

Ece KILIÇ



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

**DOKTORA
TEZİ**

**GÖKSU NEHRİ (KUZEYDOĞU
AKDENİZ) ETKİ ALANI VE
ÇİVARINDA PİKOPANKTON
(HETEROTROFİK BAKTERİ,
SYNECHOCOCCUS ve
PROCHLOROCCUS)'UN
YÜZEY SULARI VE
SU KOLONUNDA
MEVSİMSEL DAĞILIMI**

Ece KILIÇ

SU ÜRÜNLERİ
ANABİLİM DALI

OCAK 2021

OCAK 2021





**GÖKSU NEHRİ (KUZEYDOĞU AKDENİZ) ETKİ ALANI VE CİVARINDA
PİKOPLANKTON (HETEROTROFİK BAKTERİ, *SYNECHOCOCCUS* ve
PROCHLOROCOCCUS)’UN YÜZEY SULARI VE SU KOLONUNDA
MEVSİMSSEL DAĞILIMI**

Ece KILIÇ

**DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2021

Ece KILIÇ tarafından hazırlanan “GÖKSU NEHRİ (KUZEYDOĞU AKDENİZ) ETKİ ALANI VE CİVARINDA PİKOPLANKTON (HETEROTROFİK BAKTERİ, *Synechococcus* ve *Prochlorococcus*)’UN YÜZEY SULARI VE SU KOLONUNDA MEVSİMSEL DAĞILIMI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Nebil YÜCEL

Su Ürünleri Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

.....

....

Başkan: Prof. Dr. Zahit UYSAL

Deniz Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

.....

....

Üye: Prof. Dr. Tahir ÖZCAN

Su Ürünleri Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

.....

.

Üye: Prof. Dr. Fatma ÇEVİK

İç Sular Biyolojisi Anabilim Dalı , Çukurova Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

.....

....

Üye: Prof. Dr. Şehriban ÇEK

Su Ürünleri Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

.....

....

Tez Savunma Tarihi: 12/01/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza
Ece KILIÇ
12/01/2021

GÖKSU NEHRİ (KUZEYDOĞU AKDENİZ) ETKİ ALANI VE CİVARINDA
PİKOPLANKTON (HETEROTROFİK BAKTERİ, *SYNECHOCOCCUS* ve
PROCHLOROCOCCUS)'UN YÜZEY SULARI VE SU KOLONUNDA MEVSİMSEL
DAĞILIMI
(Doktora Tezi)

Ece KILIÇ

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2021

ÖZET

Kuzeydoğu Akdeniz dünyanın en verimsiz denizi olarak bilinmesine rağmen, nehirler tarafından taşınan zengin besin tuzu içeriği sayesinde kıyısız alanlar oldukça verimli durumdadır. Bu nedenle, nehirlerden gelen besin tuzunun, birincil üretime katkı yapan gruplara olan etkisini anlamak bölgedeki biyolojik dinamiklerin anlaşılması için önem arz etmektedir. Bu çalışmanın ilk kısmında Göksu Nehri'nden Akdeniz'e taşınan besin tuzu miktarı tespit edilmiş ve uydu görüntülerinden de faydalanılarak nehir sularının birincil üretime yaptığı katkı araştırılmıştır. Sonuçlar Kuzeydoğu Akdeniz'e Göksu Nehri aracılığıyla ulaşan yıllık NO_2 , NO_3 , NH_4 ve PO_4 yükünün sırasıyla 33 ton/yıl, 2.294 ton/yıl, 887 ton/yıl ve 342 ton/yıl olduğunu ortaya koymuştur. Uydu görüntüleri nehrin etki alanı boyunca ortalama $0,25 \text{ mg/m}^3$ düzeyinde seyreden klorofil-*a* (klo-*a*) konsantrasyonunun, açık sularda 2,5 kat azalarak $0,10 \text{ mg/m}^3$ seviyesine kadar düştüğünü ortaya koymuştur. Besin tuzu yükü ile yüzeydeki klo-*a* miktarı arasındaki ilişki incelendiğinde, bölgedeki birincil üretimi etkileyen temel faktörün PO_4 olduğu, NO_2 , NO_3 , NH_4 yükleri ile klo-*a* miktarı arasında direk bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Tez çalışmasının ikinci kısmında Kuzeydoğu Akdeniz'de birincil üretime en fazla katkı yapan grup olan pikoplanktonun Göksu Nehri etki alanı ve etrafındaki dağılımı mevsimsel olarak hem su yüzeyinde hem de su kolonunda incelenmiştir. Mersin Körfezi'nin batısını, Göksu Nehri etki alanı ve verimsiz açık suları kapsayan 50 farklı istasyonda mevsimlik olarak yapılan izleme çalışmaları sonucunda su yüzeyindeki en düşük ve en yüksek piko-ökaryot, *Synechococcus*, *Prochlorococcus*, heterotrofik bakteri bolluğu (hücre/mL) sırasıyla $1-1,2 \times 10^3$, $0,6 \times 10^3-9,7 \times 10^4$, $8 \times 10^2-7,3 \times 10^4$ ve $3 \times 10^4-58 \times 10^4$ arasında değişim göstermiştir. Piko-ökaryot bolluğu yalnızca Göksu Nehri etki alanı içerisindeki istasyonlarda daha yüksek bulunmuş olup, açıklardan kıyılara doğru gidildikçe ortalama bolluk 1,4 kat azalmıştır. Fotosentetik pikoplankton içerisinde en baskın grup olan *Synechococcus*'un ortalama bolluğu ise kıyıda açıklara doğru 1,2 kat artış göstermiştir. Ortalama *Prochlorococcus* bolluğu ise nehir etki alanı içerisindeki istasyonlarda açık sulardaki istasyonlara kıyasla 4 kat daha fazla tespit edilmiştir. Heterotrofik bakterilerin ortalama bolluğu kıyısız alanlardan açık sulara doğru 1,5 kat azalmıştır. Heterotrofik bakteriler pikoplankton kompozisyonundaki en baskın grup olarak tespit edilmiş olup, bolluklarının üreticilerin toplamına oranı 35 kata kadar ulaşmıştır. Tabakalaşmanın etkin olduğu ekim ve temmuz aylarında *Synechococcus*, *Prochlorococcus* ve bakteri bolluğu derin klorofil maksimum'da (DKM) artış gösterirken, piko-ökaryotların bolluğu genellikle derinliğe bağlı olarak azalmıştır. Temel bileşenler analizi sonucunda pikoplankton bolluğu ve kompozisyonunu mevsimsel değişimini etkileyen birincil faktörler sıcaklık, NO_2+NO_3 konsantrasyonu, Si konsantrasyonu ve derinlik olarak tespit edilmiştir.

Bölgesel değişimi açıklayan birincil faktörler ise tuzluluk, PO₄ konsantrasyonu, NO₂+NO₃ konsantrasyonu, Si konsantrasyonu ve derinlik olarak tespit edilmiştir.



Anahtar Kelimeler : Piko-ökaryot, *Synechococcus*, *Prochlorococcus*, heterotrofik bakteri, Kuzeydoğu Akdeniz, uydu görüntüleri, Göksu Nehri

Sayfa Adedi : 154 sayfa

Danışman : Doç. Dr. Nebil YÜCEL

SEASONAL DISTRIBUTION OF PIKOPLANKTON (HETEROTROFIC BACTERIA,
SYNECHOCOCCUS and *PROCHLOROCOCCUS*) IN THE SURFACE WATER AND
WATER COLUMN OF GOKSU RIVER DISCHARGE AREA (NORTHEAST
MEDITERRANEAN)

(Ph. D. Thesis)

Ece KILIÇ

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

January 2021

ABSTRACT

Although the Northeast Mediterranean (NEM) is known as the most oligotrophic sea in the world, wide shelf basin are fed by nutrient rich rivers which lead to the highly eutrophic conditions. For that reason, understanding the effect of nutrients salts carried by rivers on the primary producer groups is significantly important for the determination of biological dynamics in the region. In the first part of this study, the amount of nutrient salt transported from Göksu River to the Mediterranean was determined and effect of Göksu River on the primary production was investigated by using satellite images. The annual NO_2 , NO_3 , NH_4 and PO_4 load carried by Göksu River to NEM was found as 33 tons/year, 2294 tons/year, 887 tons /year and 342 tons/year, respectively. Satellite images showed that the average chlorophyll-*a* (chl-*a*) concentration of was decreased from 0.25 mg/m^3 to 0.10 mg/m^3 indicating 2.5 folds decrease from river discharge area to offshore waters. When the relationship between nutrient load and the surface chl-*a* concentration was examined, PO_4 load was found as the main factor affecting primary production in the region. On the other hand, there was no direct relationship detected between NO_2 , NO_3 , NH_4 loads and surface chl-*a* concentration. In the second part of the thesis study, the distribution of picoplankton, which is the main contributing group to the primary production in the Northeast Mediterranean, has been analyzed seasonally both on the surface water and in the water column. Seasonal monitoring studies were conducted at 50 different stations covering Mersin Bay, Göksu River impact area and oligotrophic offshore waters. Minimum and maximum pico-eukaryotes, *Synechococcus*, *Prochlorococcus*, heterotrophic bacteria abundance (cell / mL) in the sea surface were found as $1-1.2 \times 10^3$, $0.6 \times 10^3-9.7 \times 10^4$, $8 \times 10^2-7.3 \times 10^4$ ve $3 \times 10^4-58 \times 10^4$, respectively. Pico-eukaryotes abundance found to be highest at the Göksu River discharge area and their annual abundance was decreased by 1.4 folds from inshore to offshore waters. On the other hand, *Synechococcus* which is the most dominant group in photosynthetic picoplankton was increased by 1.2 folds from inshore to offshore waters. The average *Prochlorococcus* abundance was increased by 4 folds from the river impacted area to offshore area. The average abundance of heterotrophic bacteria was decreased by 1.5 folds from coastal areas to open water. Heterotrophic bacteria found as the most dominant group in the picoplankton composition, and the ratio of their abundance to the photosynthetic picoplankton has reached up to 35 times. While the abundance of *Synechococcus*, *Prochlorococcus* and bacteria increased in deep chlorophyll maximum (DKM) in October and July when stratification was effective, the pico-eukaryotes abundance was generally decreased with depth. As a result of principal component analysis, the primary factors affecting the seasonal variation of picoplankton abundance and composition were

determined as temperature, $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ concentration, Si concentration and depth. Similarly, primary factors explaining the regional variation were determined as salinity, PO_4 concentration, $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ concentration, Si concentration and depth.

Keywords : Pico-eukaryotes, *Synechococcus*, *Prochlorococcus*, heterotrophic bacteria, Northeast Mediterranean, satellite images, Göksu River

Page Number : 154 pages

Advisor : Assoc. Dr.Nebil YÜCEL

TEŞEKKÜR

Doktoraya başladığım andan bu yana daha iyisini yapmam için beni teşvik eden ve desteklerini esirgemeyen sevgili danışmanım Doç. Dr. Nebil YÜCEL'e, yürütücüsü olduğu projede çalışmama izin veren, laboratuvarını kullanımıma açan ve tez izleme komisyonumda yer alarak tezime önemli katkılarda bulunan Prof. Dr. Zahit UYSAL'a, öneri ve görüşleri ile tezimi destekleyen tez izleme komisyonu üyesi Prof. Dr. Tahir ÖZCAN'a, biyolojik verilerin daha kapsamlı değerlendirilmesi için kimyasal ve fiziksel oşinografik verileri benimle paylaşan ve sonuçların değerlendirilmesinde yaptığı öneriler ile çalışmaya önemli katkılar sunan Prof. Dr. Süleyman TUĞRUL'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Deniz seferlerinde emeklerini sunan Orta Doğu Teknik Üniversitesi RV/Bilim-2 gemisi personeline, verilerin analizinde emeği geçen bütün ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü personeline, akış-sitometri cihazının kullanımını bana öğreten Mertkan TÜER'e ve enstitü kampüsünde araştırmalarımı sürdürürken bana yardım eden Arş. Gör. İsmail AKÇAY'a teşekkürlerimi sunarım. Görüşlerini eksik etmeyip, tezimin daha başarılı olması için benimle konuşan, tartışan, destekleyen çalışma arkadaşım Arş. Gör. Alper YANAR'a minnetlerimi sunarım.

Hayattaki çoğu başarımın yegâne mimarı olan kıymetli annem Fatma DOĞRU'ya, varlığı ile hayatıma neşe katan canım kardeşim Gözde ERDAMAR'a sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım. Hem akademik hayatta hem de gerçek hayatta en büyük destekçim olan, doktora çalışmalarım sırasında benim çalışabilmem için gerekli olan bütün fedakârlıkları tüm kalbiyle kabullenen ve beni destekleyen hayat arkadaşım Rıza Kutay KILIÇ'a, daha iyisini yapmam için gerekli teşviki varlıkları ile sağlayan kızım Duru KILIÇ'a ve doğacak oğlum Deniz Mete KILIÇ'a şükranlarımı sunarım.

Bu doktora tezinin ikinci kısmı TUBITAK tarafından desteklenen 116Y125 numaralı "HES'ler (HidroElektrik Santralleri) ve Deniz Ekosistemlerine Olası Etkileri" isimli projeden desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GENEL GİRİŞ.....	1
2. GÖKSU NEHRİ'NDEN GELEN BESİN TUZLARININ KUZEYDOĞU AKDENİZ'DEKİ BİRİNCİL ÜRETİME ETKİSİ.....	8
2.1. Giriş.....	8
2.2. Materyal ve yöntem.....	10
2.2.1. Çalışma alanı.....	10
2.2.2. Veri seti.....	11
2.2.3. Göksu Nehri'nden denize dökülen besin yükünün hesaplanması.....	12
2.2.4. Uydu görüntüleri.....	13
2.2.5. İstatistiksel analizler.....	13
2.3. Bulgular.....	14
2.3.1. Besin tuzu konsantrasyonunda meydana gelen değişimler.....	14
2.3.2. Besin tuzu yükünde meydana gelen değişimler.....	15
2.3.3. Yüzey klorofil- <i>a</i> konsantrasyonunda meydana gelen değişimler.....	18
2.4. Tartışma.....	26
2.4.1. Besin tuzu derişiminin değerlendirilmesi.....	26

Sayfa

2.4.2. Besin tuzu yükünün değerlendirilmesi.....	31
2.4.3. Belirsizlik analizi	33
2.4.4. Uydu görüntülerinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi	33
2.4.5. Besin tuzu yükü ile yüzey klorofil- <i>a</i> konsantrasyonu arasındaki ilişki	37
2.5. Sonuçlar.....	45
3. GÖKSU NEHRİ (KUZEYDOĞU AKDENİZ) ETKİ ALANI VE CİVARINDA PİKOPLANKTON (HETEROTROFİK BAKTERİ, SYNECHOCOCCUS, PROCHLOROCOCCUS, PİKO-ÖKARYOT)'UN YÜZEY SULARI VE SU KOLONUNDA MEVSİMSEL DAĞILIMI.....	46
3.1. Giriş.....	46
3.2. Materyal ve yöntem	48
3.2.1. Çalışma alanı.....	48
3.2.2. Sefer planı ve örnekleme stratejisi	49
3.2.3. Akış-sitometri cihazı	52
3.2.4. Hücre sayımı	53
3.3. Bulgular	57
3.3.1. Ekim 2017 sefer sonuçları.....	58
3.3.2. Şubat 2017 sefer sonuçları	65
3.3.3. Nisan 2017 sefer sonuçları	74
3.3.4. Temmuz 2017 sefer sonuçları	82
3.3.5. İstatistiksel analiz sonuçları	90
3.4. Tartışma.....	98
3.4.1. Fiziksel parametrelerin mevsimsel ve bölgesel değişimleri	98
3.4.2. Kimyasal parametrelerin mevsimsel ve bölgesel değişimleri.....	100
3.4.3. Piko-ökaryot bolluğunun değişimi.....	102
3.4.4. <i>Synechococcus</i> bolluğunun değişimi	107

Sayfa

3.4.5. <i>Prochlorococcus</i> bolluğunun değişimi	113
3.4.6. Heterotrofik bakteri bolluğunun değişimi	118
3.4.7. Göksu Nehri'nin pikoplankton bolluğuna etkisi	122
3.4.8. Pikoplankton kompozisyonunun değişimi	122
3.4.9. Temel Bileşenler Analizi sonuçlarının yorumlanması	128
3.5. Sonuçlar	1299
4. SONUÇ ve ÖNERİLER	132
KAYNAKÇA	134
ÖZGEÇMİŞ	149

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Ortalama besin tuzu konsantrasyonunun yıllara bağlı değişimi	14
Çizelge 2.2. 1992-2017 yılları arasındaki ortalama besin tuzu miktarının (μM) mevsimlere bağlı olarak değişimi	15
Çizelge 2.3. Göksu Nehri'nden Akdeniz'e ulaşan yıllık ortalama besin tuzu yükü	17
Çizelge 2.4. 1992-2017 yılları arasındaki ortalama besin tuzu yükünün (ton/ay) mevsimlere bağlı olarak değişimi	17
Çizelge 2.5. Yüzey klorofil- <i>a</i> (mg/m^3) yıllara bağlı olarak değişimi.....	24
Çizelge 2.6. YSYT tarafından belirlenen standartlar	27
Çizelge 2.7. Besin tuzları ile klorofil- <i>a</i> konsantrasyonu arasındaki ilişki	40
Çizelge 3.1. İstasyon koordinatları ve örnekleme stratejisi	51
Çizelge 3.2. Çalışma dönemi boyunca su yüzeyindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelere ait tanımlayıcı istatistik sonuçları	57
Çizelge 3.3. Ekim ayı Spearman's Korelasyon Analizi Sonuçları	94
Çizelge 3.4. Şubat ayı Spearman's Korelasyon Analizi Sonuçları.....	94
Çizelge 3.5. Nisan ayı Spearman's Korelasyon Analizi Sonuçları.....	95
Çizelge 3.6. Temmuz ayı Spearman's Korelasyon Analizi Sonuçları.....	95
Çizelge 3.7. PCA sonucunda elde edilen varyans faktörleri (VF) ve onlara ait faktör yükleri	96
Çizelge 3.8. PCA sonucunda elde edilen varyans faktörleri (VF) ve onlara ait faktör yükleri	97
Çizelge 3.9. Geçmiş yıllarda piko-ökaryot bolluğuna (hücre/mL) ait veriler.....	106
Çizelge 3.10. Geçmişte bulunan <i>Synechococcus</i> bolluk (hücre/mL) değerleri	112
Çizelge 3.11 Geçmişte bulunan <i>Prochlorococcus</i> bolluk (hücre/mL) değerleri	117
Çizelge 3.12. Geçmişte bulunan heterotrofik bakteri bolluk (hücre/mL) değerleri.....	121

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Güneş ışığının derinliğe bağlı olarak emilimi	2
Şekil 1.2. Mikrobiyal Döngü	4
Şekil 1.3. Levant baseni batimetre haritası	5
Şekil 1.4. Levent baseni akıntı diyagramı	6
Şekil 2.1 Silifke ilçesindeki 1970-2010 yıllarına ait ortalama yağış ve sıcaklık grafiği	10
Şekil 2.2. Kargacık istasyonuna ait mevsimlere bağlı olarak ortalama debi değişimi	11
Şekil 2.3. Göksu Nehri arazi kullanımı haritası	12
Şekil 2.4. Göksu Nehri'ndeki besin tuzu miktarının mevsimsel değişimi	16
Şekil 2.5. Göksu Nehri'nden dökülen besin tuzu yükünün mevsimsel değişimi.....	18
Şekil 2.6. 2003-2006 yılları arasındaki mevsimlik ortalama klo- <i>a</i> (mg/m ³) yüzey dağılımı.....	19
Şekil 2.7. 2007-2010 yılları arasındaki mevsimlik ortalama klo- <i>a</i> (mg/m ³) yüzey dağılımı	20
Şekil 2.8. 2011-2015 yılları arasındaki mevsimlik ortalama klo- <i>a</i> (mg/m ³) yüzey dağılımı.....	21
Şekil 2.9. 2003-2017 yılları arasındaki mevsimlik ortalama klo- <i>a</i> (mg/m ³) yüzey dağılımı	22
Şekil 2.10. Aylık ortalama klorofil- <i>a</i> bilgisi elde edilen istasyonlar	23
Şekil 2.11. İstasyon tiplerine göre 2003-2017 yılları arasındaki ortalama klorofil- <i>a</i> konsantrasyonunun (mg/m ³) zamana bağlı değişimi	25
Şekil 2.12. Göksu Nehri'ndeki su kalitesinin YSYY standartları ile karşılaştırılması.....	29
Şekil 2.13. Yağış ile Göksu Nehri debisi arasındaki ilişki	29
Şekil 2.14. Göksu Nehri'ndeki ortalama NO ₃ /PO ₄ oranının yıllara bağlı değişimi.....	30
Şekil 2.15. Besin tuzu konsantrasyonlarının mevsimlere bağlı olarak değişimi	30
Şekil 2.16. Göksu Nehri'nden denize boşalan besin tuzu yükü miktarı	31

