greg Mitchell, B. ve Kiefer, D., A. 1984. Changes in Spectral Absorption and Excitation of Chlorophyll-a Fluorescence, *Plant Physiology*, 76, 518- 524.
- Oguz, T., La Violette, P. E. ve Unluata, U., 1992. The upper layer circulation of the Black Sea: Its variability as inferred from hydrographic and satellite observations, *Journal of Geophysical Research*, 97, 12569- 12584.
- Oğuz, T., Latun, V., S., Latif, M., A., Vladimirov, V., V., Sur, H., İ., Markov, A., A., Özsoy, E., Kotovshchikov, B., B., Eremeev, V., V. ve Ünlüata, Ü., 1993. Circulation in the Surface and Intermediate Layers of the Black Sea, *Deep-Sea Research*, 40, 1597- 1612.
- Oguz, T., Ducklow, H., W., Malanotte-Rizzoli, P., Murray, J., W., Shushkina, E., A., Vedernikov, V., I. ve Unluata, U., 1999. A physical-biochemical model of plankton productivity and nitrogen cycling in the Black Sea, *Deep-Sea Research I*, 46, 597- 636.
- Oğuz, T., Dippner J., W. ve Kaymaz, Z., 2006. Climatic regulation of the Black Sea hydro-meteorological and ecological properties a interannual-to-decadal time scales, *Journal of Marine Systems*, 60, 235- 254.
- Oğuz, T., Velikova, V., Cociasu, A. ve Korchenko, A., 2008. State of the Environment Report 2001-2006/7, the State of Eutrophication, 83- 112.
- Olson. R., J., Chisholm. S., W., Zettler, E., R., Altabet, M., A. ve Dusenberry, J., A. 1990. Spatial and temporal distributions of prochlorophyte picoplankton in the North Atlantic Ocean, *Deep-Sea Research*, 37, 1033- 1051.
- Pace, M., L., McManus, G., B. ve Findlay, S., E., G., 1990. Planktonic community structure determines the fate of bacterial production in a temperate lake, *Limnology and Oceanography*, 35, 795- 808.
- Pan, L., A., Zhang, J., Chen, Q. ve Deng, B., 2006. Picoplankton community structure at a coastal front region in the northern part of the South China Sea, *Journal of Plankton Research*, 28, 3, 337- 343.

- Pan, L., A., Zhang, J. ve Zhang, L., H., 2007. Picophytoplankton, Nanophytoplankton, Heterotrophic Bacteria and Viruses in the Changjiang Estuary and Adjacent Coastal Waters, Journal of Plankton Research, 29, 2, 187- 197.
- Parsons, T., R., Maita, Y. ve Lalli, C., 1984. Manual of Chemical and Biological Methods for Sea Water Analysis, Pergamon Press, Great Britain, 173 pp.
- Partensky, F., Hess, W., R. ve Vaultot, D., 1999. *Prochlorococcus*, a Marine Photosynthetic Prokaryote of Global Significance, Microbiology and Molecular Biology Reviews, 63, 1, 106.
- Pedrós-Alió, C., Calderón-Paz, J., I., MacLean, M., H., Medina, G., Marrasé, C., Gasol, J., M. ve Guixa-Boixereu, N., 2000. The microbial food web along salinity gradients, FEMS Microbiology Ecology, 32, 143- 155.
- Perkins, F., O., Haas, L., W., Phillips, D., E. ve Webb, K., L., 1981. Ultrastructure of a marine *Synechococcus* possessing spinae, Canadian Journal of Microbiology, 27, 31a329.
- Pernthaler, J., K., Simek, K., Sattler, B., Schwarzenbacher, B., Bobkova, J. ve Psenner, R., 1996. Short-term changes of protozoan control on autotrophic picoplankton in an oligo-mesotrophic lake, Journal of Plankton Research, 18, 443- 462.
- Peters, F. ve Gross, T., 1994. Increased grazing rates of microplankton in response to small-scale turbulence, Marine Ecological Progress Series, 115, 299- 307.
- Phlips, E., J. ve Badylak, S., 1996. Spatial variability in phytoplankton standing crop and composition in a shallow inner-shelf lagoon, Florida Bay, Florida. Bulletin of Marine Science, 58, 203- 216.
- Polat, S. ve Uysal, S., 2009. Abundance and biomass of picoplanktonic *Synechococcus* (Cyanobacteria) in a coastal ecosystem of the northeastern Mediterranean, the Bay of Iskenderun, Marine Biological Research, 5, 363- 373.
- Pomeroy, L., R., 1974. The ocean's food web, a changing paradigm, BioScience, 24, 499- 504.
- Pomeroy, L., R. ve Deibel, D., 1986. Temperature regulation of bacterial activity during the spring bloom in Newfoundland coastal waters, Science, 233, 359- 361.
- Pomeroy, L., R. ve Wiebe, W., J., 1988. Energetics of microbial food webs, Hydrobiologia, 159, 7- 18.
- Pomeroy, L., R., Wiebe, W., J., Deibel, D., Thompson, R., T., Rowe, G., T., ve Pakulski, J., D., 1991. Bacterial responses to temperature and substrate concentration during the Newfoundland spring bloom, Marine Ecological Progress Series, 75, 143- 159.

- Pomeroy, L., R. ve Wiebe, W., J., 1993. Seasonal uncoupling of the microbial loop and its potential significance for the global cycle of carbon. In Guerrero, R. and Pedrós-Alió, C. (eds), *Trends in Microbial Ecology*, Spanish Society for Microbiology, Barcelona, 407- 409.
- Pomeroy, L., R., Williams, P., P., Azam, F. ve Hobbie, J., E., 2007. The Microbial Loop, *Oceanography*, 20, 28- 33.
- Porter, K., G., Sherr, E., B., Sherr, B., F., Pace, M. ve Sanders, R., 1985. Protozoa in planktonic food webs, *Journal of Protozoology*, 32, 409- 415.
- Proctor, L., M. ve Fuhrman, J., A., 1990. Viral mortality of marine bacteria and cyanobacteria, *Nature*, 343, 60- 62.
- Psenner, R. ve Sommaruga, R., 1992. Are rapid changes in bacterial biomass caused by shifts from top-down to bottom-up control?, *Limnology and Oceanography*, 37, 1092- 1100.
- Putland, J., N., 2000. Microzooplankton herbivory and bacterivory in Newfoundland coastal waters during spring, summer and winter, *Journal of Plankton Research*, 22, 2, 253- 277.
- Quevedo, M. ve Anadón, R., 2001. Protist control of phytoplankton growth in the subtropical north-east Atlantic, *Marine Ecological Progress Series*, 221, 29- 38.
- Raven, J., A., 1986. Physiological consequences of extremely small size for autotrophic organisms in the sea. In: Platt, T., Li, W.K.W. (eds). *Photosynthetic picoplankton*, *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Science*, 214, 1- 70.
- Rassoulzadegan, F. ve Sheldon, R., W., 1986. Predator-prey interactions of nanozooplankton and bacteria in an oligotrophic marine environment, *Limnology and Oceanography*, 31, 1010- 1021.
- Rich, J., Gosselin, M., Sherr, E., Sherr, B. ve Kirchman, D., L., 1997. High bacterial production, uptake and concentrations of dissolved organic matter in the Central Arctic Ocean, *Deep-Sea Research. II*, 44, 1645- 1663.
- Riley J., P. ve Skirrow, G., 1975. *Chemical Oceanography*, Academic Press, London.
- Rolff, C. ve Elmgren, R., 2000. Use of riverine organic matter in plankton food webs of the Baltic Sea, *Marine Ecological Progress Series*, 197, 81- 10.
- Rousseau, V., Becquevort, S., Parent, J., Y., Gasparini, S., Daro, M., H., Tackx, M. ve Lancelot, C., 2000. Trophic efficiency of the planktonic food web in a coastal ecosystem dominated by *Phaeocystis* colonies, *Journal of Sea Research*, 43, 357- 372.

- Roman, M., R., Ducklow, H., W., Furhman, J., A., Garside, C., Gilbert, P., M., Malone, T., C. ve Mc-Manus, G., B., 1988. Production, consumption and nutrient cycling in a laboratory mesocosm, Marine Ecological Progress Series, 42, 39- 52.
- Roman, M., R., Caron, D., A., Kremer, P., Lessard, E., J., Madin, L., P., Malone, T., C., Napp, J., M., Peele, E., R. ve Youngbluth, M., J., 1995. Spatial and temporal changes in the partitioning of organic carbon in the plankton community of the Sargasso Sea off Bermuda, Deep-Sea Research I, 42, 973- 992.