Şekil	Sayfa
Şekil 2.17. Besin yükünün mevsimlere bağlı değişimi.....	32
Şekil 2.18. Göksu Nehri etki alanı içerisindeki 2002-2020 yılları arasındaki klo- <i>a</i> konsantrasyonunun değişimini gösteren grafik.....	34
Şekil 2.19. Farklı karakterdeki istasyonlardaki klo- <i>a</i> konsantrasyonunun (mg/m ³) değişimi	34
Şekil 2.20. Mansap, etki alanı ve açık sulara ait istasyonlardaki 2003-2017 yılları arasındaki aylık ortalama klorofil- <i>a</i> derişimi	36
Şekil 2.21. Üç istasyondaki klorofil- <i>a</i> konsantrasyonunun (mg/m ³) mevsimsel değişimi	37
Şekil 2.22. Denizlere ve okyanuslara N ve P tuzlarını taşıyan temel olaylar	39
Şekil 2.23. Klorofil- <i>a</i> konsantrasyonu ile NO ₂ arasındaki ilişki	41
Şekil 2.24. Klorofil- <i>a</i> konsantrasyonu ile NO ₃ arasındaki ilişki	42
Şekil 2.25. Klorofil- <i>a</i> konsantrasyonu ile NH ₄ arasındaki ilişki	43
Şekil 2.26. Klorofil- <i>a</i> konsantrasyonu ile PO ₄ arasındaki ilişki	44
Şekil 3.1. Örnekleme istasyonlarını da kapsayacak şekilde çalışma alanı	48
Şekil 3.2. Fiziksel parametrelerin derinliğe bağlı olarak değişimi	58
Şekil 3.3. Ekim ayında besin tuzu (PO ₄ , Si, NO ₃ +NO ₂) derişiminin (µM) derinliğe bağlı olarak değişimi	59
Şekil 3.4. Ekim ayında yüzey suyundaki klorofil- <i>a</i> dağılımı	59
Şekil 3.5. Ekim ayında piko-ökaryot bolluğunun su kolonundaki değişimi.....	60
Şekil 3.6. Ekim ayında piko-ökaryot bolluğunun yüzeydeki dağılımı	61
Şekil 3.7. Ekim ayında <i>Synechococcus</i> bolluğunun su kolonundaki değişimi	62
Şekil 3.8. Ekim ayında <i>Synechococcus</i> bolluğunun yüzeydeki dağılımı.....	62
Şekil 3.9. Ekim ayında <i>Prochlorococcus</i> bolluğunun su kolonundaki değişimi	63
Şekil 3.10. Ekim ayında <i>Prochlorococcus</i> bolluğunun yüzeydeki dağılımı.....	64
Şekil 3.11. Ekim ayında heterotrofik bakteri bolluğunun su kolonundaki değişimi	65
Şekil 3.12. Ekim ayında heterotrofik bakteri bolluğunun yüzeydeki dağılımı	65

Şekil	Sayfa
Şekil 3.13. Şubat ayında fiziksel parametrelerin su kolonundaki değişimi	66
Şekil 3.14. Şubat ayında besin tuzu (PO ₄ , Si, NO ₃ +NO ₂) derişiminin (µM) derinliğe bağılı olarak değişimi	67
Şekil 3.15. Şubat döneminde yüzey suyundaki klorofil- <i>a</i> dağılımı	67
Şekil 3.16. Şubat ayında piko-ökaryot bolluğunun su kolonundaki değişimi	68
Şekil 3.17. Şubat ayında yüzeydeki piko-ökaryot dağılımı	69
Şekil 3.18. Şubat ayında <i>Synechococcus</i> bolluğunun su kolonundaki değişimi.....	70
Şekil 3.19. Şubat ayında yüzeydeki <i>Synechococcus</i> dağılımı.....	70
Şekil 3.20. Şubat ayında yüzeydeki <i>Prochlorococcus</i> dağılımı	71
Şekil 3.21. Şubat ayında yüzeydeki <i>Prochlorococcus</i> dağılımı	72
Şekil 3.22. Şubat ayında heterotrofik bakterinin su kolonunda dağılımı.....	73
Şekil 3.23. Şubat ayında heterotrofik bakteri bolluğunun su yüzeyinde dağılımı	73
Şekil 3.24. Nisan ayında fiziksel parametrelerin su kolonundaki değişimi	74
Şekil 3.25. Nisan ayında besin tuzu (PO ₄ , Si, NO ₃ +NO ₂) derişiminin (µM) derinliğe bağılı olarak değişimi	75
Şekil 3.26. Nisan döneminde su yüzündeki klorofil- <i>a</i> dağılımı	75
Şekil 3.27. Nisan ayında piko-ökaryotların su kolonunda dağılımı.....	76
Şekil 3.28. Nisan ayında piko-ökaryotların su yüzeyinde dağılımı	77
Şekil 3.29. Nisan ayında <i>Synechococcus</i> su kolonunda dağılımı	78
Şekil 3.30. Nisan ayında <i>Synechococcus</i> su yüzeyinde dağılımı.....	78
Şekil 3.31. Nisan ayında <i>Prochlorococcus</i> su kolonunda dağılımı	79
Şekil 3.32. Nisan ayında <i>Prochlorococcus</i> su yüzeyinde dağılımı.....	80
Şekil 3.33. Nisan ayında heterotrofik bakteri su kolonunda dağılımı.....	81
Şekil 3.34. Nisan ayında heterotrofik bakteri bolluğunun yüzeyde dağılımı	81
Şekil 3.35. Temmuz ayında fiziksel parametrelerin su kolonundaki değişimi	82
Şekil 3.36 Besin tuzu derişiminin (µM) derinliğe bağılı olarak değişimi.....	83

Şekil	Sayfa
Şekil 3.37. Temmuz ayında yüzey suyundaki klorofil- <i>a</i> dağılımı.....	83
Şekil 3.38. Temmuz ayında piko-ökaryotların su kolonunda dağılımı.....	84
Şekil 3.39. Temmuz ayında piko-ökaryotların su yüzeyinde dağılımı	85
Şekil 3.40. Temmuz ayında <i>Synechococcus</i> su kolonunda dağılımı	86
Şekil 3.41. Temmuz ayında <i>Synechococcus</i> su yüzeyinde dağılımı.....	86
Şekil 3.42. Temmuz ayında <i>Prochlorococcus</i> su kolonunda dağılımı	87
Şekil 3.43. Temmuz ayında <i>Prochlorococcus</i> su yüzeyinde dağılımı.....	88
Şekil 3.44. Temmuz ayında heterotrofik bakteri su kolonunda dağılımı.....	89
Şekil 3.45. Temmuz ayında heterotrofik bakteri bolluğunun yüzeyde dağılımı.....	89
Şekil 3.46. Sıcaklık ve tuzluluğun mevsimsel olarak 3 farklı istasyonda değişimi.....	99
Şekil 3.47 Besin tuzlarının mevsimsel olarak 3 farklı istasyonda değişimi	101
Şekil 3.48. Piko-ökaryot bolluğunun mevsimlere göre su kolonunda değişimi	103
Şekil 3.49. Piko-ökaryot bolluğu ile sıcaklık arasındaki ilişki	104
Şekil 3.50. Piko-ökaryot bolluğu ile tuzluluk arasındaki ilişki.....	104
Şekil 3.51. Piko-ökaryot bolluğu ile PO ₄ konsantrasyonu arasındaki ilişki	105
Şekil 3.52. Piko-ökaryot bolluğu ile NO ₂ + NO ₃ konsantrasyonu arasındaki ilişki	105
Şekil 3.53. <i>Synechococcus</i> bolluğunun mevsimlere bağlı olarak değişimi	108
Şekil 3.54 <i>Synechococcus</i> ile sıcaklık arasındaki ilişki	109
Şekil 3.55. <i>Synechococcus</i> ile tuzluluk arasındaki ilişki.....	109
Şekil 3.56. <i>Synechococcus</i> ile PO ₄ konsantrasyonu arasındaki ilişki	110
Şekil 3.57. <i>Synechococcus</i> ile NO ₂ +NO ₃ konsantrasyonu arasındaki ilişki	110
Şekil 3.58. <i>Prochlorococcus</i> bolluğunun mevsimlere bağlı olarak değişimi	114
Şekil 3.59. <i>Prochlorococcus</i> ile sıcaklık arasındaki ilişki	115
Şekil 3.60. <i>Prochlorococcus</i> ile tuzluluk arasındaki ilişki	115
Şekil 3.61. <i>Prochlorococcus</i> ile PO ₄ konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	116

Şekil	Sayfa
Şekil 3.62. <i>Prochlorococcus</i> ile NO ₂ +NO ₃ konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	116
Şekil 3.63. Heterotrofik bakteri bolluğunun mevsimlere bağlı olarak değişimi.....	119
Şekil 3.64. Heterotrofik bakteri ile sıcaklık arasındaki ilişki.....	119
Şekil 3.65. Heterotrofik bakteri ile tuzluluk arasındaki ilişki.....	120
Şekil 3.66. Heterotrofik bakteri ile PO ₄ konsantrasyonu arasındaki ilişki	120
Şekil 3.67. Heterotrofik bakteri ile NO ₂ +NO ₃ konsantrasyonu arasındaki ilişki	120
Şekil 3.68. Ortamın oligotrofik koşullarına bağlı olarak pikoplankton bolluğunda görülen değişimler (Eksenlere air skalalar farklıdır).....	123
Şekil 3.69. Su kolonunda pikoplankton gruplarının mevsimlere bağlı olarak dağılımı	123
Şekil 3.70. Ekim ayı su kolonundaki pikoplankton kompozisyonu değişimi	125
Şekil 3.71. Şubat ayı su kolonundaki pikoplankton kompozisyonu değişimi	125
Şekil 3.72. Nisan ayı su kolonundaki pikoplankton kompozisyonu değişimi	125
Şekil 3.73. Temmuz ayı su kolonundaki pikoplankton kompozisyonu değişimi	125
Şekil 3.74. Ekim ayı su kolonundaki pikofitoplankton kompozisyonu değişimi	127
Şekil 3.75. Şubat ayı su kolonundaki pikofitoplankton kompozisyonu değişimi.....	127
Şekil 3.76. Nisan ayı su kolonundaki pikofitoplankton kompozisyonu değişimi.....	127
Şekil 3.77. Temmuz ayı su kolonundaki pikofitoplankton kompozisyonu değişimi.....	127

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Akış sitometre cihazının çalışma prensibi (Daniel, 2004).....	53
Resim 3.2. Sitogram (Pico-ökaryot, <i>Synechococcus</i> ve <i>Prochlorococcus</i> bolluk ölçüm sonucu) ekran görüntüsü	54
Resim 3.3. Heterotrofik bakteri bolluk ölçümü sitogram ekran görüntüsü	54



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
≈	Yaklaşık olarak
μM	Mikro Molar
μm	Mikrometre
‰	Binde
C	Karbon atomu
Ca	Kalsiyum atomu
H	Hidrojen atomu
klo- <i>a</i>	klorofil- <i>a</i>
Mg	Magnezyum atomu
N	Azot atomu
NH ₄	Amonyum azotu
NO ₂	Nitrit azotu
NO ₃	Nitrat azotu
°C	Derece santigrat
P	Fosfor atomu
PO ₄	Çözünmüş fosfat
S	Kükürt atomu
Si	Silisyum atomu
TP	toplam fosfat tuzları
Kısaltmalar	Açıklama
ÇOK	Çözünmüş organik karbon
DKM	Derin klorofil maksimum
DO	Çözünmüş oksijen
DSİ	Devlet Su İşleri
EMCC	Eastern Mediterranean Climate Center
FUC	Fucoxantin

Het. Bak.	Heterotrofik Bakteri
Hz	Hertz
ist	istasyon
kg	kilogram
km²	kilometrekare
L	litre
m³	metreküp
MAW	Modifiye Atlantik Suyu
mg	milligram
mL	mililitre
NEM	Northeastern Mediterranean
nm	nanometer
PC	phycocyanin
PE	phycoerythrin
PER	peridinin
Piko	piko-ökaryot
Pro	<i>Prochlorococcus</i>
Rpm	devir/dakika
Syn	<i>Synechococcus</i>
VF	varyans faktörü
YSYY	Yüzey Suları Yönetimi Yönetmeliği
ZEA	Zeaxanthin
µg	mikrogram

1. GENEL GİRİŞ

Plankton hareketsiz anlamına gelen Yunanca “planktos” kelimesinden gelmektedir ve suda aktif olarak yer değiştirmesini sağlayacak organlara sahip olmayan, su akıntısının etkisi ile sürüklenen, yani hareket yeteneği suyun hareketine bağımlı olan, canlı topluluğu olarak tanımlanmaktadır. Plankton, biyolojik özelliklerine göre incelendiğinde, fotosentez yapma özelliğine sahip olan türler fitoplankton olarak adlandırılırken, hayvansal olarak nitelendirilen türler ise zooplankton olarak adlandırılır.

Biyolojik sınıflandırmanın yanı sıra büyüklüklerine göre de plankton 7 ana grupta incelenebilir ve bu ayrımı gösteren tablo aşağıda belirtilmiştir (Tablo 1.1).

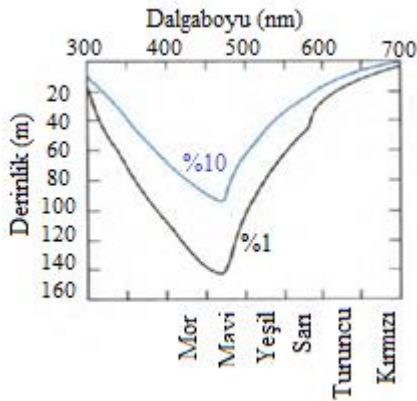
Tablo 1.1. Büyüklüklerine göre plankton sınıflandırması (Redden ve diğerleri, 2009)

Sınıf	Boyut Aralığı	Örnek
Femtoplankton	<0.2 µm	Deniz virüsleri
Pikoplankton	0.2– 2 µm	küçük ökaryotik protistler; bakteriler; <i>Chrysophyta</i>
Nanoplankton	2-20 µm	küçük fitoplanktonlar, diatomlar, flagellatlar, küçük kirpikliler (ciliates)
Mikroplankton	20-200 µm	büyük fitoplanktonlar, koloni oluşturan diatomlar, dinoflagellatlar
Mesoplankton	0,2-20 mm	bentik canlı larvaları, kopepodlar, küçük salplar
Makroplankton	2-20 cm	kril ve deniz anası, salp
Megoplankton	<20 cm	Büyük deniz anası

Planktonun boyutuna göre sınıflandırılması taksonomik olarak bir anlam taşımaz ya da onların besin ihtiyaçlarına dair bir ipucu vermez. Her sınıfta ototrof (kendi besin maddesini üretebilen), heterotrof (besini dışarıdan hazır olarak temin eden) canlılar bulunabilir (Redden ve diğerleri, 2009). Bunlardan bağımsız olarak, planktonun büyüklüğü onun suya bağlı olarak hareket etmesini, suda dibe batmamasını, besine daha rahat ulaşabilmesini etkiler (Redden ve diğerleri, 2009). Fototrofik pikoplankton (siyanobakteriler) yüksek yüzey-hacim oranına sahiptir. Bundan dolayı fotosentezin gerçekleştiği öfotik zonda kolaylıkla asılı kalır (Worden, 2008). Fototrofik nanoplankton ise öfotik zonda kalabilmek için çeşitli mekanizmalar geliştirmiştir. Yüzey-hacim oranlarını arttıracak şekilde uzantılar geliştirirler ya da filamentler oluştururlar (Lännergren, 1979), hücrelerinin için hava baloncukları ya da yağ hücreleri depolarlar, hücrelerinde daha fazla su tutarlar (Cirik ve Gökpinar, 2008). Benzer şekilde besin miktarının az olduğu oligotrofik denizlerde pikoplanktonun az olan besine ulaşması büyük hücrelere

oranla çok daha kolay olmaktadır (Redden ve ark., 2009). Bu durumun bir sonucu olarak besin tuzu miktarının fazla olduğu denizlerde ve kıyısız alanlarda büyük boyutlu hücreler daha baskın iken, oligotrofik denizlerde ve açık sularda pikoplankton hâkimiyeti vardır (Yücel, 2013; Yücel ve Uysal, 2017).

Planktonun dağılımını, baskınlığını ve mevsimsel değişimi etkileyen belirli parametreler vardır. Işık bunların başında yer almaktadır. Suya gelen ışınlar farklı dalga boylarına göre farklı açılarda kırılarak yansır veya emilerek belirli derinliğe ulaşır. Uzun dalga boyuna sahip ışınların (kırmızı ve turuncu ışınlar) sularda emilimi çok az olmasına rağmen, kısa dalga boyunda olanların (mavi, yeşil) emilimi daha fazla olup, bu ışınlar daha derinlere kadar inebilir (Şekil 1.1) (Cirik ve Gökpınar, 2008). Fototrofik canlılar güneş ışığını soğurabilmek için farklı pigmentlere sahiptir. Dinoflagellatlar peridinin (PER), diatomlar fucoxantin (FUC), siyanobakteriler zeaxanthin (ZEA) gibi pigmentler içermektedir (Jeffrey, Mantoura ve Wright, 1997). Her pigment türü, farklı dalga boyundaki ışığı soğurduğundan, bölgede baskın olan tür derinliğe ve mevsime göre değişim göstermektedir.



Şekil 1.1. Güneş ışığının derinliğe bağlı olarak emilimi (Lalli ve Parsons, 1997)

Işığa benzer şekilde sıcaklık da plankton fizyolojisini etkileyen önemli bir parametredir. Her plankton türünün optimum şartlarda yaşayabileceği bir sıcaklık değeri vardır ve o sıcaklığa yakın değerlerde yaşamını sürdürebilir. Ayrıca, sıcaklıktaki mevsimsel değişikliklere bağlı olarak gerçekleşen yukarı ya da aşağı yönlü dikey (konvektif) taşınma hareketleri, baskın olan plankton türlerini ve birincil üretimi doğrudan etkilemektedir (Estrada, 1996).

Fitoplanktonun gelişimi için gerekli olan C, H, N, P, S, Ca ve Si gibi elementler, major elementler olarak adlandırılırlar ve nükleik asitlerin, proteinlerin, karbonhidratların ve yağların yapısına katılırlar. Bununla beraber bazı enzimlerin yapısında kullanılmak üzere potasyum, kalsiyum, magnezyum, bakır, çinko, mangan ve demir gibi katyonlara az miktarda dahi olsa

ihtiyaç duyarlar (Munn, 2004; Cirik ve Gökpinar, 2008). Fitoplankton büyümesini kısıtlayan temel maddeler N ve P olarak bilinmektedir (Redden ve diğerleri, 2009). Fitoplankton hücreleri çözülmüş karbon, azot ve fosfatı Redfield oranı olarak bilinen (106C:16N:1P) sabit bir oran ile hücre içine alır. Bu orandan sapmayı doğuran parametre, büyümeyi kısıtlayan element olarak tanımlanır (Redden ve diğerleri, 2009). Birincil üretim sonucunda, ortamdan hücre içerisine alınan besin tuzu, deniz tabanına düşen organik maddelerin bakteri faaliyetleri sonucunda ayrıştırılması ile tekrar kullanılabilir hale gelir ve yenilenmiş birincil üretimde tekrar kullanılır (regenerated primary production) (Cirik ve Gökpinar, 2008; Doney, 2014). Deniz ekosisteminde gözlemlenen bu döngü Azam ve diğerleri (1983) tarafından mikrobiyal döngü (microbial loop) olarak tanımlanmıştır. Mikrobiyal döngüyü temsil eden grafik Şekil 1.2’te verilmiştir (Munn, 2004’ten uyarlanmıştır).

Mikrobiyal döngü, içinde çeşitli beslenme ilişkilerini barındıran karmaşık bir döngüdür (Azam ve diğerleri, 1983). Karbondioksitin, inorganik azot ve çözülmüş fosfatın; fitoplankton, fotosentetik ve kemosentetik bakteriler tarafından organik karbona çevrilmesi, okyanuslardaki besin zincirinin temelini oluşturur ve birincil üretim olarak adlandırılır. Birincil üretimin basamağındaki bu canlılar, zooplankton tarafından hayvansal hücrelerin üremesi sırasında tüketilir ve bu durum ikincil üretim olarak isimlendirilir. Bu besin alışverişi, besin zinciri boyunca bir üstteki enerji seviyesine doğru karmaşık bir şekilde devam eder. Fotosentez sonucu oluşan organik karbonun yaklaşık olarak yarısı çözülmüş organik karbon (ÇOK) olarak sisteme geri döner (Munn, 2004). Çözülmüş organik karbon miktarının ilk akla gelen kısmını ölmüş mikroorganizma kalıntıları oluşturur. Ayrıca, ÇOK fotosentez işlemi sonrasında fazla üretilen karbonun hücreden salınması, protistanın pikoplankton üzerinden beslenmesi ve virüsler tarafından hücrenin patlatılması sonucunda da oluşur (Munn, 2004).



Şekil 1.2. Mikrobiyal Döngü (Munn, 2004'den uyarlanmıştır)

Akdeniz'in Oseonolojik Özellikleri:

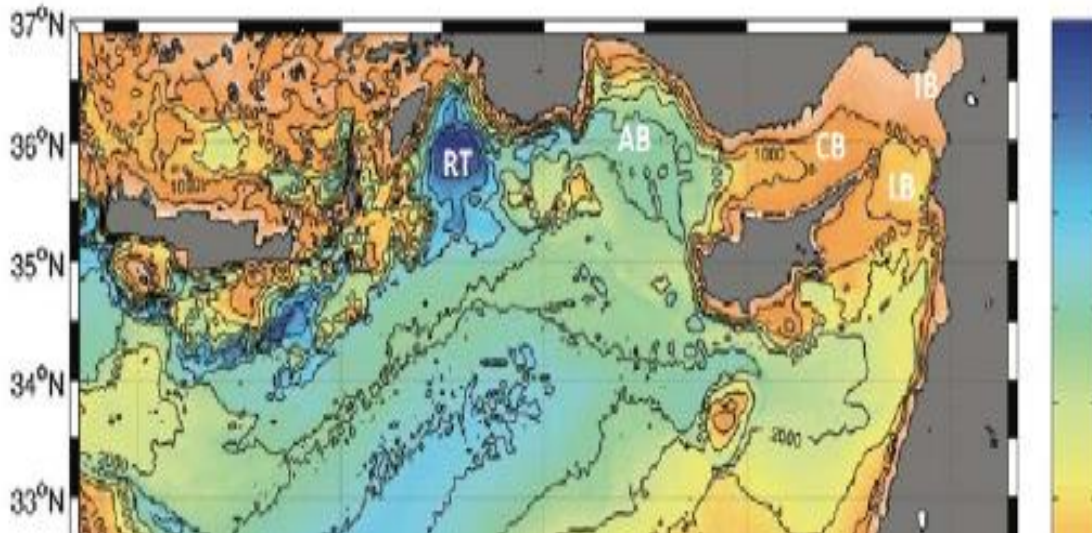
Akdeniz yarı kapalı bir deniz olması ve kendine has bir akıntı sistemine sahip olmasından dolayı farklı özellikler barındırmaktadır. Akdeniz'in bulunduğu yer, sahip olduğu batimetri ve dış etkenler onun eşsiz termohalin özellikler geliştirmesine, ayırt edici çok katlı bir dolaşım sistemi oluşturmasına, topografik girdapların oluşmasına izin vermiştir (Siokou-Frangou ve diğerleri, 2010). Ayrıca, Akdeniz geniş bir çevre-yüzey oranına sahip olduğundan kıyısız alanlarda meydana gelen insan kaynaklı faaliyetlere karşı daha hassastır (Meybeck, Dürr, Roussennac ve Ludwig, 2007). Bu durum, kıyısız alanlar ile açık denizlerin, biyolojik ve kimyasal özellikler açısından farklılıklar göstermesine neden olur.

Akdeniz'in Atlantik ile bağlantısını Cebelitarık Boğazı, Kızıldeniz ile olan bağlantısını ise Süveyş kanalı sağlamaktadır. Akdeniz'de buharlaşma ile kaybedilen su, yağmur ve nehir girdileri ile kazanılan su miktarından fazladır (Akpınar, Yılmaz, Bettina ve Salihoğlu, 2016). Bu durum, yüzeyde batıdan doğuya doğru, orta katmanda ise doğudan batıya doğru bir su taşınım hareketi olmasına sebep olur (Zavatarelli ve Mellor, 1995; Pinardi ve Masetti, 2000). Atlantik suları, Cebelitarık Boğazı'ndan yüzeydeki 150 metrelik su kolonuna binde 36,15 tuzluluk ve 15°C sıcaklık ile girer (Akpınar ve diğerleri, 2016), doğuya doğru ilerledikçe tuzluluğu ve yoğunluğu artar (Malanotte- Rizzoli ve diğerleri, 1999; Pinardi ve Masetti, 2000). Bu su kütlesi, batı baseninden doğu basenine ilerlediğinde, özkütle artışına bağlı olarak, Levant yüzey suyunun altından aktığı için "değiştirilmiş Atlantik suyu" (MAW-Modified Atlantic

Water) olarak adlandırılır ve atmosfer ile doğrudan ilişkisi olmadığı için, özelliklerini belirli bir oranda korur (Akpınar ve diğerleri, 2016). MAW, Levant baseninde yaklaşık binde 38,6 tuzluluğa yaklaşır ve 50-150 m derinlikler arasında gözlemlenir (Özsoy ve diğerleri, 1993).

Akdeniz, besin tuzu ve klorofil-*a* konsantrasyonu bakımından incelendiğinde, oligotrofik ile ultra-oligotrofik arasında bir noktada bulunmaktadır (Krom, Kress, Brenner ve Gordon, 1991) ve genel akıntıya bağlı olarak, batıdan doğuya doğru, besin tuzu konsantrasyonları, klorofil-*a* konsantrasyonu ve birincil üretim miktarı azalmaktadır (Moutin ve Raimbault, 2002; Ortenzio ve Alcal, 2009). Oligotrofi genel olarak fosfat eksikliğine bağlanmakla beraber (Margalef, 1963), birincil üretimi azot ve fosfatın birlikte kısıtladığı da bildirilmiştir (Estrada, 1996; Krom ve diğerleri, 2005). Diğer yandan, topografiye ve morfolojiye bağlı olarak upwelling (yukarı taşınım) olaylarının gözlemlendiği yerlerde, dipteki besin tuzlarının yüzeye ulaşması nedeni ile birincil üretimde artış yaşanmaktadır (MacIsaac, Dugdale, Barber, Blasco ve Packard, 1985). Benzer şekilde, kıyısız alanlarda özellikle nehir girişlerinin olduğu alanlarda da birincil üretim artmaktadır (Yücel, 2013).

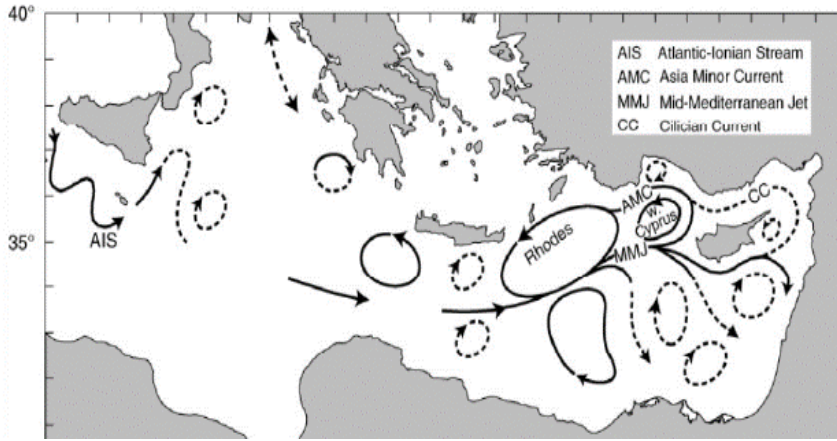
Levant baseni Akdeniz'in en doğusunda bulunmaktadır ve kuzeyde Girit takımadaları ve Küçük Asya, doğuda Orta Doğu ve güneyde de Kuzeydoğu Afrika ile sınırlandırılmıştır. Latakya (1000-1500 m derinlik), Kilikya (1000 m derinlik) ve Antalya (2000-3000 m) alt basenlerinin birleşmesinden oluşur (Şekil 1.3) (Akpınar ve diğerleri, 2016).



Şekil 1.3. Levant baseni batimetre haritası

Kısaltmalar: RT: Rodos çukuru, AB: Antalya baseni, CB: Kilikya Baseni, LB: Latakya Baseni, IB: İskenderun Baseni (Akpınar ve diğerleri, 2016.)

Levant baseninde akıntı sistemini etkileyen ana kuvvetin, Atlantik sularının girişi ve koriolis kuvveti etkisi olduğu tahmin edilmektedir (Akpınar ve diğerleri, 2016). Nielsen (1912), Atlantik sularının Mısır kıyılarına kadar sahil şeridinde paralel olarak gittiğini ve ardından kuzeydoğuya yönelip, Küçük Asya akıntısı (Asia Minor Current) ile Latakya basenine girdiğini tespit etmiştir. Robinson ve diğerleri (1991), Doğu Akdeniz'in Fiziksel Oşinografisi (POEM) seyirleri sırasında atlantik sularının, basenin ortasından ilerlediğini (Mediterranean Mid-Jet), Rodos adasının güneyinden ikiye ayrılıp, Rodos siklonik girdabını oluşturduğunu, kalan kısmın ise İsrail kıyılarına akıp kuzey ve güney olarak iki ana akıntı sistemine bölündüğünü, kuzeye bölünen akıntı sisteminin Latakya, Kilikya akımını oluşturup Küçük Asya akıntısına katıldığını, güneye bölünen akıntı sisteminin ise Shikmona girdaplarını oluşturduğunu bildirmiştir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Levant baseni akıntı diyagramı (Akpınar ve diğerleri, 2016).

Kısaltmalar (AIS: Atlantik akıntısı, AMC: Küçük Asya akıntısı, MMJ: Orta-Akdeniz Jet, CC: Kilikya Akıntısı)

Levant baseninde birbirinden farklı üç farklı su kütlesi bulunmaktadır. Yüzeydeki su tabakası yaz aylarındaki ısınma ve buharlaşmaya bağlı olarak daha tuzlu ve sıcakken (%39,1-%39,3), 100 m derinlikte düşük sıcaklıkta (15°C) ve düşük tuzlulukta (%36,5-%38,5) Atlantik suları yer almaktadır. Atlantik suyunun altında yaklaşık 200 m ile 600 m arasında göreceli olarak tuzlu (%38,5'den fazla) ve daha sıcak Levant ara suyu bulunmaktadır (Oğuz ve Tuğrul, 1998). Levant baseninin en önemli özelliği olan bu tabaka; kış mevsiminde hava sıcaklıklarının düşmesi sonucunda artan özkütleyle bağlı olarak, yüzey sularının dikey konvektif karışımı sonucunda 500 metreye kadar batması ile oluşur (Özsoy ve diğerleri, 1993).

Kuzeydoğu Akdeniz düşük klorofil-*a* ve besin tuzu miktarı nedeni ile dünyanın en verimsiz denizi olarak tanımlanmaktadır (Yılmaz ve Tuğrul, 1998). Verimsizliğin temel nedeninin fosfat eksikliği olduğu düşünülse de açık sularda azot tuzlarında birincil üretimi kısıtlayabildiği

bildirilmiştir (Yücel, 2013). Öteki taraftan, Kuzeydoğu Akdeniz, siklonik Rodos baseni, antisiklonik Kilikya baseni ve girdap alanları nedeni ile farklı hidrodinamik özelliklere sahiptir (Özsoy ve diğerleri, 1993; Yılmaz ve Tuğrul, 1998). Bunun sonucunda basenin farklı bölgelerinde farklı besin tuzu ve birincil üretim miktarları görülmektedir. Kıyusal alanlarda ise Göksu, Lamas, Tarsus, Seyhan, Ceyhan ve Asi nehirlerin nitrat ve silikatça zengin suları birincil üretimin kıyusal alanda artmasına neden olmaktadır (Doğan-Sağlamtimur ve Tuğrul, 2004; Tuğrul, Yücel ve Akçay, 2016; Yücel ve Uysal, 2017). Nehir girdilerine ek olarak, atmosferik girdiler de Kuzeydoğu Akdeniz’de birincil üretimi etkilemektedir ve nehir girdileri kadar önemli bir yere sahip oldukları bilinmektedir (Koçak, Kubilay, Tuğrul ve Mihalopoulos, 2010).



2. GÖKSU NEHRİ'NDEN GELEN BESİN TUZLARININ KUZEYDOĞU AKDENİZ'DEKİ BİRİNCİL ÜRETİME ETKİSİ

2.1. Giriş

İnsan kaynaklı faaliyetler özellikle kentleşme ve sanayileşme arazi kullanımında değişikliklere neden olmaktadır. Doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesi, toprak yapısının değişmesi, geçirimsiz yüzeylerin inşaa edilmesi; arazi yapısında ve kullanımında meydana gelen değişikliklerin başlıca örnekleridir. Tüm bu değişiklikler, yağmurlar sırasında akarsu yatağına ulaşan yüzey akış miktarını arttırmakta, yer altına sızan su miktarını azaltmakta ve kurak dönemlerinin artmasına neden olmaktadır (Marchi, Borga, Preciso ve Gaume, 2010). Arazi yapısındaki değişiklikler, yalnızca nehre gelen su miktarını değiştirmekle kalmayıp aynı zamanda suyun karakterinde de değişikliğe neden olmaktadır. Havzanın yapısına bağlı olarak hem yüzey suyuna metal, pestisit, tıbbi atıklar, mikroplastikler gibi çeşitli kirleticilerin sızmasına (Turgut, 2003; Fernandez, Gonzalez-Doncel, Pro, Garbonell ve Tarzona, 2010) hem de içerdiği azot ve fosfat konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır (Song ve diğerleri, 2009). Özellikle tarımsal faaliyetlerin fazla olduğu bölgelerde nitrat ve silikat yüklerinin önemli ölçüde fazla olduğu bilinmektedir (Ackerman ve Schiff, 2003).

Nehirlerin debisinde ve su kalitesinde meydana gelen bu değişimler alıcı ortamlarda da değişikliğe sebep olmaktadır. Nehirlerden denizlere ve okyanuslara ulaşan inorganik ve organik maddeler sonucu canlı miktarında meydana gelen bu artış ötrofikasyon olarak tanımlanmıştır (Nixon, 1995). Ötrofikasyon, alıcı ortamdaki biyo-kimyasal dengenin bozulmasına, çözülmüş oksijen miktarının ve suyun ışık geçirgenliğinin azalmasına neden olmaktadır (Kangur ve Möls, 2008). Özellikle azot ve fosfat miktarında meydana gelen artış alıcı ortamda birincil üretimin artmasına (Yücel, 2013) ve ortamdaki fitoplankton kompozisyonu değiştirerek tek tür fitoplankton patlamalarına (bloom) ve toksin üreten formların çoğalmasına sebep olabilmektedir (Smith, Tilnan ve Nekola, 1999; Frame ve Lessard, 2009).

İnsan kaynaklı etkilerin yanı sıra, nehirler alıcı ortamda yarattıkları tuzluluk ve besin yükü farkı nedeniyle de kıyısız alandaki planktonik komüniteyi değiştirmektedir (Chen, 2009; Jiang ve diğerleri, 2014). Bu alanlardaki fitoplankton dinamikleri nehirden gelen değişken besin yükünden, kıyı-açık su dinamiklerinden ve su kütlelerinin hareketlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir (Dagg, Benner, Lohrenz ve Lawrence, 2004). Global ölçekte

denizlere ve okyanuslara ulaşan toplam N miktarının % 22'si ve toplam P miktarının % 62'si nehirlerden yüzey akışıyla ulaşmaktadır ve bu durum yarı kapalı bir deniz olan Akdeniz için çok önemlidir (Beusen, Bouwman, Van Beek, Mogollon ve Middelburg, 2016).

Kuzeydoğu Akdeniz'in açık suları oligotrofik karakterde olmasına rağmen, kıyısal alanlar özellikle nitrat ve silikat tuzları bakımından zengin yüzey suları tarafından beslenmektedir ve açık suların aksine ötrofik durumdadırlar (Tuğrul, Uysal, Erdoğan ve Yücel, 2011; Tuğrul ve diğerleri, 2016; Tuğrul, Özhan ve Akçay, 2018). Zengin besin tuzu içeriği bulunduran nehirler Kuzeydoğu Akdeniz'e döküldüğünde, bölgede mevcut olan akıntı sistemleri ile kıyı boyunca taşınmakta ve Küçük Asya Akıntısının etkisi ile açıklara ulaşmamaktadır (Akpınar ve diğerleri, 2016). Bunun bir sonucu olarak kıyısal alanlar ötrofik özellikte iken açık sular oldukça oligotrofik karakterdedir.

Bölgeye sularını boşaltan ana akarsu kaynaklarını Seyhan, Ceyhan, Asi, Göksu Nehir'leri ile düşük debili Lamas ve Berdan Nehir'leri oluşturmaktadır. Çalışma alanını oluşturan Göksu Nehri, yayılı kirliliğe ek olarak havza yatağı boyunca noktasal kaynaklı atık su deşarjlarına da maruz kalmaktadır. Bütün bunlar nehirden Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan kirlilik ve besin yükü dağılımında değişikliğe neden olmaktadır. Nehirlerden deşarj edilen sular yerel akıntı sistemi (küçük Asya akıntısı) nedeni ile kıyı boyunca taşınmakta (Akpınar ve diğerleri, 2016), açık sulara ulaşmamaktadır. Bölgeye özgü bu kimyasal ve fiziksel dinamikler bir arada değerlendirildiğinde bölge için ciddi bir ötrofikasyon riski ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı bölgeye gelen besin tuzu yükünün bilinmesi, bölgedeki biyolojik ve kimyasal dinamiklerin tahmin edilebilmesi ve ötrofikasyon riskinin önlenmesi için gerekli önlemlerin alınması açısından hayati önem taşımaktadır.

Nehirlerden gelen besin tuzu miktarı bölgedeki kimyasal ve biyolojik döngüyü etkileyen birincil etken olduğundan, farklı araştırmacılar tarafından Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan besin yükü miktarı hesaplanmıştır. Koçak ve diğerleri (2010), Seyhan, Ceyhan, Göksu, Berdan ve Lamas nehirlerinden gelen besin tuzu akışını sırasıyla 168, 144, 45, 6 ve 3 m³/s olarak hesaplamışlardır. Akçay ve Tuğrul (2018), 2008-2015 yılları arasında Seyhan, Berdan, Lamas, Göksu ve Ceyhan nehirlerinden gelen yıllık ortalama TP, PO₄, NO₃, NO₂, NH₄, Si yükünü sırasıyla 1.990, 1.024, 19.420, 966, 2.796, 38.780 ton/yıl olarak bildirmiştir. Kılıç, Akpınar ve Yücel (2018), 2006-2014 yılları arasında Asi Nehri'nden dökülen yıllık ortalama NO₂, NO₃, NH₄, PO₄ yükünü 234.102, 2.402.066, 1.123.713, 603.669 ton/yıl olarak hesaplamıştır. Fakat bu çalışmalar görece kısa süreli izleme çalışmalarına

dayandıkları için mevsimsel trend oluşumunun net olarak belirlenmesi konusunda eksiktirler.

Bu çalışmada,

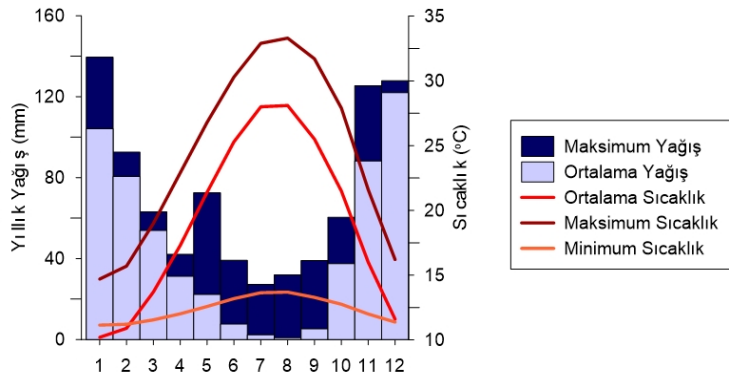
- Göksu Nehri mansabındaki su kalitesinin ötrofikasyon riski açısından değerlendirilmesi,
- Göksu Nehri'nden Kuzeydoğu Akdeniz'e boşalan besin tuzu yükü (NH_4 , PO_4 , NO_2 ve NO_3) miktarının ve mevsimlere bağlı olarak oluşan farklılıkların belirlenmesi,
- Uydu görüntüleri kullanılarak Göksu Nehri'nin etki alanındaki klorofil-*a* miktarının belirlenmesi,
- Göksu Nehri'nden dökülen besin yükü miktarı ile yüzey klorofil-*a* konsantrasyonu arasındaki ilişkinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2.2. Materyal ve Yöntem

2.2.1. Çalışma alanı

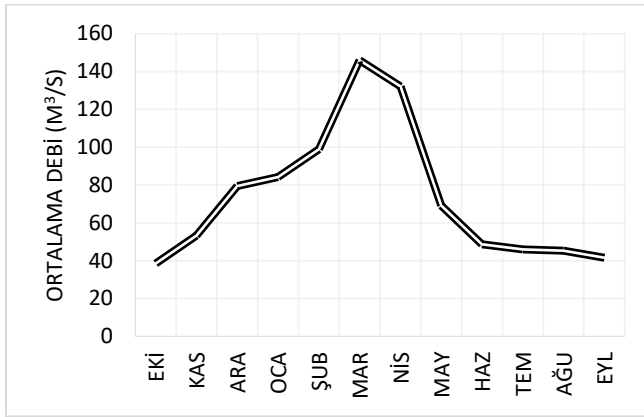
Doğu Akdeniz Havzasının en büyük akarsuyu olan Göksu Nehri 250 km uzunluğundadır. Güneybatı yönünde Toros Dağlarından inerek, Mut yakınlarında Ermenek yönünden gelen sularla gelişir ve Silifke'den Akdeniz'e dökülür (Ayaz ve diğerleri, 2013).

Akdeniz ikliminin bir sonucu olarak, yazları artan buharlaşmadan dolayı suyun debisi azalırken, kışları yağışlarla beraber artış göstermektedir (Şekil 2.1). Meteoroloji Genel Müdürlüğünden 2011 yılında temin ettikleri verileri kullanarak, 1970-2010 yılları arasında Silifke'de görülen yağış ve sıcaklık değerlerini gösteren Şekil 2.1 Ayaz ve diğerleri (2013) tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 2.1. Silifke ilçesindeki 1970-2010 yıllarına ait ortalama yağış ve sıcaklık grafiği (Ayaz ve diğerleri, 2013'den uyarlanmıştır)

Yağış ve sıcaklık etmenlerine bağılı olarak Göksu Nehri' ndeki suyun debisi değişim göstermektedir. Göksu Nehri mansabına yakın bir noktada bulunan, Devlet Su İşleri'ne ait D17A053 kodlu Kargıcık gözlem istasyonuna ait verilere göre, 2003-2008 yılları arasındaki ortalama akım $73,8 \text{ m}^3/\text{s}$ iken, anlık minimum akım $13,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ve anlık en yüksek akım $2,785 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak bildirilmiştir (DSİ, 2019) (Şekil 2.2).



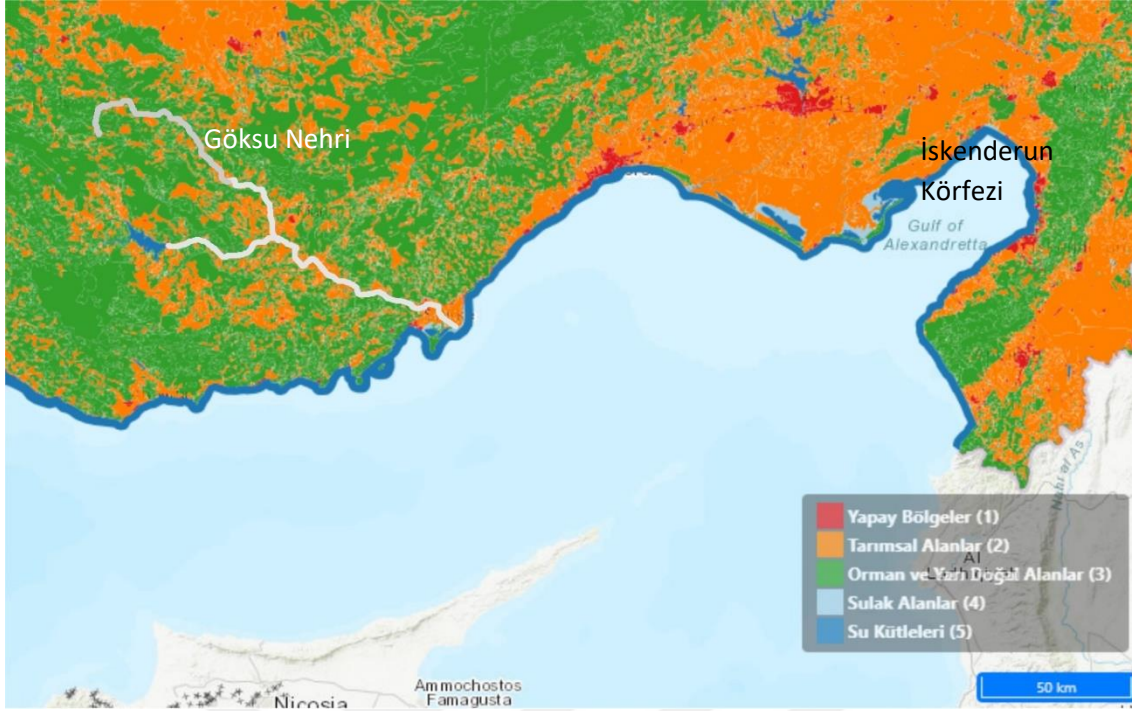
Şekil 2.2. Kargıcık istasyonuna ait mevsimlere bağılı olarak ortalama debi değişimi (DSİ, 2019)

Göksu Havzası'nın toplam arazisinin %77,6'sını orman ve yarı doğal alanlar, %0,3'ünü yüzey suları, %0,1'ini sulak alanlar, %0,4'ünü yapay alanlar ve %21,6'sını tarımsal alanlar oluşturmaktadır (Ayaz ve diğerleri, 2013). Göksu Nehri havzasındaki arazi kullanımı haritası Tarım ve Orman Bakanlığı CORINE projesi kapsamında üretilmiş olup, Şekil 2.3'te verilmiştir. Tarımsal faaliyetlerin fazla olmasının bir sonucu olarak nehrin taşıdığı besin tuzu yükünde artış gözlemlenmektedir. Bundan dolayı, Göksu Nehri'nin mansabının çevresindeki kıyısız sular özellikle nitrit yönünden hassas alan olarak tanımlanmıştır (Ayaz ve diğerleri, 2013).