- Rychert, K., 2006. Nanoflagellates in the Gdańsk Basin: coexistence between forms belonging to different trophic types, Oceanologia, 48, 2, 323- 330.
- Sandberg, J., Andersson, A., Johansson, S. ve Wikner, J., 2004. Pelagic food web structure and carbon budget in the northern Baltic Sea: potential importance of terrigenous carbon, Marine Ecological Progress Series, 268, 13- 29.
- Sanders, R., W. ve Porter, K., G., 1988. The fate of bacteria: microbial trophodynamics in freshwater and marine habitats, *EOS* 69, 1112.
- Sanders, R., W., Caron, D., A. ve Berninger, U., G., 1992. Relationships between bacteria and heterotrophic nanoplankton in marine and freshwaters: An inter-ecosystem comparison, Marine Ecological Progress Series, 86, 1- 14.
- Sanders, R., W., Berninger, U., G., Lim, E., L., Kemp, P., F. ve Caron, D., A. 2000. Heterotrophic and mixotrophic nanoplankton predation on picoplankton in the Sargasso Sea and Georges Bank, Marine Ecological Progress Series, 192, 103-118.
- Saydam, C., Tuğrul, S. Baştürk, Ö. ve Oğuz, T., 1993. Identification of the oxic/anoxic interface by isopycnal surfaces in the Black Sea, Deep-Sea Research, 40, 7, 1405- 1412.
- Sherr, B., F. ve Sherr, E., B., 1983. Enumeration of heterotrophic microprotozoa by epifluorescence microscopy, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 16, 1- 7.
- Sherr, B., F. ve Sherr, E., B., 1984. Role of heterotrophic protozoa In carbon and energy flow in aquatic ecosystems In Klug MJ Reddy CA (eds) Current perspectives in microbial ecology, American Society for Microbiology, Washington DC, 412-423.
- Sherr, B., F., Sherr, E., B., Andrew, T., L., Fallon, R., D. ve Newell, S., Y., 1986. Trophic interactions between heterotrophic Protozoa and bacterioplankton in estuarine water analyzed with selective metabolic inhibitors, Marine Ecological Progress Series, 32, 169- 179.
- Sherr, E., B., Sherr, B., F. ve Fessenden, L., 1997. Heterotrophic Protists in the Central Arctic Ocean, Deep-Sea Research II, 44, 8, 1665- 1682.

- Sherr, E., B. ve Sherr, B., F., 2002. Significance of predation by protists in aquatic microbial food webs, Antonie Van Leeuwenhoek, 81, 293- 308.
- Sherr, E., B. ve Sherr, B., F., 2002. Significance of predation by protists in aquatic microbial food webs, Antonie Van Leeuwenhoek, 81, 293- 308.
- Sherr, E., B., Sherr, B., F. ve Wheeler, P., A., 2005. Distribution of coccoid cyanobacteria and small eukaryotic phytoplankton in the upwelling ecosystem off the Oregon coast during 2001 and 2002, Deep-Sea Research Part II, Topical studies in oceanography, 52, 317- 330.
- Sherry, N., D. ve Uysal, Z., 1995. Diurnal and spatial variability in pico-cyanobacterial abundance during February in the Arabian Sea. Annual Meeting of Phycological Society of America, August, Breckenridge, CA., USA.
- Sherry, N., D. ve Wood, A., M., 2001. Phycoerythrin-containing picocyanobacteria in the Arabian Sea in February, 1995: diel patterns, spatial variability, and growth rates, Deep-Sea Research, Part 2, Topical studies in oceanography, 48, 1263-1284.
- Shiomoto, A., Hitoshi, T., Hashimoto, S. ve Mitsuri, Y., 2004. Regional distribution of picophytoplankton in near-shore areas around Japan in early summer, Plankton Biology and Ecology, 51, 2, 71- 81.
- Shinada, A., Ban, S. ve Ikeda, T., 2003. Seasonal Changes in Nano/Micro-Zooplankton Herbivory and Heterotrophic Nano-Flagellates Bacterivory off Cape Esan, Southwestern Hokkaido, Japan, Journal of Oceanography, 59, 609- 618.
- Sieburth, J., M. Smetacek, V. ve Lenz, J., 1978. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions, Limnology and Oceanography, 23, 1256- 1263.
- Sieburth, J., M. ve Davis, P., G., 1982. The role of heterotrophic nanoplankton in the grazing and nurturing planktonic bacteria in the Sargasso and Caribbean Sea, Annales De L Institut Oceanographique, 58, 285- 296.
- Sieburth, J., M., 1984. Protozoan bacterivory in pelagic marine waters. In: Hobbie, J. E., Williams, P. J. leB. (ed.) Heterotrophic activity in the sea. NATO Conference Series IV, 15, Plenum Publ., Corp., New York, 405- 444.
- Sieracki, M., E., Viles, C., L. ve Webb, K., L., 1989. An algorithm to estimate cell biovolume using image analyzed microscopy, Cytometry, 10, 551- 557.
- Silver, M., W. ve Udredge, A., L., 1981. Bathypelagic marine snow: deep-sea algal and detrital community, Journal of Marine Research, 39, 501- 530.
- Sivri, N., 1999. Solaklı Deresi Girdilerinin Kıyusal Pelajik Ekosisteme Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Smith, R., E., H., Geider, R., J. ve Platt, T., 1984. Microplankton productivity in the oligotrophic ocean, Nature, 311, 252- 254.
- Smith, R. ve Hall, J., 1997. Bacterial abundance and production in different water masses around South Island, New Zealand, New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 31, 515- 524.
- Šolić, M. ve Krstulović, N., 1994. Role of predation in controlling bacterial and heterotrophic nanoflagellate standing stocks in the coastal Adriatic Sea: seasonal patterns, Marine Ecological Progress Series, 114, 219- 235.
- Sommer, U., Stibor, H., Katchakis, A., Sommer, F. ve Hansen, T., 2002. Pelagic food web configurations at different levels of nutrient richness and their implications for the ratio fish production: primary production, Hydrobiologia, 484, 11- 20.
- Sorokin, Y., U., I., 1983. The Black Sea. in B.H. Ketchum (ed.). Estuaries and Enclosed Seas, Ecosystems of the World, Elsevier, 253- 292.
- Sorokin, Y., U., I., 1986. The Black Sea, In: Ecosystems of the World 26. Eustuaries and Enclosed Seas, Elsevier Publishing, New York, 253- 292.
- Sorokin, Y., U., I., Sorokin, P., Y., Avdeev, V., A., Sorokin, D., Y. ve Ilchenko, S., V., 1995. Biomass, production and activity of bacteria in the Black Sea, with special reference to chemosynthesis and the sulfur cycle, Hydrobiologia, 308, 61- 76.
- Stelfox-Widdicombe C., E., Archer S., D., Burkill P., H. ve Stefels J., 2004. Microzooplankton grazing in Phaeocystis and diatom-dominated waters in the southern North Sea in spring, Journal of Sea Research, 51, 37- 51.
- Stockner, J., G., 1988. Phototrophic picoplankton: an overview from marine and freshwater systems, Limnology and Oceanography, 33, 765- 775.
- Straile, D., 1997. Gross growth efficiencies of protozoan and metazoan zooplankton and their dependence on food concentration, predator-prey weight ratio, and taxonomic group, Limnology and Oceanography, 42, 1375- 1385.
- Tait, R., V. ve Dipper, F., A., 2001. Elements of Marine Ecology, Butterworth-Heinemann Pub., forth edition, Gread Britaiin, 462.
- Tanaka, T., Rassoulzadegan, F. ve Thingstad, T., F., 2005. Analyzing the trophic link between the mesopelagic microbial loop and zooplankton from observed depth profiles of bacteria and protozoa, Biogeosciences, 2, 9- 13.
- Tanaka T., 2009. Structure and function of the mesopelagic microbial loop in the NW Mediterranean Sea, Aquatic Microbial Ecology, 57, 351- 362.
- Teixeira, I. G., 2009. Mikrozooplankton Feding Impact in Three Different European Coastal Syatems. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencias Biomedicas de Abel Salazar da Universidade do Porto.

- Thingstad T., F., 2000. Elements of a theory for the mechanisms controlling abundance, diversity, and biogeochemical role of lytic bacterial viruses in aquatic systems, Limnology and Oceanography, 45, 1320- 1328.
- Thronsen, J., 1997. The planktonic marine flagellates. In: Identifying marine phytoplankton, (ed., C.R. Tomas), Academic Press. San Diego, Chapter 5, 591-729.
- Tsai, A., Y., Gong, G., C., Sanders, R., W., Chiang, K., P. ve Chao, C., F., 2012. Heterotrophic bacterial and *Synechococcus spp.* Growth and mortality along the inshore-offshore in the East China Sea in summer, Journal of Oceanography, 68, 151- 162.