2.2.2. Veri seti

Göksu Nehri'nden Kuzeydoğu Akdeniz'e boşalan besin tuzu miktarının belirlenebilmesi için, DSİ tarafından düzenli izleme çalışmaları yürütölen ve Göksu Nehri'nin mansabında kalan 17-06-00-008 kodlu istasyona ait 1992-2017 yılları arasındaki izleme ölçüm sonuçları temin edilmiştir. Mevsimsel olarak ölçümü yapılan NH_4 , NO_3 , NO_2 , PO_4 derişim ölçüm sonuçları ve anlık debi verisi kullanılarak mevsimsel besin yükü hesaplanmıştır.

Su kalite parametrelerin ölçümü devlet su işlerinin akredite laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. NO_3 , NO_2 ve PO_4 ölçümü TS EN ISO 10304-1 standardı ve NH_4 ölçümü ise TS EN ISO 14911 standardı doğrultusunda iyon kromatografisi kullanılarak yapılmıştır (DSİ, 2020).



Şekil 2.3. Göksu Nehri arazi kullanımı haritası (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019)

2.2.3. Göksu Nehrinden denize dökülen besin yükünün hesaplanması

Devlet su işlerinden alınan veri seti önce eksik veriler için kontrol edilmiş ve eksik olan parametreler arasındaki korelasyonlardan faydalanılarak regresyon analizi kullanılarak tamamlanmıştır (Quilbé ve diğerleri, 2006).

Besin yükü hesaplamaları enterpolasyona dayalı ortalama tahmin edici modeli kullanılarak hesaplanmıştır (Quilbé ve diğerleri, 2006).

$$Yük = K \left(\sum_{i=1}^n \right) \left(\frac{C_i Q_i}{n} \right) \quad (2.1)$$

burada,

K = dönüşüm katsayısı

C_i = anlık örnekleme konsantrasyonu (mg/L)

Q_i = örnekleme yapıldığı andaki debi (m^3/s)

n = örnekleme sayısı

2.2.4. Uydu görüntüleri

Göksu Nehri'nden gelen besin yükü miktarının bölgedeki birincil üretime olan etkisini anlamak için aylık ortalama yüzey klorofil-*a* miktarını gösteren uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Nehir örneklemelerinin dönemlerine paralellik gösterecek şekilde 2013-2014 yılları arasında Şubat, Mayıs, Ağustos ve Kasım aylarına, 2015-2016 yıllarında Şubat, Haziran, Eylül ve Kasım aylarına, 2017 yılında ise Şubat, Mayıs, Ağustos ve Kasım aylarına ait aylık ortalama yüzey klorofil-*a* miktarını gösteren görüntüler hazırlanmıştır. Hata payını azaltmak ve nehrin etkisini daha iyi gözlemleyebilmek için aylık ortalamalar kullanılmıştır. Besin yükü hesaplarında yapılan varsayımlara paralel olarak aylık ortalamaların o mevsim dönemini betimlediği varsayılmıştır.

Uydu Görüntüleri ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından hazırlanan Ocean Color Web uygulamasına ait olan 3. seviye tarayıcıdan elde edilmiştir. MODIS-Aqua sensorüne ait aylık klorofil-*a* miktarı görüntüleri 4 km çözünürlük olacak şekilde indirilmiştir (NASA Goddard Space Flight Center, 2014). İndirilen görüntüler SeaDAS programı kullanılarak işlenmiştir (Baith, Lindsay, Fu, McClain, 2001).

2.2.5. İstatistiksel analizler

Uydu görüntülerinden elde edilen yüzey klorofil-*a* konsantrasyonu ile besin tuzu yükü arasındaki linear bir ilişki olup olmadığını test etmek amacı ile Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{(y_i - \bar{y})^2}} \quad (2.2)$$

Burada,

r: pearson katsayısı

n:örnek boyutu

x_i ve y_i : aralarında ilişki aranan parametrelere ait değerler

\bar{x} ve \bar{y} : parametrelere ait ortalamaları ifade etmektedir.

Parametler arasındaki ilişkinin kuvvetine göre r -1 ile +1 arasında bir değer almaktadır. -1 kuvvetli negative ilişkiyi gösterirken, +1 kuvvetli pozitif ilişkiyi temsil etmektedir. r'nin sıfır olması durumunda değişkenler arasında bir ilişki olmadığı sonucuna varılır.

2.3. Bulgular

2.3.1. Besin tuzu konsantrasyonunda meydana gelen değişimler

Göksu Nehri'nden Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan yüzey sularındaki en düşük ve en yüksek ortalama NO_2 konsantrasyonu sırasıyla 0,18 μM ve 4,15 μM olarak bulunmuştur. Yıllık ortalama NO_3 konsantrasyonu ise 41,88 μM ile 153,57 μM arasında değişim göstermiştir. Minimum ortalama NH_4 konsantrasyonu 0,44 μM , maksimum ortalama NH_4 konsantrasyonu 155,55 μM olarak bulunmuştur. Son olarak, yüzey suyundaki PO_4 konsantrasyonu 0,104-9,58 μM arasında değişim göstermiş ve ortalama 8,54 μM olarak bulunmuştur. 1992-2017 yılları arasındaki yıllık ortalama NO_2 , NO_3 , NH_4 ve PO_4 konsantrasyonundaki değişimi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Ortalama besin tuzu konsantrasyonunun yıllara bağlı değişimi

	NO_2 (μM)	NO_3 (μM)	NH_4 (μM)	PO_4 (μM)	NO_3/PO_4
1992	0,18	59,88	23,55	2,08	28,74
1993	0,23	50,71	18,33	4,85	10,45
1994	0,40	44,05	19,17	6,04	7,29
1995	0,21	63,33	33,57	3,75	16,89
1996	0,18	41,90	15,71	6,59	6,36
1997	0,32	56,07	17,14	6,67	8,41
1998	0,51	59,05	13,21	15,21	3,88
1999	0,46	61,31	10,83	6,64	9,23
2000	0,61	67,98	30,83	7,48	9,09
2001	0,63	58,04	40,36	5,87	9,88
2002	0,89	54,64	44,29	7,80	7,01
2003	0,36	46,79	37,86	6,11	7,65
2004	0,54	57,14	32,86	9,67	5,91
2005	0,68	62,32	75,54	9,34	6,67
2006	0,98	60,54	45,89	7,92	7,64
2007	0,68	69,29	109,64	5,76	12,03
2008	0,27	72,86	25,89	5,07	14,37
2009	0,30	41,88	6,25	3,75	11,17
2010	1,13	60,71	17,68	25,78	2,35
2011	1,30	82,14	22,32	17,79	4,62
2012	2,80	97,32	29,82	23,45	4,15
2013	3,97	153,57	27,16	8,82	17,41
2014	4,15	89,29	17,72	7,18	12,44
2015	2,32	85,54	17,66	6,03	14,19
2016	1,20	103,63	4,21	14,22	7,29
2017	2,95	58,05	1,17	3,48	16,67
Ortalama	1,09	67,62	28,41	8,47	10,07

Göksu Nehri'ndeki besin tuzu konsantrasyonları mevsimlere bağılı olarak değişim göstermiştir (Çizelge 2.2). Yaz ve sonbahar aylarında buharlaşmanın da etkisi ile nehir suyundaki besin tuzu konsantrasyonu genel olarak artış göstermiştir. Bununla beraber yağışlarla artan yüzeysel akışın kirletici yükünün etkisi ile bazı yıllarda kış ve ilkbahar aylarında da yüksek konsantrasyonlar gözlemlenmiştir (Şekil 2.4).

Çizelge 2.2. 1992-2017 yılları arasındaki ortalama besin tuzu miktarının (μM) mevsimlere bağılı olarak değişimi

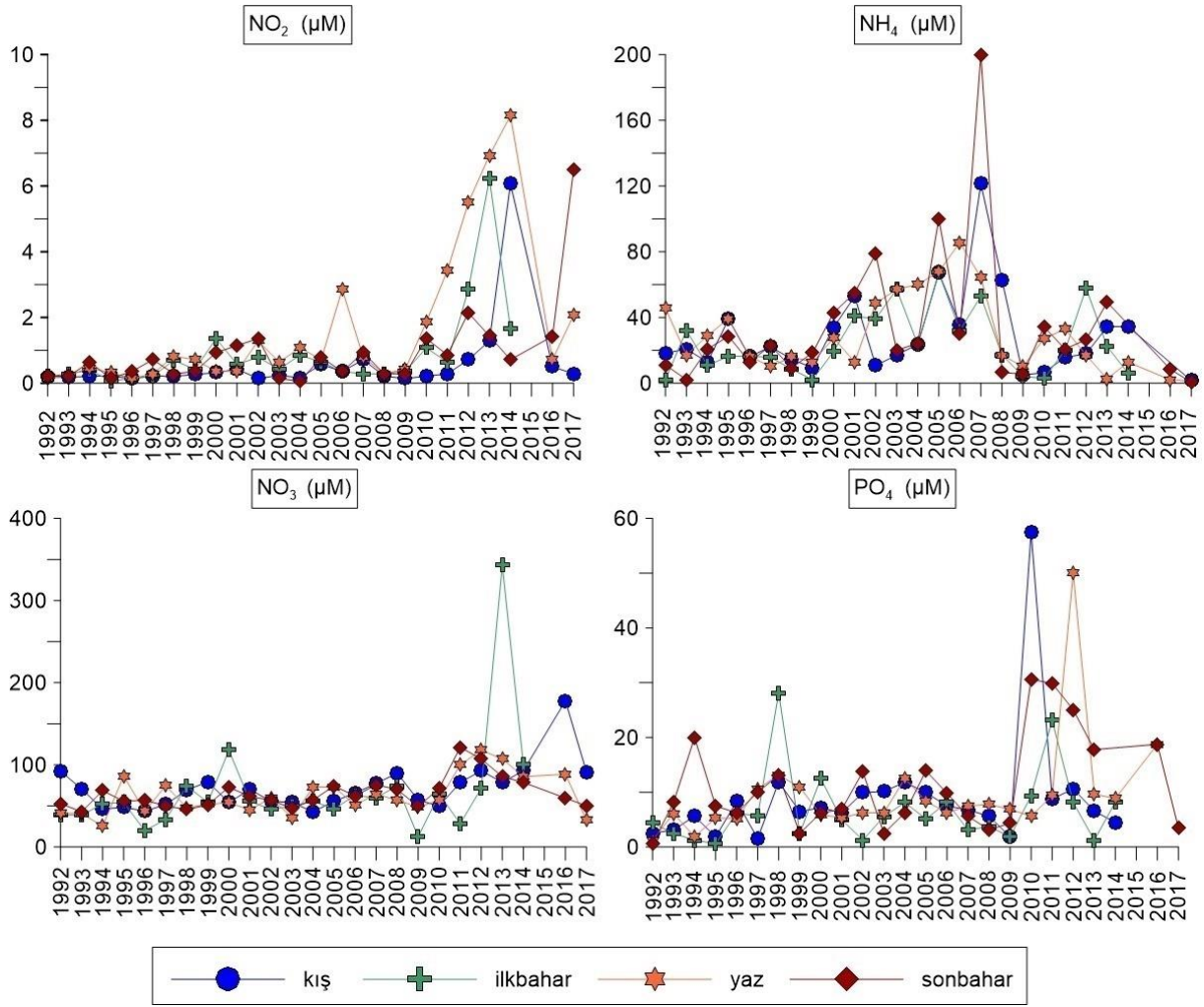
	NO_2	NO_3	NH_4	PO_4
Kış	0,57	71,45	27,75	9,43
İlkbahar	0,90	67,62	24,65	7,74
Yaz	1,62	62,52	29,34	10,50
Sonbahar	0,95	65,02	33,15	12,17

Besin tuzu miktarının yıllara bağılı olarak değişimi incelendiğinde NO_3 derişiminde önemli bir farklılığa rastlanmamıştır. Bununla beraber özellikle 2000'li yılların başından itibaren NO_2 , NH_4 ve PO_4 miktarında artış gözlemlenmiştir (Şekil 2.4).

2.3.2. Besin tuzu yükünde meydana gelen değişimler

Göksu Nehri'nden Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan yüzey sularındaki en düşük ve en yüksek aylık ortalama NO_2 yükü sırasıyla 0,07 ton/ay ve 31,2 ton/ay olarak bulunmuştur. Aylık ortalama NO_3 yükü ise 15 ton/ay ile 1 226 ton/yıl arasında değişim göstermiştir. Minimum ortalama NH_4 yükü 0,5 ton/ay, maksimum ortalama NH_4 yükü ise 539 ton/yıl olarak bulunmuştur. Son olarak, yüzey suyundaki PO_4 yükü 1-267 ton/yıl arasında değişim göstermiştir.

Bezin tuzu konsantrasyonunun paralel olarak besin tuzu yükünde de yıllara bağılı olarak değişim gözlemlenmiştir. Göksu Nehri'nden 1992-2017 yılları arasında Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan yıllık NO_2 , NO_3 , NH_4 , PO_4 yükü sırasıyla 33 ton/yıl, 2.294 ton/yıl, 887 ton/yıl, 342 ton/yıl olarak bulunmuştur. 1992-2017 yılları arasındaki yıllık ortalama NO_2 , NO_3 , NH_4 ve PO_4 yükündeki değişim Çizelge 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.4. Göksu Nehri'ndeki besin tuzu miktarının mevsimsel değişimi (Skalalar farklıdır)

İklim ve yağışlara bağlı olarak, Akdeniz'e ulaşan besin yükü miktarında değişimler gözlemlenmiştir (Çizelge 2.5). Yağışın bol olduğu dönemlerde besin yükü miktarı artmaya başlamış, ilkbahar mevsiminde en yüksek değerine ulaşmıştır (Şekil 2.5).

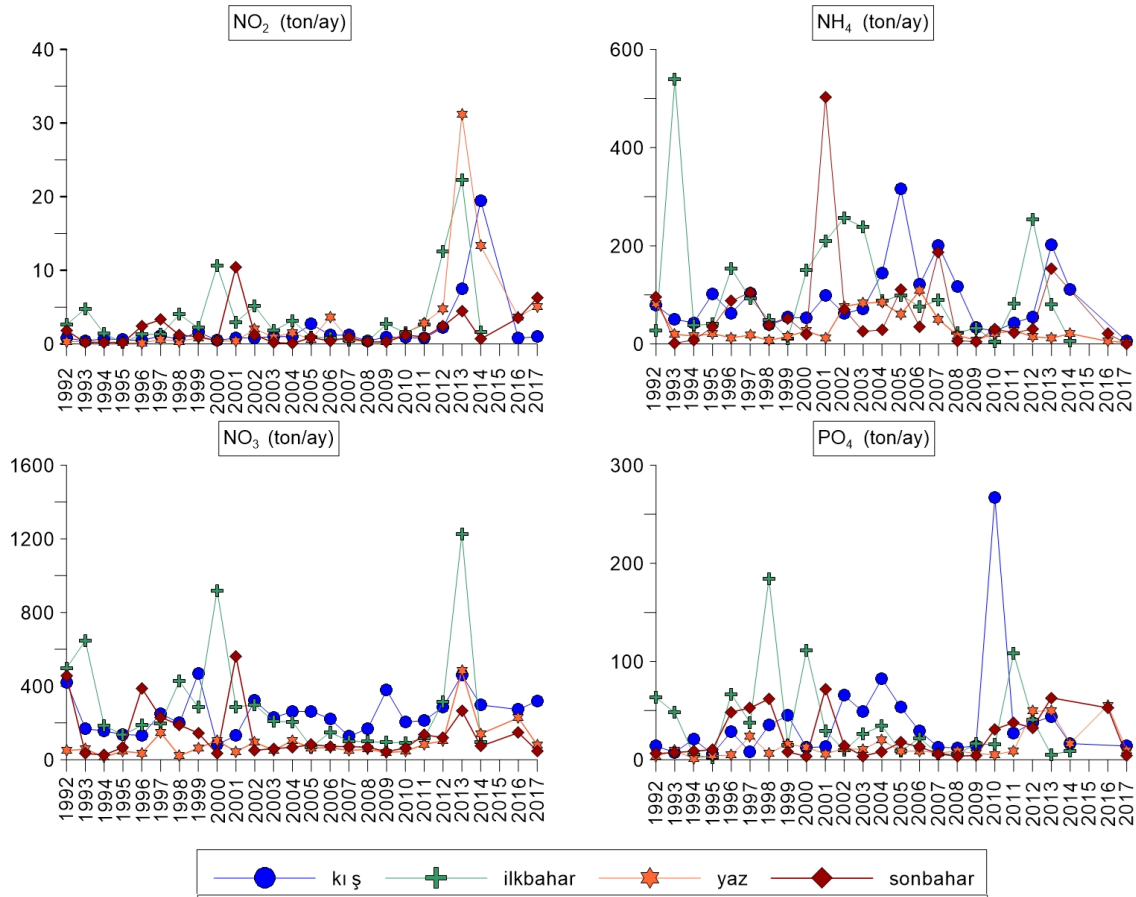
Çizelge 2.3. Göksu Nehri'nden Akdeniz'e ulaşan yıllık ortalama besin tuzu yükü (ton/yıl)

	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄
1992	17	4 264	850	260
1993	17	2 720	1 831	215
1994	8	1 147	314	107
1995	3	1 150	593	66
1996	13	2 225	948	444
1997	19	2 476	956	368
1998	19	2 502	403	863
1999	17	2 875	399	252
2000	36	3 418	747	418
2001	44	3 071	2 472	362
2002	28	2 293	1 393	300
2003	12	1 646	1 256	268
2004	17	1 912	1 032	436
2005	15	1 431	1 756	264
2006	18	1 526	1 021	219
2007	9	1 046	1 578	94
2008	4	1 172	490	90
2009	13	1 665	236	123
2010	15	1 209	246	955
2011	22	1 645	525	546
2012	66	2 466	1 060	479
2013	196	7 304	1 338	486
2014	105	1 819	547	167
2015*				
2016	48	2 585	158	649
2017	74	1 789	37	110
Ortalama	33	2 294	887	342

*anlık debi ölçümü yapılmadığından o yıl için besin yükü hesaplanamamıştır.

Çizelge 2.4. 1992-2017 yılları arasındaki ortalama besin tuzu yükünün (ton/ay) mevsimlere bağlı olarak değişimi

Mevsim	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄
Kış	2	247	91	38
İlkbahar	4	297	115	38
Yaz	3	91	33	15
Sonbahar	2	140	70	24

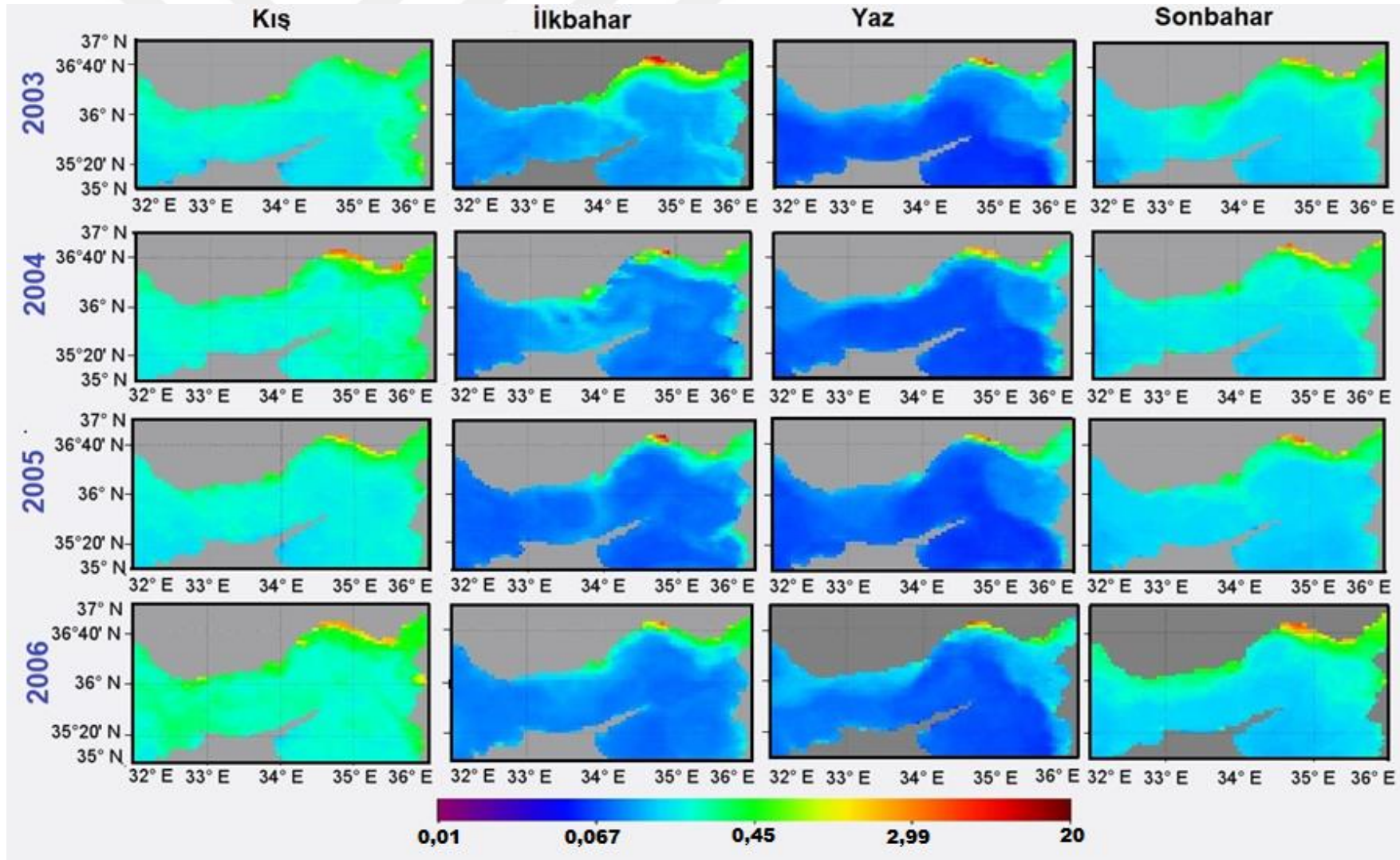


Şekil 2.5. Göksu Nehri'nden dökülen besin tuzu yükünün mevsimsel değişimi

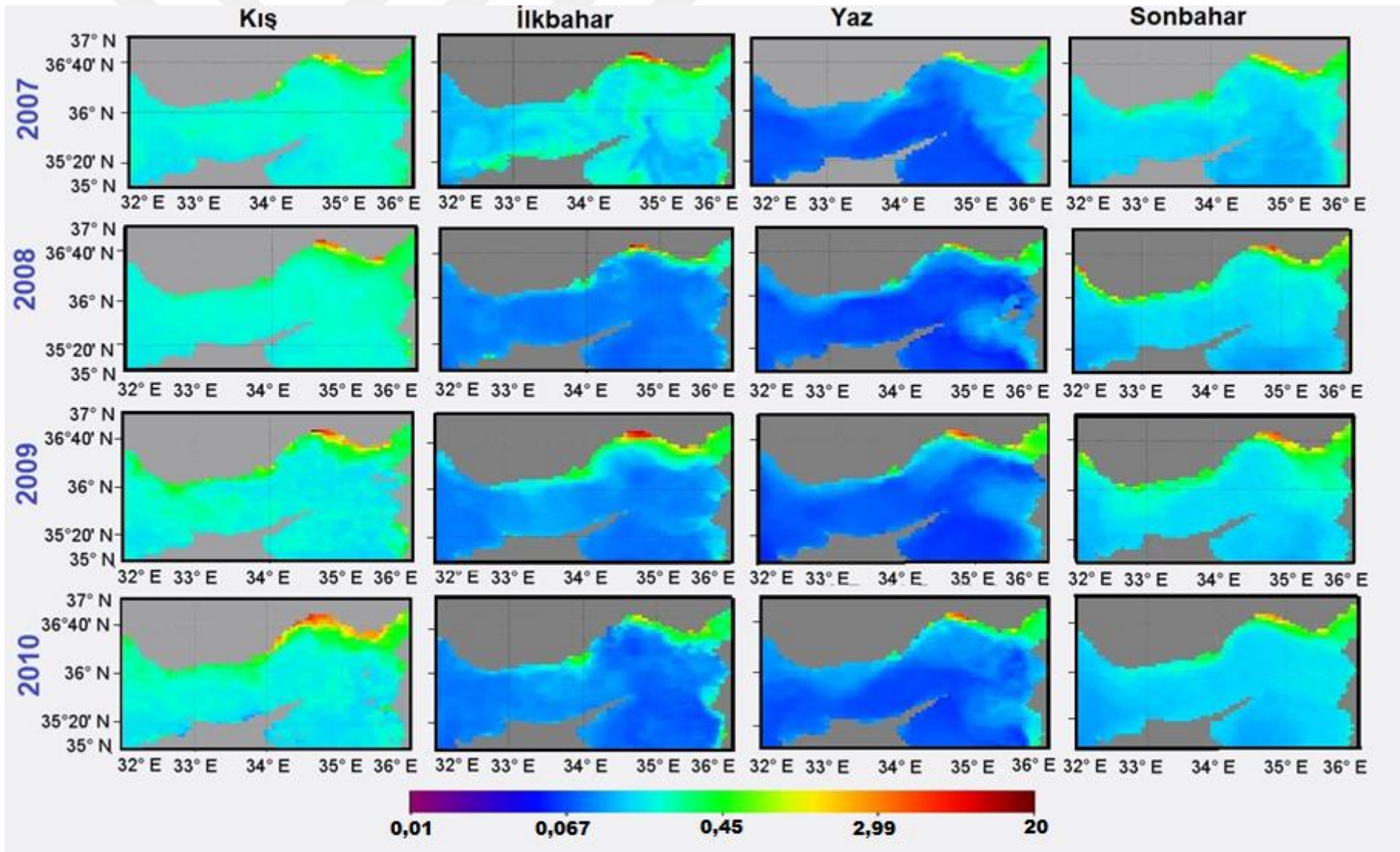
2.3.3. Yüze klorofil-*a* konsantrasyonunda meydana gelen değişimler

2003-2017 yılları arasında Göksu Nehri'nin Kilikya basenindeki etkisini gözlemlemek amacıyla elde edilen Uydu Görüntüleri Şekil 2.6'da verilmiştir.

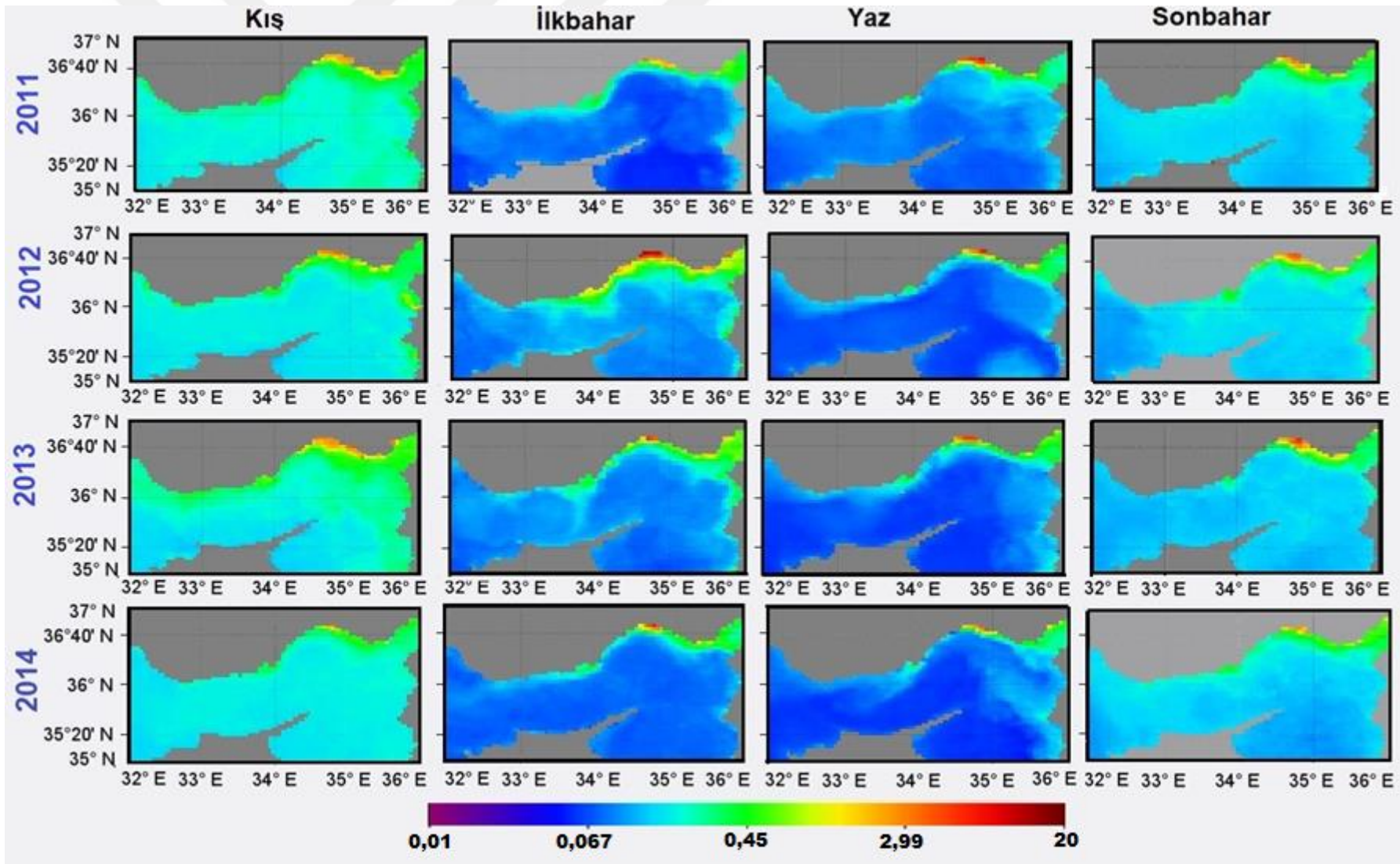
Uydu görüntülerine bakıldığında, basen genelinde en yüksek klorofil-*a* miktarının, karışım olaylarının etkisi ile kış mevsiminde olduğu gözlemlenmiştir. Tabakalaşmanın yoğun olduğu yaz aylarında ise yüze klorofil miktarı en düşük seviyelere ulaşmıştır. Yüze dağılımı incelendiğinde nehirlerden gelen tatlı suların akıntı boyunca ulaştığı bölgelerde klorofil-*a* miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Özellikle ilkbahar aylarında artan yağışlara paralel olarak Göksu Nehri'nin etkisinin arttığı gözlemlenmiştir.



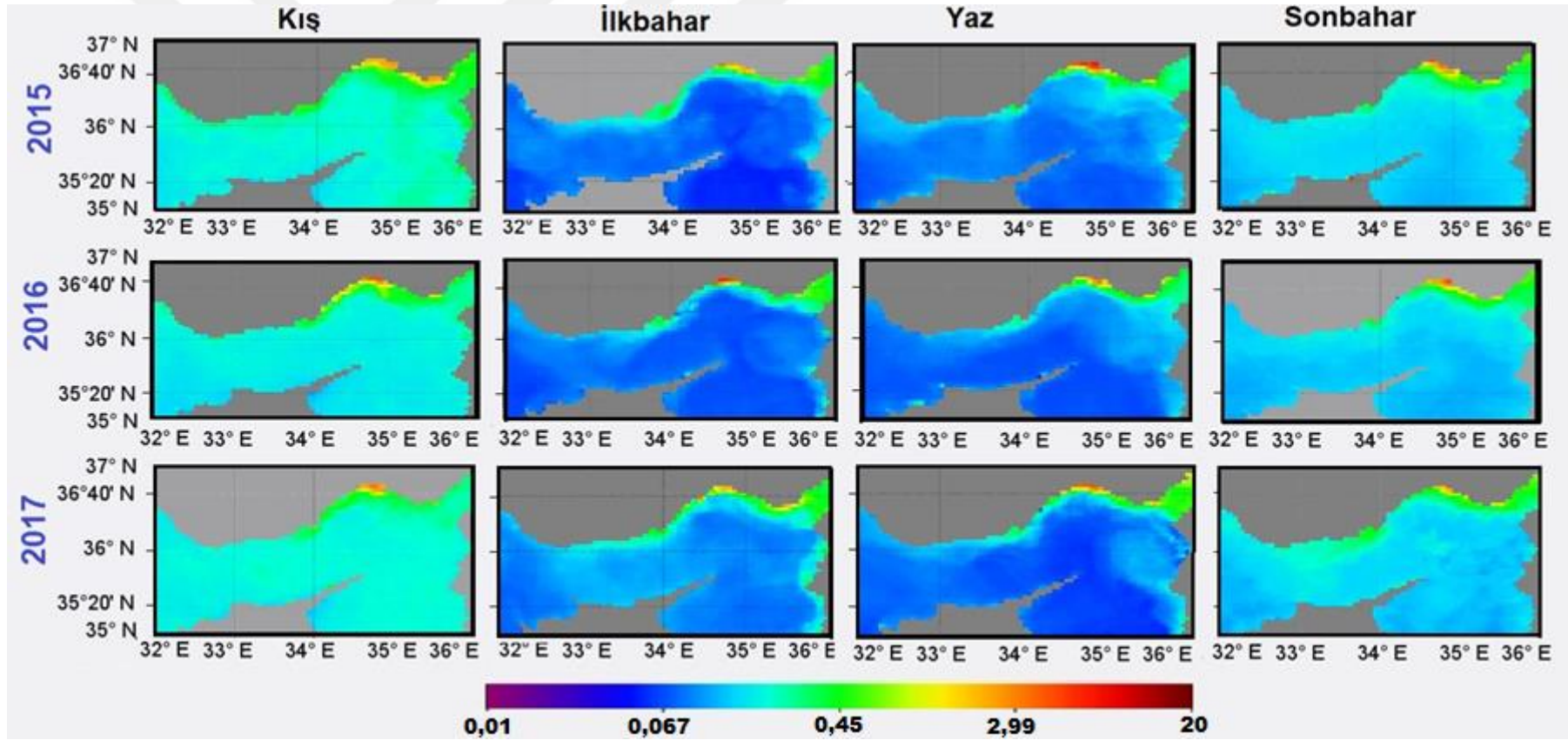
Şekil 2.6. 2003-2006 yılları arasındaki mevsimlik ortalama klorofil-*a* (mg/m³) yüzey dağılımı



Şekil 2.7. 2007-2010 yılları arasındaki mevsimlik ortalama klorofil-*a* (mg/m³) yüzey dağılımı

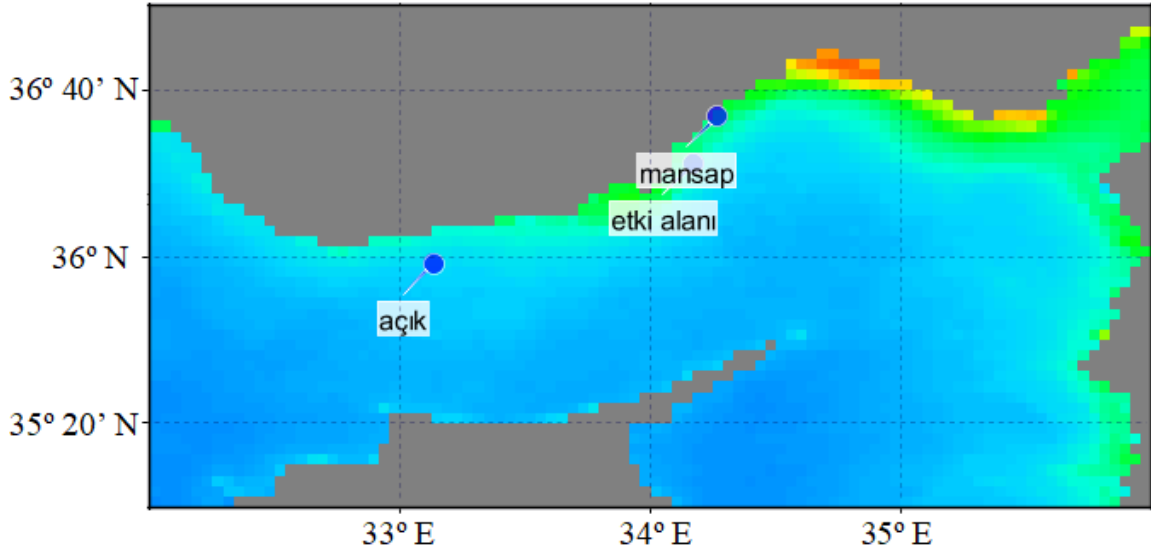


Şekil 2.8. 2011-2014 yılları arasındaki mevsimlik ortalama klorofil-*a* (mg/m³) yüzey dağılımı



Şekil 2.9. 2015-2017 yılları arasındaki mevsimlik ortalama klorofil-*a* (mg/m³) yüzey dağılımı

Nehrin etkisini daha iyi anlayabilmek için 2003-2017 yılları arasındaki aylık ortalama klorofil-*a* miktarını gösteren uydu görüntüleri indirilmiş ve SeaDAS programı ile işlenmiştir. İşlenen veriler üzerinden Çizelge 2.6 üzerinde gösterilen ve nehrin mansabını (34.14 N, 36.43 E), etki alanını (34.05 N, 36.25 E) ve açık suları (33.01 N, 35.85 E) temsil eden 3 farklı istasyondaki klorofil-*a* miktarları incelenmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Aylık ortalama klorofil-*a* bilgisi elde edilen istasyonlar

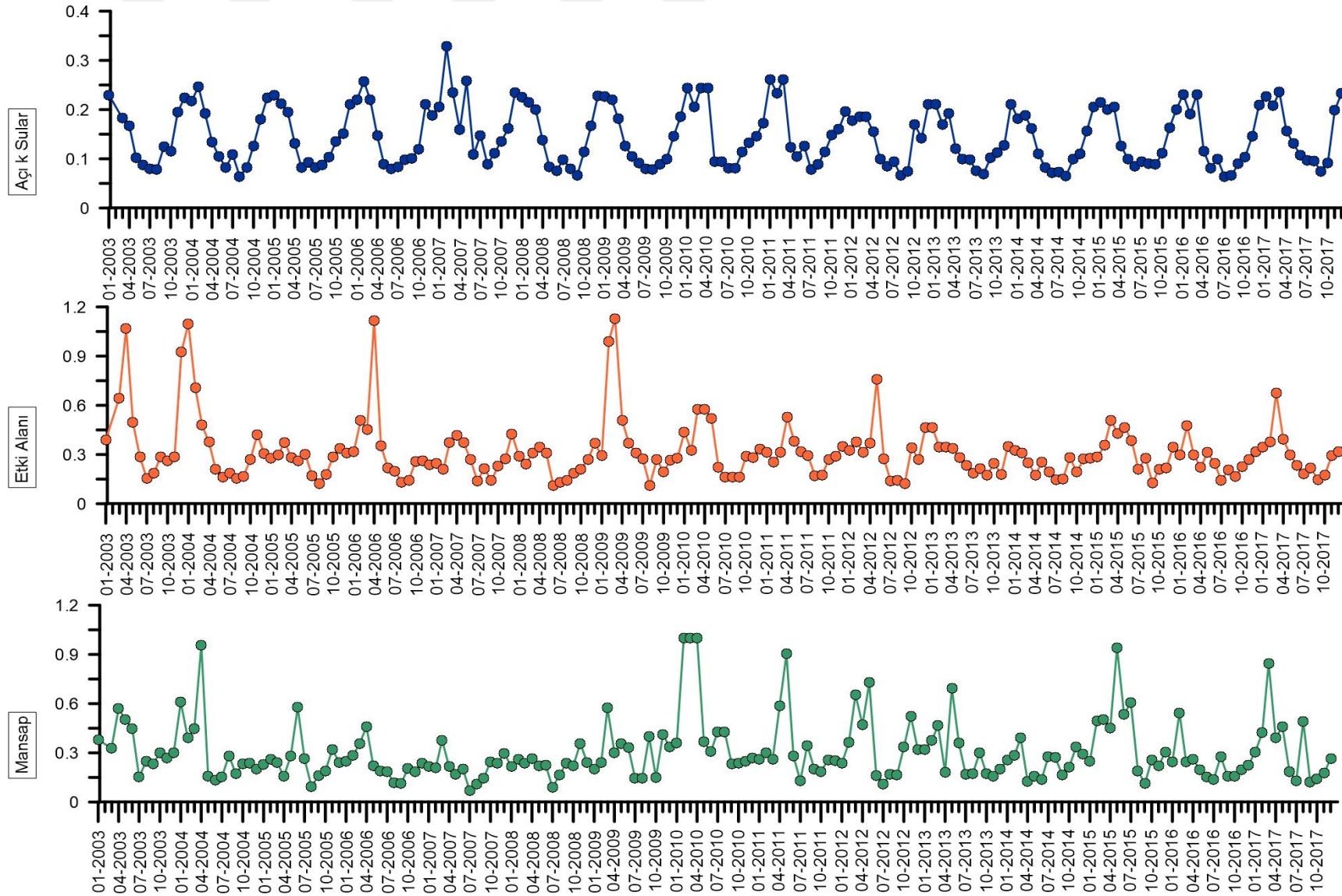
Akdeniz'in tipik oligotrofik koşullarını gösteren açık istasyonda klorofil seviyesi 0,06 ile 0,33 mg/m³ arasında değişim göstermiştir. 2002-2017 yılları arasındaki aylık klorofil-*a* değişimi incelendiğinde, kış aylarında klorofil-*a* miktarının arttığı, yaz aylarında ise önemli oranda azaldığı görülmektedir. Gözlemlenen bu düzenli döngü Akdeniz'in mevsimsel dinamiklerinin açık sulardaki birincil üretim için hayati önem taşıdığını göstermektedir (Şekil.3.5). Öte yandan, Göksu Nehri mansabında ve etki alanında bulunan istasyonlarda klorofil-*a* konsantrasyonu sırasıyla 0,06-1,00 mg/m³ ve 0,1-1,13 mg/m³ arasında değişim göstermiştir. Bu istasyonlarda yerel mevsimsel akıntı dinamiklerinin yanı sıra (kış karışımları vb.), nehirden gelen sularının debisinin miktarındaki değişim de klorofil-*a* derişimini etkilemiştir. Öyle ki, yağışın bol olduğu ilkbahar aylarında klorofil-*a* miktarında artış gözlemlenmektedir. Bu durum kıyısız alanların yağışlardan ve/veya insan kaynaklı faaliyetlerden etkilenmeye müsait olduğunu göstermektedir (Şekil 2.11).