- Tremaine, S., C. ve Mills, A., L., 1987. Tests of the critical assumptions of the dilution method for estimating bacterivory by microeucaryotes, Applied Environmental Microbiology, 53, 2914- 2921.
- Tranvik, L., J., 1992. Allochthonous dissolved organic-matter as an energy-source for pelagic bacteria and the concept of the microbial loop, Hydrobiologia, 229, 107-114.
- Tugrul, S., Basturk, O., Saydam, C. ve Yilmaz, A., 1992. Changes in the hydrochemistry of the Black Sea inferred from water density profiles, Nature, 359, 137- 139.
- Ulloa, O., Sathyendranath, S., Platt, T. ve Quinones, R., A., 1992. Light scattering by marine heterotrophic bacteria, Journal of Geophysical Research, 97, 9619- 9629.
- Uysal, Z., 2000. Pigments, size and distribution of *Synechococcus spp.* in the Black Sea, Journal of Marine Systems, 24, 3, 313- 326.
- 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.
- Uysal, Z. ve Koksalan, I., 2006. The annual cycle of *Synechococcus* (cyanobacteria) in the northern Levantine Basin shelf waters (Eastern Mediterranean), Marine Ecology, 27, 3, 187- 197.
- Väätänen, P., 1980. Effects of environmental factors on microbial populations in brackish waters off the southern coast of Finland, Applied Environmental Microbiology, 40, 48- 54.

- Vazquez-Dominguez, E., Peters, F., Gasoll, J., M. ve Vaquel, D., 1998. Measuring the grazing losses of picoplankton: methodological improvements in the use of fluorescently labeled tracers combined with flow cytometry, Aquatic Microbial Ecology, 20, 119- 128.
- Vargas, C., A. ve Gonzalez, H., E., 2004. Plankton community structure and carbon cycling in a coastal upwelling system. I. Bacteria, microprotozoans and phytoplankton in the diet of copepods and appendicularians, Aquatic Microbial Ecology, 34, 151- 164.
- Veldhuis, M., J., W., Timmermans, K., R., Croot, P. ve Wagt, B., 2005. Picophytoplankton; a comparative study of their biochemical composition and photosynthetic properties, Journal of Sea Research, 53, 7- 24.
- Waterbury, J., B., Watson, S., W., Guillard, R., R., L. ve Brand, L., E., 1979. Wide-spread occurrence of a unicellular, marine planktonic, cyanobacterium, Nature, 277, 293- 294.
- Waterbury, J., B., 1984. In situ diel rhythms of marine *Synechococcus* EOS, Transaction American Geophysical Un, 65, 45, 896.
- Waterbury, J., B., Valois, F., W. ve Franks, D., G., 1986. Biological and ecological characterization of the marine unicellular cyanobacterium *Synechococcus*. In: T. Platt and W. K. W. Li (Eds), Photosynthetic picoplankton, Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Science, 214, 71- 120.
- Weisse, T., 1989. The microbial loop in the Red Sea: dynamics of pelagic bacteria and heterotrophic nanoflagellates, Marine. Ecological Progress Series, 55, 241- 250.
- Weisse, T., 1991. The annual cycle of heterotrophic freshwater nanoflagellates -role of bottom-up versus top-down control, Journal of Plankton Research, 13, 167- 185.
- Weisse, T., 1993. Dynamics of autotrophic picoplankton in marine and fresh water ecosystems, In: Jones, J. G. (eds.), Advances in Microbial Ecology, Plenum Press, New York, 13, 327- 370.
- Weisse, T., 2002. The significance of inter- and intraspecific variation in bacterivorous and herbivorous protists, Antonie Van Leeuwenhoek, 81, 327- 341.
- Whitman, W., B., Coleman, D., C. ve Wiebe, W., J., 1998. Prokaryotes, The unseen majority. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 95, 6578- 6583.
- White, P., A., Kalff, J., Rasmussen, J., B. ve Gasol, J., M., 1991. The effect of temperature and algal biomass on bacterial production and specific growth rate in freshwater and marine habitats, Microbial Ecology, 21, 99- 1.



- Wiebe, W., J., Sheldon, W., M., Jr. ve Pomeroy, L., R., 1992. Bacterial growth in the cold: evidence for an enhanced substrate requirement, Applied Environmental Microbiology, 58, 359- 364
- Wiebe, W., J., Sheldon, W., M., Jr ve Pomeroy, L., R., 1993. Evidence for an enhanced substrate requirement by marine mesophilic bacterial isolates at minimal growth temperatures, Microbial Ecology, 25, 151- 159.
- Wikner, J. ve Hagström, Å., 1988. Evidence for a tightly coupled nanoplanktonic predator-prey link regulating the bacterivores in the marine-environment, Marine Ecological Progress Series, 50, 137- 145
- Williams, P., J., LeB., 1984. Bacterial production in the marine food chain: the emperor's new suit of clothes? In: Fasham, M. J. R (ed.) Flows of energy and materials in marine ecosystems: theory and practice, Plenum Press, New York, 271- 29.
- Wright, R., T. ve Coffin, R., B., 1983. Planktonic bacteria and coastal waters of northern Massachusetts: Spatial and temporal distribution, Marine Ecological Progress Series 11, 205- 215.
- Worden, A., Z., Nolan, J., K. ve Palenik, B., 2004. Assessing the dynamics and ecology of marine picophytoplankton: the importance of the eukaryotic component, Limnology and Oceanography, 49, 168- 179.
- Yayla, M., Yılmaz, A. ve 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., Tuğrul, S., Polat, Ç., Ediger, D., Çoban, Y. ve Morkoç, 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. 2002. Türkiye Denizlerinin Biyojeokimyası: Dağılımlar ve Dönüşümler, Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences, 26, 219- 235.
- Yılmaz, A., Çoban-Yıldız, Y., Karakoç, F., T. ve 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.
- Yuan, Z., Li, Z., Tian, X., Sanjun, Z., Jiliang, X., Chaolun, L. ve Xiuren, N., 2011. Spatial and temporal variation of picoplankton distribution in the Yellow Sea, China, Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 13, 150- 162.
- Yuney, O., Vladimir, A., Baştürk, Ö., Yılmaz, A., Kideyş, A., E., Moncheva, S. ve Konovalov, S., K., 2002. Long-term Variation of Surface Chlorophyll-a and Primary Production in the open Black Sea, Marine Ecology Progress Series, 230, 11- 28.

- Zöllner, E., Hoppe, H., G., Sommer, U. ve Jürgens, K., 2009. Effect of zooplankton-mediated trophic cascades on marine microbial food web components (bacteria, nanoflagellates, ciliates), Limnology and Oceanography, 54, 1, 262- 27.
- Zubkov, M., V., Sleigh, M., A., Tarran, G., A., Burkill, P., H. ve Leakey, R., J., G., 1998. Picoplankton community structure on an Atlantic transect from 50° N to 50° S, Deep-Sea Research I, 45, 1339- 1355.
- Zubkov, M., V., Sleigh, M., A. ve Burkill, P., H., 2000a. Assaying picoplankton distribution by flow cytometry of underway samples collected along a meridional transect across the Atlantic Ocean, Aquatic Microbial Ecology, 21, 13- 20.
- Zubkov, M., V., Sleigh, M., A., Burkill, P. H. ve Leakey, R. J. G., 2000b. Picoplankton community structure on the Atlantic Meridional Transect: a comparison between seasons, Progress in Oceanography, 45, 369- 386.
- Zweifel, U., L., Wikner, J., Hagström, Å., Lundberg, E. ve Norrman, B., 1995. Dynamics of dissolved organic-carbon in a coastal ecosystem, Limnology and Oceanography, 40, 299- 305.

## ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında İzmir’de doğdu. İlköğrenim ve Liseyi İzmir ilinde tamamladı. 1994 yılında K.T.Ü. Rize Su Ürünleri Fakültesi’ni kazandı. Bir yıl kayıt dondurduktan sonra, 1995 yılında lisans eğitimine başladı ve 1999 yılında bu fakülteden mezun oldu. 2005–2006 Eğitim Öğretim yılında K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. KTÜ Rize Su Ürünleri Fakültesinin 2006 yılında Rize Üniversitesi’ne geçmesi dolayısıyla, 2008 yılında R.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2008-2009 Eğitim Öğretim yılında K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim dalında doktora eğitimine başladı. Ekim 2008 tarihinde R.Ü., Su Ürünleri Fakültesi’nde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi’nde araştırma görevlisi olarak çalışmakta ve İngilizce bilmektedir.