Mansap istasyonundaki ortalama klorofil-*a* konsantrasyonunun yıllara bağlı değişimi incelendiğinde, besin tuzu yükünün değişimine paralel bir şekilde, 2010 yılına kadar artan bir eğri izlerken, 2010 yılında maksimuma ulaştıktan sonra tekrar azalmaya başladığı

görülmektedir (Çizelge 2.5). Öte yandan, açık sularda bulunan istasyondaki yıllık ortalama klorofil-*a* miktarı hiç değişim göstermemiştir. Bu durum Göksu Nehri'nden gelen besin tuzlarının etki alanı içindeki birincil üretimi olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

Çizelge 2.5. Yüzey klorofil-*a* (mg/m³) yıllara bağlı olarak değişimi

	Mansap	Etki alanı	Açık sular
2003	0,34	0,45	0,14
2004	0,33	0,38	0,15
2005	0,25	0,27	0,14
2006	0,23	0,35	0,15
2007	0,21	0,28	0,18
2008	0,23	0,24	0,14
2009	0,30	0,42	0,14
2010	0,49	0,34	0,15
2011	0,33	0,30	0,16
2012	0,35	0,33	0,14
2013	0,30	0,28	0,13
2014	0,24	0,24	0,13
2015	0,14	0,32	0,14
2016	0,23	0,27	0,14
2017	0,33	0,30	0,15
Ortalama	0,29	0,32	0,15



Şekil 2.11. İstasyon tiplerine göre 2003-2017 yılları arasındaki ortalama klorofil-*a* konsantrasyonunun (mg/m^3) zamana bağlı değişimi

2.4. Tartışma

2.4.1. Besin tuzu derişiminin değerlendirilmesi

Kuzeydoğu Akdeniz genelde oligotrofik olarak bilinmesine rağmen, nehirlerden gelen besin tuzu yükü nedeniyle kıyısız alanlarda ötrofik koşullar hüküm sürmektedir (Tuğrul ve diğerleri, 2011, 2016, 2018). Göksu Nehri'ndeki su kalitesi çeşitli noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklarından etkilenmektedir. Göksu Nehri'nin suları tarımsız sulama için yoğun olarak kullanılmaktadır ve nehirde çekilen sular yoğun gübre kullanımına bağlı olarak organik yönden oldukça kirlili bir Şekilde yüzey akışı ile nehrin kollarına geri ulaşmaktadır (Demirel, zer ve zer, 2011). Bunun bir sonucu olarak Göksu Nehri'nin mansabının çevresindeki kıyısız sular özellikle nitrit yönünden hassas alan olarak tanımlanmıştır (Ayaz ve diğerleri, 2013).

Demirel ve diğerleri (2011), 2006-2008 yılları arasında Göksu havzasının farklı bölgelerinde farklı mevsimlerde yapılan ölçümlerde NO₂, NO₃ ve PO₄ konsantrasyonu sırasıyla 0,03-1,31 mg/L, 3,6-17,3 mg/L ve 0,03-0,88 mg/L arasında değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir. Yıldırım, Güler, Kurt ve Geçgel (2018), ekim ayında Göksu Nehri'ndeki NO₂ konsantrasyonunun 0,001 mg/L ile 0,091 mg/L arasında değiştiğini, mayıs ayında ise artarak 0,107 mg/L-1,464 mg/L ulaştığını ve NO₃ derişimini ekim ve mayıs aylarında sırasıyla 2,69-7,95 mg/L ve 1,77-5,9 mg/L arasında bildirmişlerdir. Bu çalışmada, 1992-2017 yılları arasında llen NO₂, NO₃, NH₄, PO₄ derişimi sırası ile 0,001-0,114 mg/L, 0,18-4,8 mg/L, 0,008-2,8 mg/L, 0,13-0,41 mg/L ve 0,01-0,92 mg/L arasında değişim göstermiştir ve daha önce yapılan çalışmalar ile uyum göstermektedir. Minimum ve maksimum konsantrasyon arasında gözlemlenen bu yüksek farklılıklar, yıllara ve mevsimlere bağlı olarak su kalitesinin değiştiğini göstermektedir (Kılıç ve Yücel, 2019).

Nitrat ve nitrit tuzları suda oldukça aktiftir (Birkinshaw ve Ewen, 2000; Shamrukh, Corapcioglu ve Hassona, 2001; Demirel ve diğerleri, 2011) ve sudaki varlığı genellikle tarımsız faaliyetler ile ilişkilendirilmiştir (Ledoux ve diğerleri, 2007, Ogwueleka, 2015). Benzer Şekilde yüzey sularında PO₄ konsantrasyonu da tarımda gübre kullanımını sonucunda artmaktadır (Sing, Malik ve Sinha, 2005, Ogwueleka, 2015). Bununla beraber yüzey sularındaki P miktarı temelde doğal etmenlere (toprak ve kaya aşınması) bağlanmaktadır (Baker ve diğerleri, 2007; Koçak ve diğerleri, 2010; Beusen ve diğerleri, 2016). Geçmişte yapılan çalışmalarda Göksu Havzasında yılda 94 ton tarım ilacı ve 520 kg/ha mineral gübre kullanıldığı bildirilmiştir (etinkaya, 1996). Dolayısıyla, Göksu Nehri'ndeki besin tuzu

konsantrasyonunun temelinde tarımsal kaynaklı faaliyetlerin olduğu söylenebilir. Tarımsal faaliyetin yoğun olduğu Silifke ilçesinde nitrit ve nitrat konsantrasyonunun havzanın geri kalan bölgelerine kıyasla daha yüksek olması da bu kanıyı desteklemektedir (Yıldırım ve diğerleri, 2018). Tarımsal faaliyetin yoğun olarak yapıldığı Asi havzasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Kılıç ve Yücel, 2019).

Göksu Nehri, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yayımlanan Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkındaki Yönetmelik kapsamında hassas su kütlesi olarak tanımlanmıştır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2016). Nehir mansabı özellikle nitrit yönünden hassas alan olarak tanımlanmış durumdadır (Ayaz ve diğerleri, 2013). Azot döngüsü düşünüldüğünde yüzey sularında nitrit tuzlarının tepkime verme hızı, nitrat tuzlarından daha yüksektir (Minero ve diğerleri, 2007). Bundan dolayı nitrit yönünden hassas alanlarda yayılı kirlilik kaynaklarının baskısının yanı sıra, noktasal kirlilik kaynaklarının (evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları) baskısı da ön plana çıkmaktadır.

Ülkemizdeki yüzey sularının su kalitesinin korunması için gerekli usul ve esasların belirlendiği Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSYY), kıta içi su kaynaklarını su kalitesini bakımından dört sınıfa ayırmıştır. YSYY (2015), tarafından belirlenen NO₂, NO₃, NH₄ konsantrasyonlarına ait standartlar Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. YSYY tarafından belirlenen standartlar

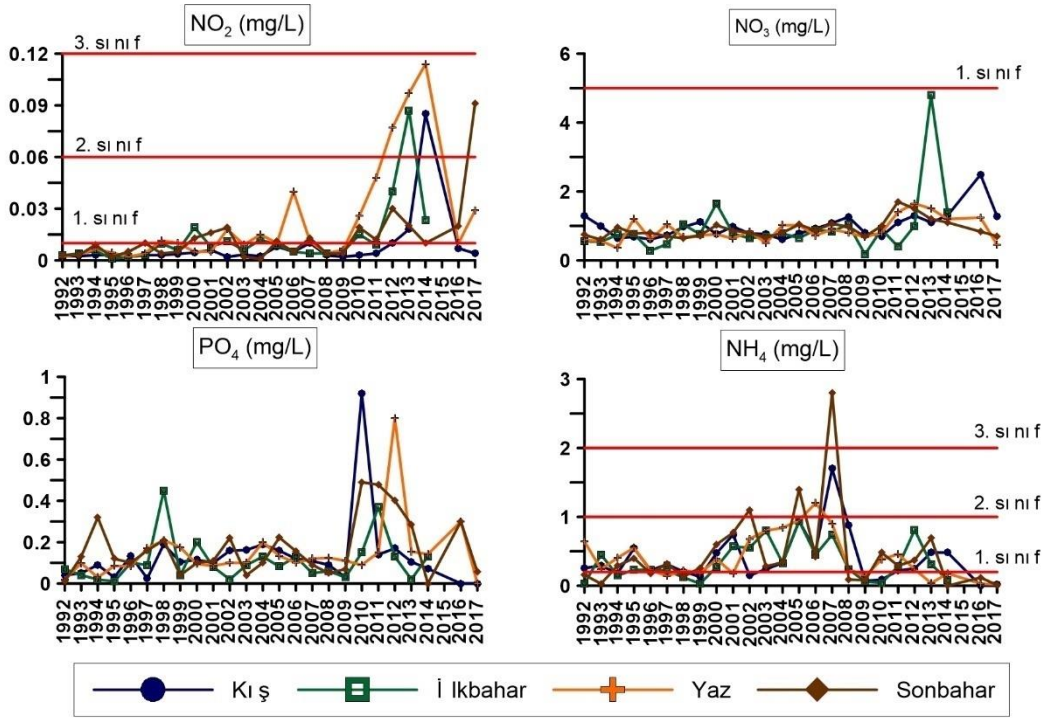
	1. Sınıf	2. Sınıf	3. Sınıf	4. Sınıf
NH₄ (mg/L)	<0,20	1,00	2,00	>2,00
NO₂ (mg/L)	<0,01	0,06	0,12	>0,3
NO₃ (mg/L)	5,00	10,00	20,00	>20
TP (mg/L)	<0,03	0,16	0,65	>0,65

Nehrin su kalitesi NO₂ bakımından genel olarak 2. sınıf olmakla beraber, 2010-2015 yılları arasında su kalitesi 3. Sınıfa gerilemiştir. NH₄ bakımından incelendiğinde 90'ların başında su kalitesi 1. sınıf iken, 2000'lerde kalite düşerek 2. sınıf su seviyesine gelmiştir. Ek olarak, 2007 yılının yağışlı döneminde su kalitesi 4. sınıfa kadar düşmüştür. Son olarak nehirdeki NO₃ konsantrasyonu son dönemde artmasına rağmen hala 1. sınıf kalitededir ve konsantrasyon dağılımı NO₂ ve NH₄ konsantrasyonuna kıyasla daha düzenlidir (Şekil 2.12). YSYY kapsamında çözülmüş fosfat (PO₄) için bir standart belirtilmemiş olmasına rağmen, Suda bulunan toplam fosfat (TP) tuzlarının miktarının 0,65 mg/L'yi geçmesi halinde su kalitesinin 4. Sınıf olacağı belirtilmiştir. Suda bulunan çözülmüş fosfat miktarının tek

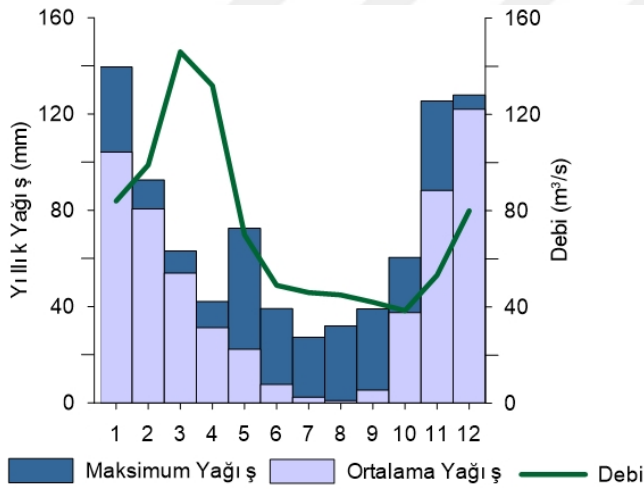
başına 0,65 mg/L sınırını geçtiği 2010-2014 yılları arasında su kalitesinin bu parametre bazında da 4. sınıf olduğu söylenebilir. Besin tuzu parametrelerinin zamana bağlı değişimi incelendiğinde genel olarak 2010-2014 yılları arasında su kalitesinde bir düşüş olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 2.12).

Göksu Nehri mansabının yer aldığı Silifke bölgesinde 1970-2010 yılları arasındaki ortalama aylık yağış grafiği ile DSİ Kargacık gözlem istasyonunun 2003-2008 yılları arasındaki aylık ortalama debi verileri birleştirilerek Şekil 2.13 oluşturulmuştur (Ayaz ve diğerleri, 2013; DSİ, 2019). Sonbahar aylarında artmaya başlayan yağışların etkisi ile kış sonu, ilkbahar başında Göksu Nehri'nde su debisinin artmaya başladığı gözlemlenmiştir (Şekil 2.13). Doğu Akdeniz İklim Merkezi'nden alınan verilere göre 2010-2013 yılı Şubat ve Mayıs aylarında alınan yağış, 1970-2010 yılları arasındaki ortalamanın çok üstündedir (EMCC, 2020). Silifke yöresindeki temel antropojenik faaliyetin tarım olduğu düşünüldüğünde (Şekil 2.3), tarımsal faaliyetin fazla olduğu ilkbahar aylarında yağışların artmasına bağlı olarak nehre ulaşan azot ve fosfat türevlerinin konsantrasyonunda artış olması normaldir. Bu durum nehrin su kalitesinde 2010-2013 yılları gözlemlenen su kalitesindeki düşüşün nedeni olabilir.

Okyanuslardaki fitoplankton gruplarının kimyasal kompozisyonu atomlarına göre incelendiğinde C:N:P oranı 106:16:1 olarak bulunmuştur (Goldman, McCarthy ve Peavey, 1979). Redfield oranı olarak bilinen bu oran fitoplanktonun büyümesini ve optimum koşullarda çoğalmasını kısıtlayan besin tuzu miktarının belirlenmesi için kullanılır (Tett, Droop ve Heaney, 1985). Bu orandan sapmayı doğuran parametre büyümeyi kısıtlayan element olarak tanımlanır (Redden ve diğerleri, 2009). Daha önce yapılan çalışmalarda Kuzeydoğu Akdeniz'deki N/P oranının yüksek olduğu (≈ 20) ve bundan dolayı bölgenin P-kısıtlı olduğu bildirilmiştir (Krom ve diğerleri, 1991, Yılmaz ve Tuğrul, 1998, Koçak ve diğerleri, 2010). Kuzeydoğu Akdeniz'in yüksek N/P oranlı, P-kısıtlı sularının tam tersine, Göksu Nehri'nden gelen sular düşük N/P oranına sahiptir. Başka bir deyişle deniz ekosisteminin tersine nehir suları N-kısıtlı durumdadır (Şekil 4.2). Bunun bir sonucu olarak, görece yüksek PO_4 konsantrasyonuna sahip olan nehir suları, kıyısal alandaki birincil üretimi yüksek oranda arttırmaktadır (Uysal ve diğerleri, 2019).

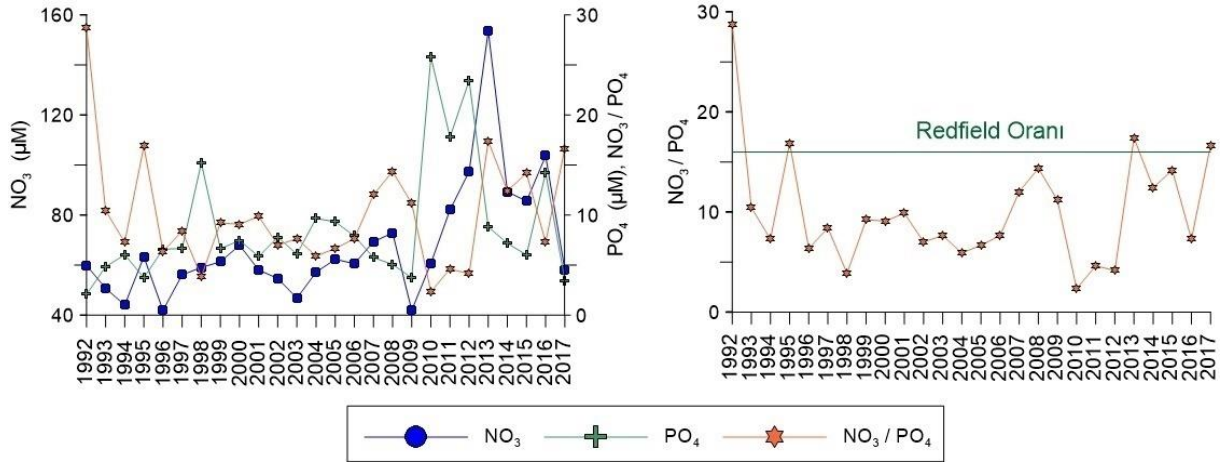


Şekil 2.12. Göksu Nehri'ndeki su kalitesinin YSYY standartları ile karşılaştırılması



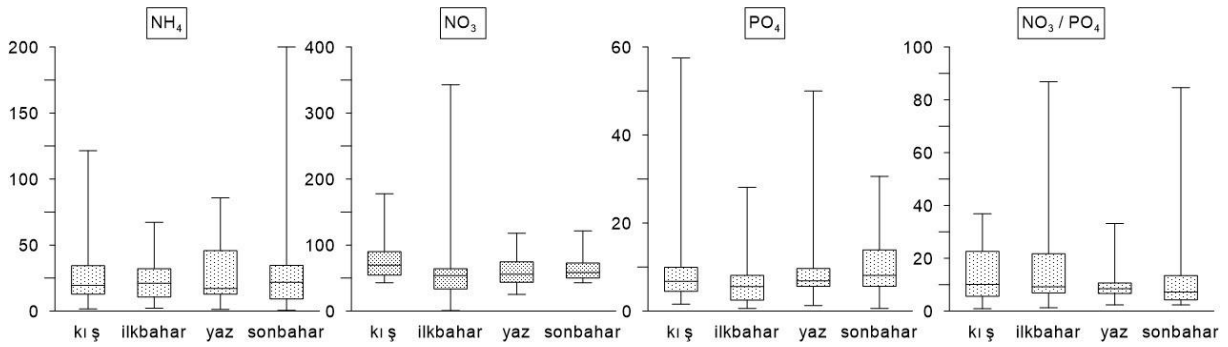
Şekil 2.13. Yağış ile Göksu Nehri debisi arasındaki ilişki

Bununla beraber, son dönemde kıyı boyunca gözlemlenen ötrofikasyon nedeniyle, özellikle Mersin Körfezi civarında N ve P ortak kısıtlı, hatta N kısıtlı durumlar oluşabildiği rapor edilmiştir (Yücel, 2013; Tüfekçi ve diğerleri, 2013). Çoğu zaman oldukça düşük N/P oranına sahip olan Göksu Nehri sularının (Şekil 2.14), içerdiği yüksek fosfat miktarı nedeniyle bölgedeki birincil üretimi desteklemektedir.



Şekil 2.14. Göksu Nehri'ndeki ortalama NO_3/PO_4 oranının yıllara bağlı olarak değişimi

Önceki çalışmalarda Göksu Nehri için çok daha yüksek N/P oranları bildirilmiştir (Koçak ve diğerleri., 2010; Akçay ve Tuğrul, 2018). Bunun nedeni bu çalışmamızda elde edilen PO_4 konsantrasyonlarının daha önceki çalışmalarda bildirilen PO_4 verilerinden daha yüksek olmasıdır. Bu durumun birden fazla nedeni olabilir. Ölçümlerin farklı laboratuvarlarda farklı yöntemlerle ve farklı kişiler tarafından yapılmış olması bu farklılığın nedeni olabilir. Ek olarak, mevsimler içinde ve mevsimler arasında besin tuzu konsantrasyonları arasında ciddi farklılıklar bulunmaktadır (Şekil 2.14). Ölçüm alınan günlerde oluşan farklı meteorolojik olaylar da (yağmur yağması vb gibi), ölçüm sonuçlarında farklılık doğurmuş olabilir.



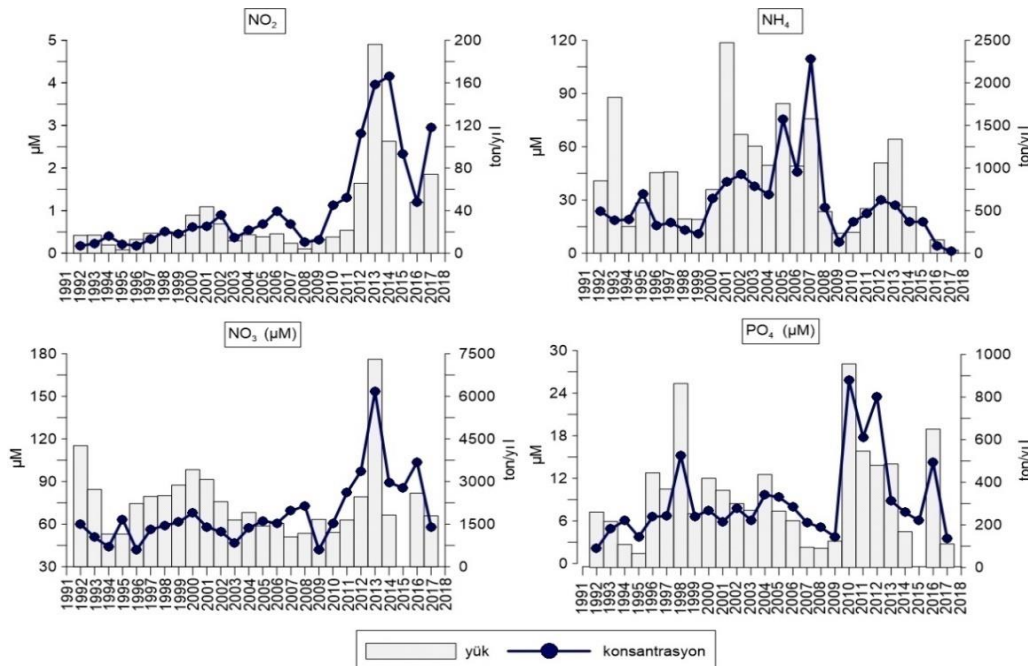
Şekil 2.15. Besin tuzu konsantrasyonlarının mevsimlere bağlı olarak değişimi

Mevsimlere bağlı besin tuzu miktarındaki değişimler incelendiğinde, mevsimsel ortalama değerlerin benzerlik gösterdiği ve istatistiksel olarak ciddi farklılıklar bulunmadığı gözlenmiştir ($p>0,05$). Yıllık ortalama NO_3/PO_4 oranı Redfield oranının altında kalmasına rağmen (Şekil 2.14.), NO_3/PO_4 oranının mevsimsel ortalamasının çok üstünde olduğu dönemlere de rastlanmıştır (Şekil 4.3). Özellikle olağandışı hava olaylarının yaşandığı dönemlerde sudaki besin tuzu konsantrasyonunda beklenmeyen değişimler olmuştur.

Örneğin, Şubat ayında Silifke bölgesine düşen yıllık maksimum yağış miktarı 90 mm iken (Ayaz ve diğerleri, 2013), 2015 yılında 201-280 mm arasında yüksek bir yağış oluşmuştur (EMCC, 2020). Bunu takip eden bahar aylarında bölgede beklenmeyen bir kuraklık olmuş, Mayıs ayında 25 mm yağış beklenirken yalnızca 5 mm yağış almıştır (Ayaz ve diğerleri, 2013; EMCC, 2020). Alınan yüksek yağışlara bağlı olarak Göksu Nehri'ne ulaşan yüksek besin tuzu konsantrasyonu, ilkbaharda gözlemlenen yüksek sıcaklık ve buharlaşmanın etkisi ile iyice artmış olabilir. Bu durum, ilkbahar mevsiminde ortalama NO_3/PO_4 oranı 8,73 iken bu değer 2015 yılında 83'e kadar çıkmasının nedeni olabilir. Dolayısı ile genel olarak gözlemlenen bir eğilim olmakla birlikte, hava koşullarında yaşanan olağandışı olaylar besin tuzu derişimini ve dolayısı ile NO_3/PO_4 oranını yüksek oranda, dolayısıyla birincil üretimi de büyük oranda etkilemektedir (Uysal ve diğerleri, 2019).

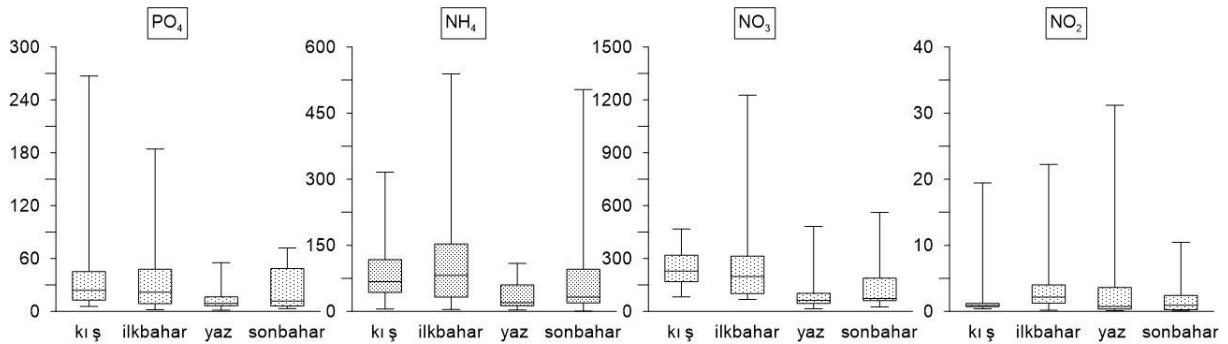
2.4.2. Besin tuzu yükünün değerlendirilmesi

Göksu Nehri'nin besin tuzu konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak, nehirden Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan besin tuzu yükünde artış gözlemlenmiştir. Konsantrasyonun yüksek olduğu yıllarda, nehre ulaşan besin yükü miktarında da artış olmuştur. Yüzey akış ile nehre ulaşan sular hem nehrin debisini hem de içerdiği besin tuzu miktarını etkilediği için (Ackerman ve Schiff, 2003), yıllara bağlı dağılımda yük ile konsantrasyon arasında paralellik gözlemlenmiştir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Göksu Nehri'nden denize boşalan besin tuzu yükü miktarı

Besin tuzu yükünün yıllara bağlı olarak izlediği artma azalma eğilimleri bölgede daha önce yapılan çalışmalar ile uyumluluk göstermektedir (Akçay ve Tuğrul, 2018). Koçak ve diğerleri (2010), Seyhan, Ceyhan, Göksu Nehir'lerinden Kuzeydoğu Akdeniz'e boşalan PO₄ akışını sırasıyla 30; 9; 5 x10⁶ mol km⁻² yıl⁻¹, NO₃ akışı 440; 480; 80 x10⁶ mol km⁻² yıl⁻¹ ve NH₄ akışını 80; 90; 10 x10⁶ mol km⁻² yıl⁻¹ olarak bildirmiştir. Ounissi ve Boucharep (2013), Cezayir kıyılarındaki nehirlerden Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan çözünmüş azot ve fosfat akışını sırasıyla 338 kg/km²/yıl ve 172 kg/km²/yıl olarak bildirmiştir. Bu çalışmalarda nehirden besin girdilerinin havza ölçeğinde, akış cinsinden verildiğine dikkat edilmelidir. Yani, bu çalışmadan farklı olarak nehrin yüzey alanı (derinliğine ve enine) dikkate alınarak havza bazında birim alandan denize ulaşan besin miktarı verilmiştir. Akçay ve Tuğrul (2018), Seyhan, Ceyhan, Berdan, Lamas ve Göksu Nehir'lerinden Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan ortalama NO₂, NO₃, NH₄, PO₄ yükünü sırasıyla 966, 19.420, 2.796, 1.024 ton/yıl olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada ise kuzeydoğu Akdeniz'e Göksu Nehri'nden yıllık ulaşan NO₂, NO₃, NH₄, PO₄ miktarı sırasıyla 33, 2 294, 887, 342 ton/yıl olarak bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçları Akçay ve Tuğrul (2018)'un verileri ile kıyaslandığında, Göksu Nehri'nden gelen NO₂, NO₃, NH₄, PO₄ miktarı kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan toplam besin yükünün sırasıyla % 3, % 11, % 32 ve % 33'ünü oluşturmaktadır.



Şekil 2.17. Besin yükünün mevsimlere bağlı değişimi

Mevsimlere bağlı olarak nehre dökülen besin yükü miktarındaki değişimler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$). Yıllara bağlı olarak değişime benzer şekilde mevsimler arası farklılıklar da besin tuzu konsantrasyonu ile benzerlik göstermektedir (Şekil 2.17).

Nehirlerden denizlere ulaşan besin yükü alıcı ortamdaki biyolojik/abiyotik faktörlerde değişikliğe neden olmakta ve kıyusal alandaki bölgesel ve kıyusal plankton kominitesini değiştirmektedir (Markogianni, Varkitzi, Pagou, Pavlidou ve Dimitrou, 2017). DSİ tarafından Göksu Nehri'ndeki silikat (Si) konsantrasyonu ölçülmemiştir. Akçay ve Tuğrul

(2018), kuzeydoğu Akdeniz'e dökülen Si yükünün 2008 yılından 2015 yılına kadar 41.129 ton/yıl'dan 36.484 ton/yıl'a gerilediğini tespit etmiş ve bunun nehir üzerinde kurulan Hidroelektrik Santrallerden dolayı olduğunu belirtmişlerdir. Yüzey akıştaki Si/NO₃ oranı alıcı ortamdaki diatom/dinoflagellat oranını önemli ölçüde etkilemekte ve mesotrofik / ötrofik koşulların oluşmasına neden olmaktadır (Tuğrul ve diğerleri, 2018). Bundan dolayı, izleme çalışmalarının Si içerecek şekilde geliştirilmesi gerekmektedir.

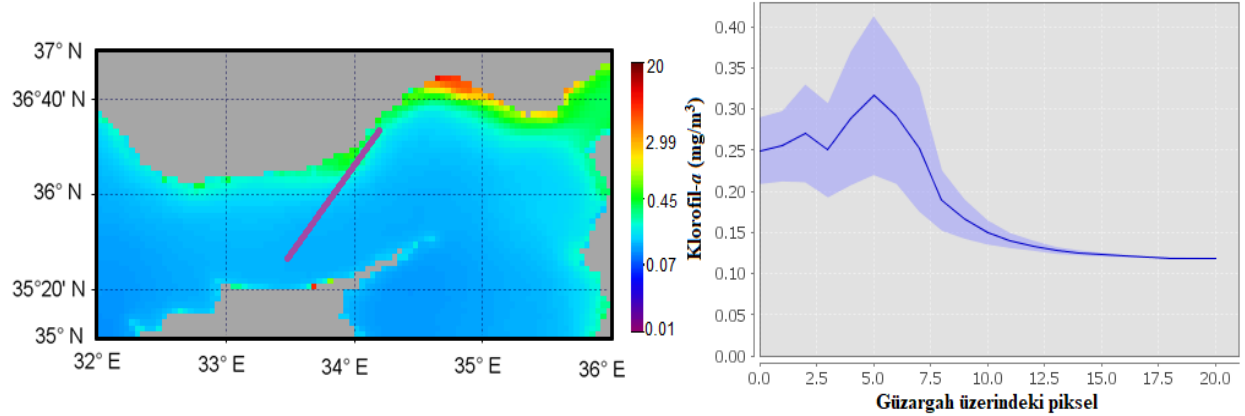
2.4.3. Belirsizlik analizi

İnterpolasyona dayalı ortalama tahmin edici modelin nehirlerden gelen besin yükü miktarı hesaplanmasında oldukça kullanışlı olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Laznik, Stalnache, Grimvall ve Wittgren, 1999; Stalnacke, Grimvall, Sundblad ve Tonderski, 1999; Bettiol ve diğerleri, 2005; Johnes, 2007; Buhvestova, Kangur, Haldna ve Möls, 2011; Kılıç ve Yücel, 2019). Bu tarz modeller özellikle uzun dönemli mevsimsel trendlerin izlenmesinde ve zamana bağlı değişimin gözlemlenmesinde oldukça tatmin edici sonuçlar vermektedir (Johnes, 2007). Bununla beraber, çeşitli nedenlerden dolayı var olduğundan daha fazla ya da daha az hesaplama yapılması mümkündür. İlk olarak, ölçüm zamanları arasında ya da nehir kesitine bağlı olarak besin tuzu konsantrasyonunda farklılıklar olabilmektedir (Johnes, 2007). Benzer şekilde o dönemdeki iklim şartlarına bağlı olarak nehrin debisinde değişimler olabilir. Örneğin; ölçüm yapıldığı günün ardından havzada meydana gelen bir taşkın olayı var ise bu ölçüm sonuçlarına yansımayacağı için o döneme ait besin tuzu yükünün olduğundan daha az hesaplanmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, nehirdeki kütle taşıma ve dönüşüm dinamikleri birçok çevresel faktör ile ilişkilidir ve nehirde mevcut olan besin tuzu konsantrasyonunu etkilemektedir. Fakat bu faktörleri de içe alan modeller çok fazla zamana ve çoğu zaman bilinmeyen giriş verisine ihtiyaç duymaktadır (Kılıç ve Yücel, 2019). Var olan bu belirsizliklerin üstesinden gelebilmek için izleme programının doğruluğundan, etkinliğinden ve besin tuzu yükünün hesaplandığı istatistiksel yöntemin doğruluğundan emin olmak gerekmektedir (Stalnacke ve ark. 1999). Bu çalışmada elde edilen verilerin doğruluğundan emin olabilmek için ulusal izleme programından elde edilen uzun süreli (1992-2017) izleme sonuçları kullanılmıştır.

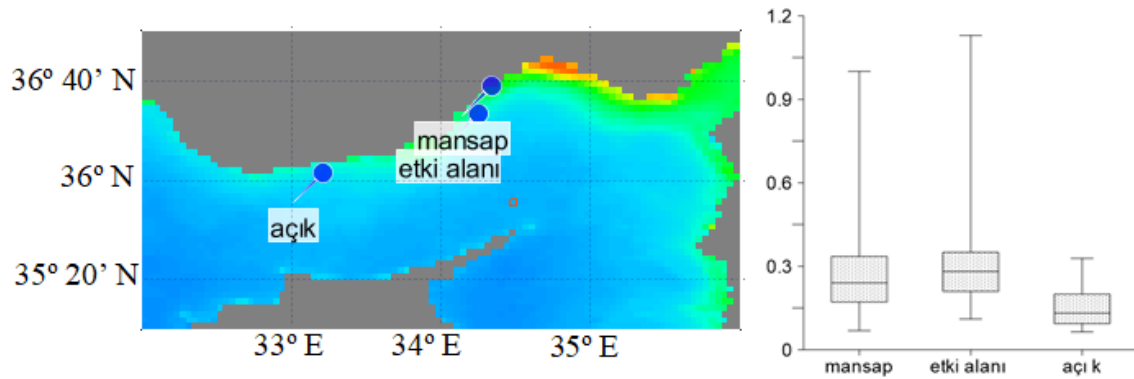
2.4.4. Uydu görüntülerinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi

Göksu Nehri'nin kuzeydoğu Akdeniz'de yaptığı etkiyi daha net anlamak için 2002-2020 yılları arasındaki yüzey klorofil-*a* dağılımı esas alınarak hazırlanan uydu ekran görüntüsü Şekil 2.18'de verilmiştir. Nehirlerden denize boşalan ve Küçük Asya akıntısını takip ederek

kıyı boyunca ilerleyen besin tuzu açısından zengin suların, hem nehrin mansabında hem de etki alanı içerisinde klorofil-*a* dağılımını olumlu etkilediği bulunmuştur. Nehrin etki alanı boyunca ortalama olarak $0,25 \text{ mg/m}^3$ düzeyinde seyreden klorofil-*a* konsantrasyonu, açık sulara ilerledikçe azalmış ve $0,10 \text{ mg/m}^3$ seviyesine kadar düşmüştür (Şekil 2.18). Bu durum Kilikya basenindeki nehir tuzu girdilerinin bölgedeki birincil üretimi çok önemli ölçüde etkilediğinin göstergesidir.



Şekil 2.18. Göksu Nehri etki alanı içerisindeki 2002-2020 yılları arasındaki klorofil-*a* konsantrasyonunun değişimini gösteren grafik



Şekil 2.19. Farklı karakterdeki istasyonlardaki klorofil-*a* konsantrasyonunun (mg/m^3) değişimi

Göksu Nehri mansabı, etki alanı ve açık sulardaki ortalama klorofil-*a* konsantrasyonu sırası ile $0,29 \text{ mg/m}^3$, $0,31 \text{ mg/m}^3$ ve $0,15 \text{ mg/m}^3$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 2.19). Nehrin mansabındaki tuzluluk ve sıcaklık değişiminden fitoplankton üretime başlamak için ortam koşullarına adapte olmak zorunda iken, nehrin etki alanı içerisindeki fitoplankton görece daha stabil olan fiziksel koşullar altında yüksek besin tuzu ile karşı karşıyadır (Uysal ve diğerleri, 2019). Bundan dolayı nehrin etki alanı içerisindeki ortalama klo-*a* miktarı, nehrin mansabında gözlemlenen klo-*a* miktarından daha fazladır (Şekil 2.19). Nehirlerden gelen

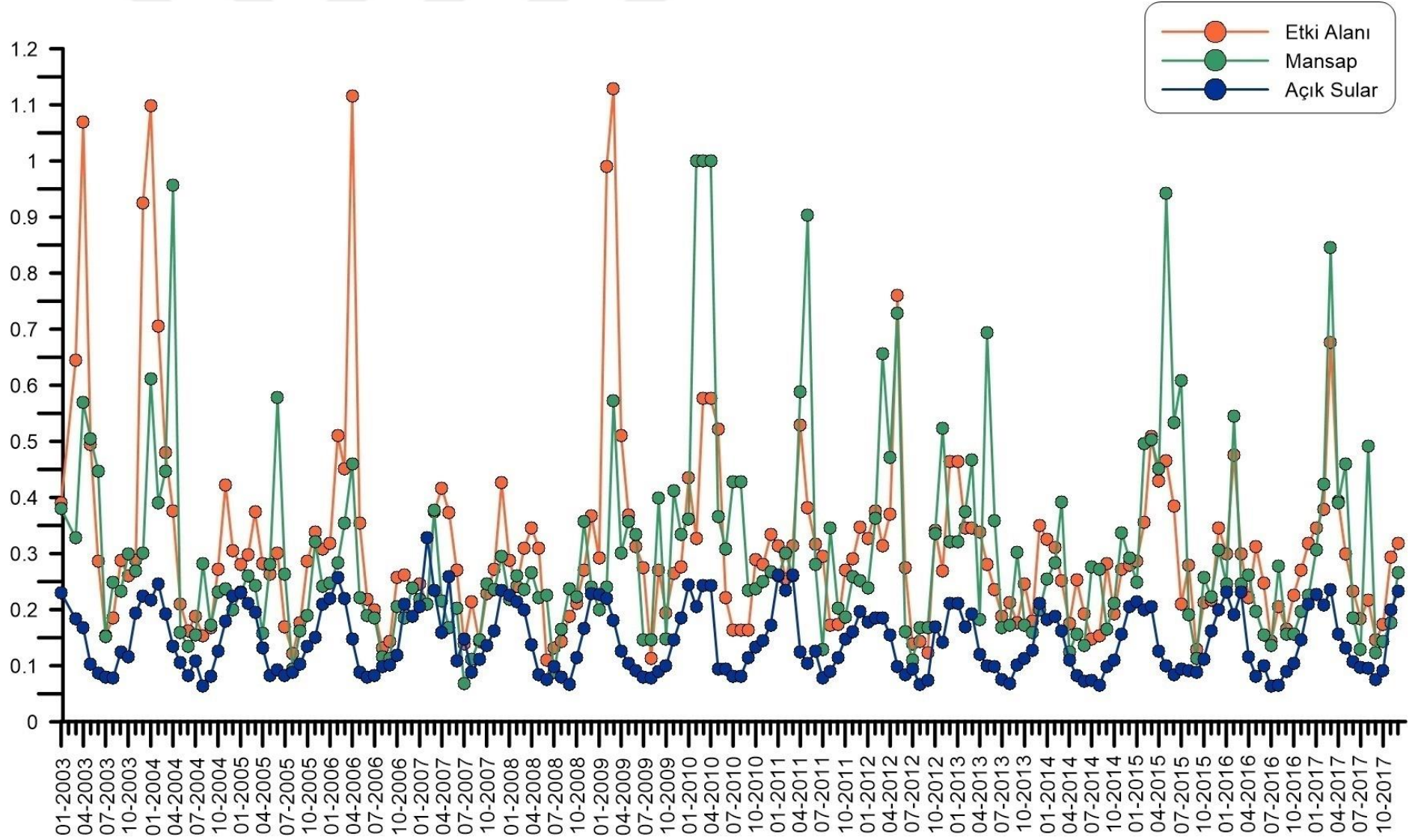
besin tuzundan muhaf olan açık sularda ise yüzeydeki klorofil-*a* miktarı kıyı sularına kıyasla iki kat azalmıştır (Şekil 2.19).

Ayrıca, nehrin mansabındaki ve etki alanı içerisindeki istasyonda tahmin edilen klorofil-*a* konsantrasyonları yüksek bir değişim aralığına sahip iken, açık sulardaki değişim aralığı oldukça dardır (Şekil 2.19). Bu durum kıyısal alandaki klorofil-*a* derişiminde nehrin debisinde oluşan mevsimsel etkilerin yanı sıra, antropojenik faaliyetler sonucunda yüzey akışta meydana gelen değişimlerin de etkili olduğunu göstermektedir. Öte yandan, açık istasyonda değişimi tetikleyen temel parametreler mevsimsel olarak değişim gösteren kış karışımı ve yaz tabakalaşması olarak gözükmektedir.

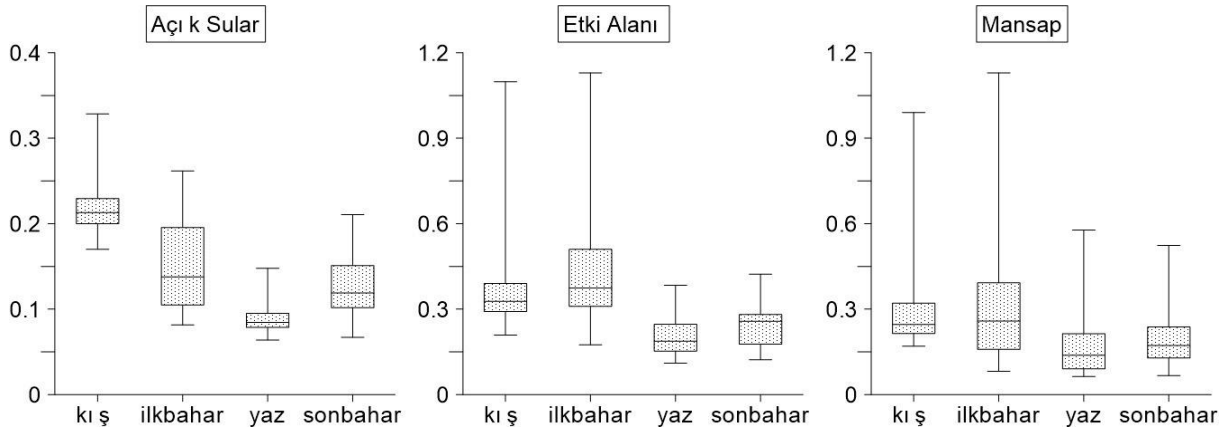
Göksu Nehri'nin debisinin en yüksek olduğu Mart ve Nisan aylarında Göksu Nehri mansabında bulunan istasyondaki klorofil-*a* konsantrasyonunun düzenli bir şekilde her yıl arttığı gözlemlenmektedir (Şekil 2.20). Dolayısı ile nehrin alıcı ortamdaki birincil üretim üzerinde önemli bir etkisi olduğu söylenebilir. Mansapta bulunan istasyona benzer şekilde Küçük Asya akıntısı ile nehrin etki alanı içerisinde bulunan istasyonda da Mart-Nisan aylarında klorofil-*a* konsantrasyonunda artış gözlemlenmiştir. Ek olarak, 2003, 2006 ve 2009 yıllarında etki alanı içerisinde bulunan istasyondaki klorofil-*a* konsantrasyonu mansapta bulunan istasyondan yüksektir. Uydu görüntüleri incelendiğinde bu yıllarda Göksu Nehri'nin yanı sıra Seyhan, Ceyhan, Göksu Nehir'lerindeki besin yükünün Küçük Asya akıntısı boyunca kıyısal alanda sıkıştırıldığı görülmektedir (Şekil 2.8). Dolayısı ile etki alanında bulunan istasyonda o dönemde Göksu Nehri'nin yanı sıra diğer nehirlerden gelen besin tuzunun da birincil üretime katkısı olduğu söylenebilir.

Kilikya baseni genelinde 2003-2017 yılları arasındaki uydu görüntüleri incelendiğinde, Akdeniz'in kendine has oseonolojik özelliklerinin (kış karışımı ve yaz tabakalaşması) bölgede birincil üretimi önemli bir oranda etkilediği görülmüştür (Şekil 2.8). Bu durum yüzeydeki klorofil-*a* konsantrasyonunun mevsimlere bağlı olarak farklılık göstermesine neden olmaktadır. Nehir girdisinden etkilenmeyen açıkta bulunan istasyonlardaki klorofil-*a* değişimi incelendiğinde (Şekil 2.20), mevsimlere bağlı olarak belirli bir döngü içinde değişim olduğu gözlemlenmektedir.

Kış aylarındaki karışım olayı sonucunda dipten yüzeye besin tuzu yönünden zengin suların ulaştığı bilinmektedir (Sağlamtimur ve Tuğrul, 2008). Bu durum bölgedeki birincil üretimi olumlu yönde etkilemekte ve özellikle açık sularda klorofil-*a* miktarı yıl içerisindeki en yüksek seviyesine ulaşmaktadır (Şekil 2.21).



Şekil 2.20. Mansap, etki alanı ve açık sulara ait istasyonlardaki 2003-2017 yılları arasındaki aylık ortalama klorofil-*a* derişimi



Şekil 2.21. Üç istasyondaki klorofil-a konsantrasyonunun (mg/m³) mevsimsel değişimi

İlkbahar aylarında artan yağışa bağlı olarak nehirlerden gelen besin tuzu yükü önemli ölçüde artmaktadır. Düşük tuzluluk-yüksek besin tuzu içeren bu sular Küçük Asya akıntısı ile kıyısız alanda taşınmakta ve açık sulara ulaşamamaktadır (Akpınar ve diğerleri, 2016). Bunun sonucunda kıyısız alanda akıntı boyunca klorofil-*a* konsantrasyonunun arttığı fakat açık sularda yine düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2.8; Şekil 2.20).

Yaz aylarında Akdeniz’de gözlemlenen kuvvetli tabakalaşma, öfotik zonda besin tuzu miktarında kuvvetli bir azalma eğrisine neden olduğu için (Latasa, Cabello, Moran, Massana ve Scharek, 2017; Mena ve diğerleri, 2019), yaz aylarında yüzey klorofil-*a* konsantrasyonu en düşük seviyede tespit edilmiştir (Şekil 2.21). Bütün bu fiziko-kimyasal dinamiklerin etkisinde su yüzeyindeki ortalama klorofil-*a* dağılımı en düşükten en yükseğe doğru kış>ilkbahar>sonbahar>yaz şeklinde sıralanmıştır (Şekil 2.21).

2.4.5. Besin Tuzu yükü ile yüzey klorofil-*a* konsantrasyonu arasındaki ilişki

Nehirden gelen besin tuzlarının bölgedeki birincil üretime olan etkisini anlamak için nehirde gelen besin tuzu yükü ile nehrin mansabındaki klorofil-*a* miktarı arasındaki ilişki pearson korelasyon analizi kullanılarak incelenmiştir. Sonuçlar nehirde gelen PO₄ konsantrasyonu ile klorofil-*a* konsantrasyonu arasında kuvvetli bir lineer bir ilişki ($p < 0,01$) ve nehirle taşınan NO₃ miktarı ile yüzey klo-*a* konsantrasyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur ($p < 0,05$). Bununla beraber NO₂ ve NH₄ tuzları ile klorofil-*a* konsantrasyonu arasında direk bir ilişki tespit edilmemiştir.

Atmosferden kuzeydoğu Akdeniz’e ıslak ya da kuru çökme yolu ile ulaşan NO₃ ve NH₄ miktarı, PO₄ miktarında önemli düzeyde yüksektir (Koçak ve diğerleri, 2010). Bu durum fitoplanktonun büyümek ve çoğalmak için ihtiyaç duyduğu fosfata ulaşabilmesi için tek

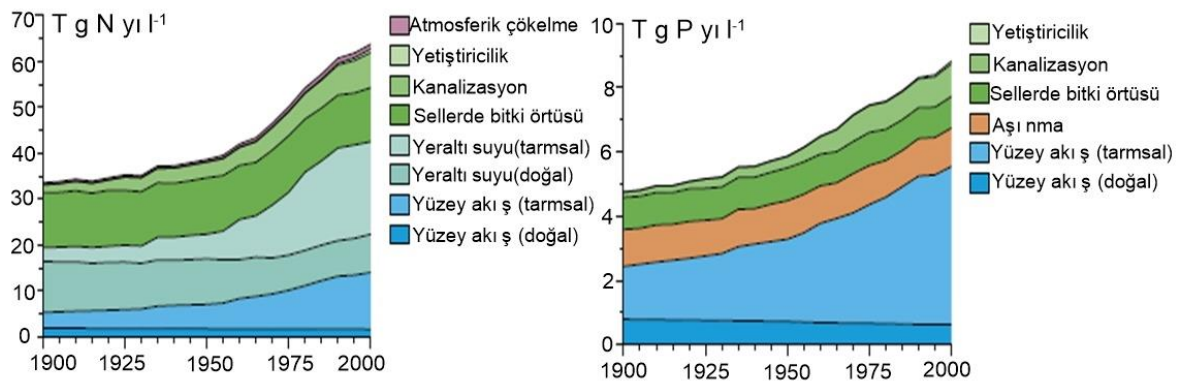
yolun nehir girdileri olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı nehirden gelen PO_4 yükü arttıkça birincil üretim buna bağlı olarak da yüzeydeki klorofil-*a* konsantrasyonu artış göstermiştir (Şekil 2.26).

Kuzeydoğu Akdeniz kıyıları özellikle nehirlerden gelen besin tuzu miktarının önemli ölçüde arttığı yağışlı mevsimlerde büyük boyutlu hücrelerin (genellikle diatomların) neden olduğu patlamalar ile bilinmektedir (Siokou-Frangou ve diğerleri, 2010, Yücel ve diğerleri, 2017). Diatomların ortamdaki NO_3 tuzunu hücrelere alma kabiliyeti ve onu fotosentez için kullanma oranlarının diğer canlı gruplarından daha yüksek olduğu bilinmektedir (Moschonas ve diğerleri, 2017). Benzer şekilde, kıyısal alanda daha yoğun bollukta gözlemlenen piko-ökaryotların da NO_3 'ü hücre içine alma yeteneklerinin oldukça kuvvetlidir (Painter, Patey, Tarran ve Torres-Valdés, 2014). Nehir mansapları gibi türbülansın kuvvetli olduğu bölgelerde, türbülans büyük boyutlu hücrelerin besin tuzlarına ulaşmasını ve büyümelerini hızlandırmaktadır (Guasto, Rusconi ve Stocker, 2012). Bütün bu etmenler bir arada düşünüldüğünde nehirden gelen NO_3 miktarı ile klorofil-*a* konsantrasyonu arasındaki ilişki anlamlılık kazanmaktadır.

Global ölçekte denizlere ve okyanuslara azot ve fosfor tuzu taşıyan temel olaylar ve bunların toplam girdi içindeki yeri Şekil 2.22'de verilmiştir (Beusen ve diğerleri, 2016). Çalışma sonuçları ile uyumlu olarak global ölçekte de yağmurlarla taşınan tarımsal temelli besin tuzu miktarı toplam N ve P girdisinin oldukça önemli bir kısmını kapsamaktadır. Bununla beraber atmosferik çökelmenin global N girdisine katkısı oldukça kısıtlı olduğu bildirilmiştir. Global ölçekten farklı olarak Akdeniz, çevresinde bulunan Sahra, Orta Doğu ve Arabistan çöllerinden önemli ölçüde mineral tozu girdisi almaktadır (Guerzoni ve diğerleri, 1999; Kubilay, Nickovic, Moulin, ve Dulac, 2000; Koçak, Nimmo, Kubilay ve Herut, 2004). Çöl tuzlarında mevcut olan çözülebilen P ve N tuzlarının alıcı ortamdaki biyolojik ve kimyasal döngüyü etkilediği bilinmektedir (Markaki, Loye-Pilot, Violaki, Benyahya ve Mihalopoulos, 2010). Koçak ve diğerleri (2010), kuzeydoğu Akdeniz'e kuru ve ıslak atmosferik çökme yoluyla ulaşan besin tuzu miktarı ile nehirlerden gelen besin yükünü karşılaştırmıştır. Kuzeydoğu Akdeniz'de bulunan çözülmüş azotun %90'ı ve çözülmüş fosfatın %40'ının atmosferik kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir. Bundan dolayı P-kısıtlı Kuzey Doğu Akdeniz'de nehirden gelen P miktarı biyolojik ve hidrolojik döngü için oldukça önemlidir (Doğan-Sağlamtimur ve Tuğrul, 2004).

Fitoplanktonun optimum koşullarda büyümesini ve çoğalmasını sağlayan N:P oranının 16:1 olarak belirlenmişken (Goldman ve diğerleri, 1979), kuzeydoğu Akdeniz için bu değer 20

civarında olduğu belirlenmiştir (Krom et al. 1991, Yılmaz ve Tuğrul, 1998). Göksu Nehri'nden gelen sulardaki NO_3/PO_4 oranına bakıldığında fitoplankton büyümesini destekleyecek yeterli miktarda azot bileşeni taşımadığı da görülmektedir (Şekil 2.14). Bütün bunlar bir araya geldiğinde, kuzeydoğu Akdeniz sularının çoğu zaman optimum büyümeyi destekleyecek miktarda azot tuzu içerdiği, nehirden gelen PO_4 tuzlarının etkisi ile birincil üretimin hızlandığı görülmektedir. Bu durum P-kısıtlı kuzeydoğu Akdeniz kıyılarında Göksu Nehrinin birincil üretime olan etkisini şüphe götürmez bir şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 2.22. Denizlere ve okyanuslara N ve P tuzlarını taşıyan temel olaylar (Beusen ve diğerleri, 2016'dan uyarlanmıştır)

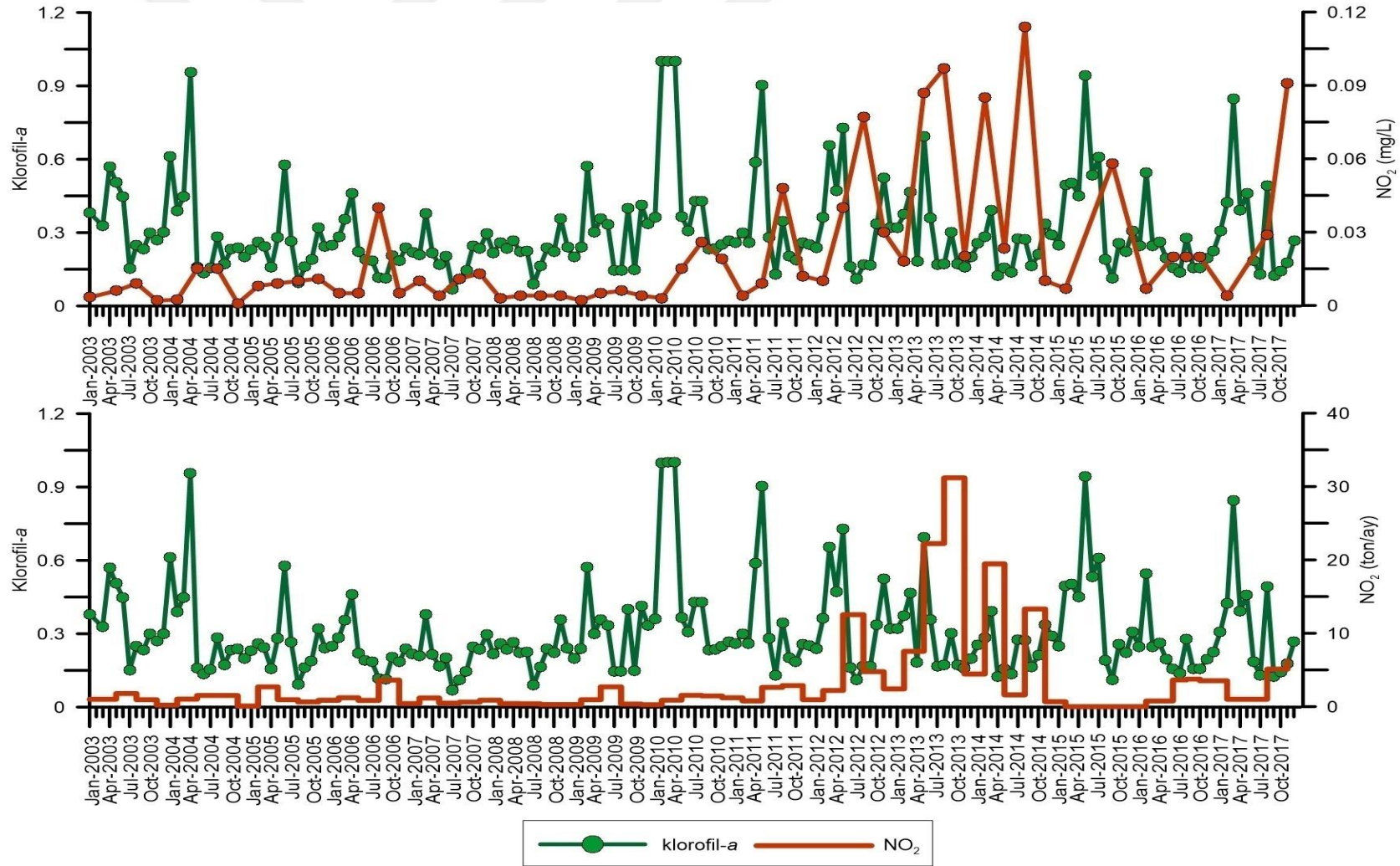
Çizelge 2.7. Besin tuzları ile klorofil-*a* konsantrasyonu arasındaki ilişki

		Klorofil-<i>a</i> (mg/m³)	NO₂ (mg/L)	NO₂ (ton/ay)	NO₃ (mg/L)	NO₃ (ton/ay)	NH₄ (mg/L)	NH₄ (ton/ay)	PO₄ (mg/L)	PO₄ (ton/ay)
Klorofil-<i>a</i> (mg/m³)	r	1								
	s									
NO₂ (mg/L)	r	-0,06	1							
	s	0,659								
NO₂ (ton/ay)	r	0,117	,783 ^(**)	1						
	s	0,387	0							
NO₃ (mg/L)	r	0,056	,484 ^(**)	,510 ^(**)	1					
	s	0,68	0	0						
NO₃ (ton/ay)	r	,273 ^(*)	,419 ^(**)	,675 ^(**)	,719 ^(**)	1				
	s	0,04	0,001	0	0					
NH₄ (mg/L)	r	-0,199	-0,132	-0,115	-0,088	-0,125	1			
	s	0,137	0,329	0,395	0,514	0,355				
NH₄ (ton/ay)	r	0,107	-0,111	0,09	-0,11	0,239	,649 ^(**)	1		
	s	0,426	0,413	0,506	0,417	0,073	0			
PO₄ (mg/L)	r	0,322 ^(*)	0,042	-0,054	-0,029	-0,046	-0,105	-0,086	1	
	s	0,015	0,76	0,691	0,832	0,738	0,441	0,528		
PO₄ (ton/ay)	r	0,592 ^(**)	-0,071	0,044	-0,144	0,148	-0,159	0,106	0,760 ^(**)	1
	s	0	0,602	0,747	0,29	0,277	0,241	0,436	0	

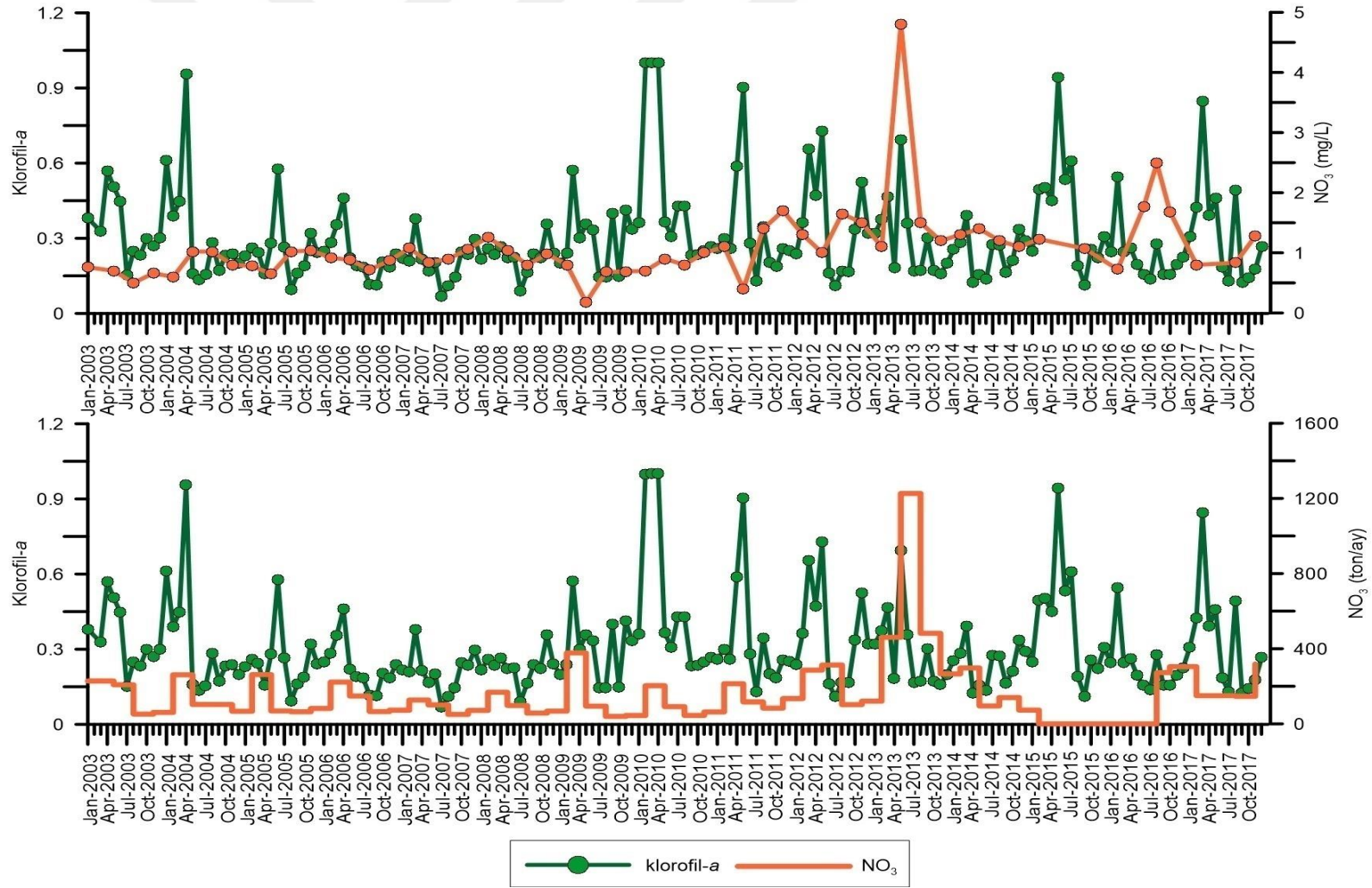
(**) Korelasyon ilişkisinin 0,01 seviyesinde anlamlılık içerdiğini göstermektedir.

(*) Korelasyon ilişkisinin 0,05 seviyesinde anlamlılık içerdiğini göstermektedir.

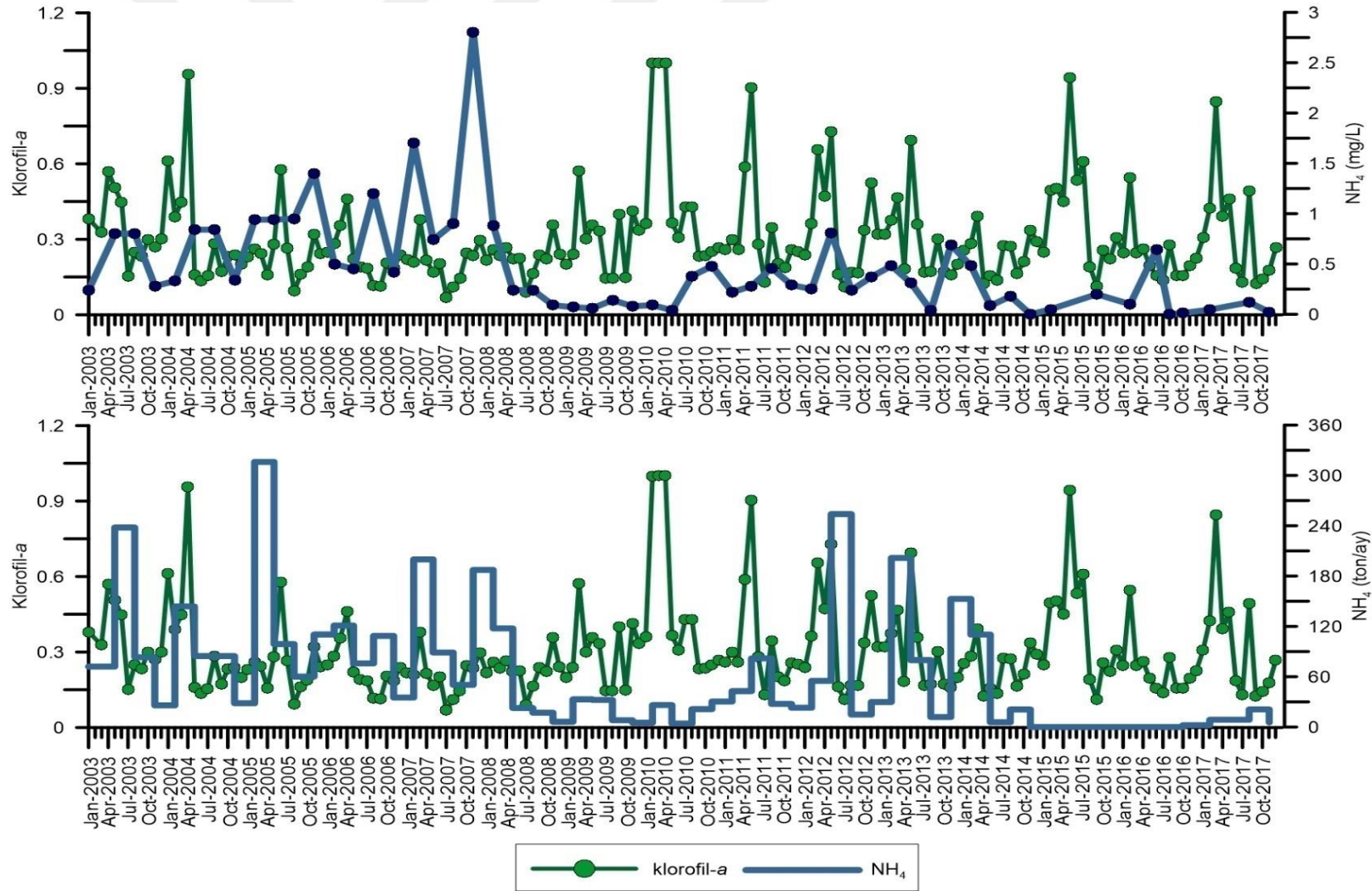
Burada r: pearson korelasyon katsayısını, s: anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.



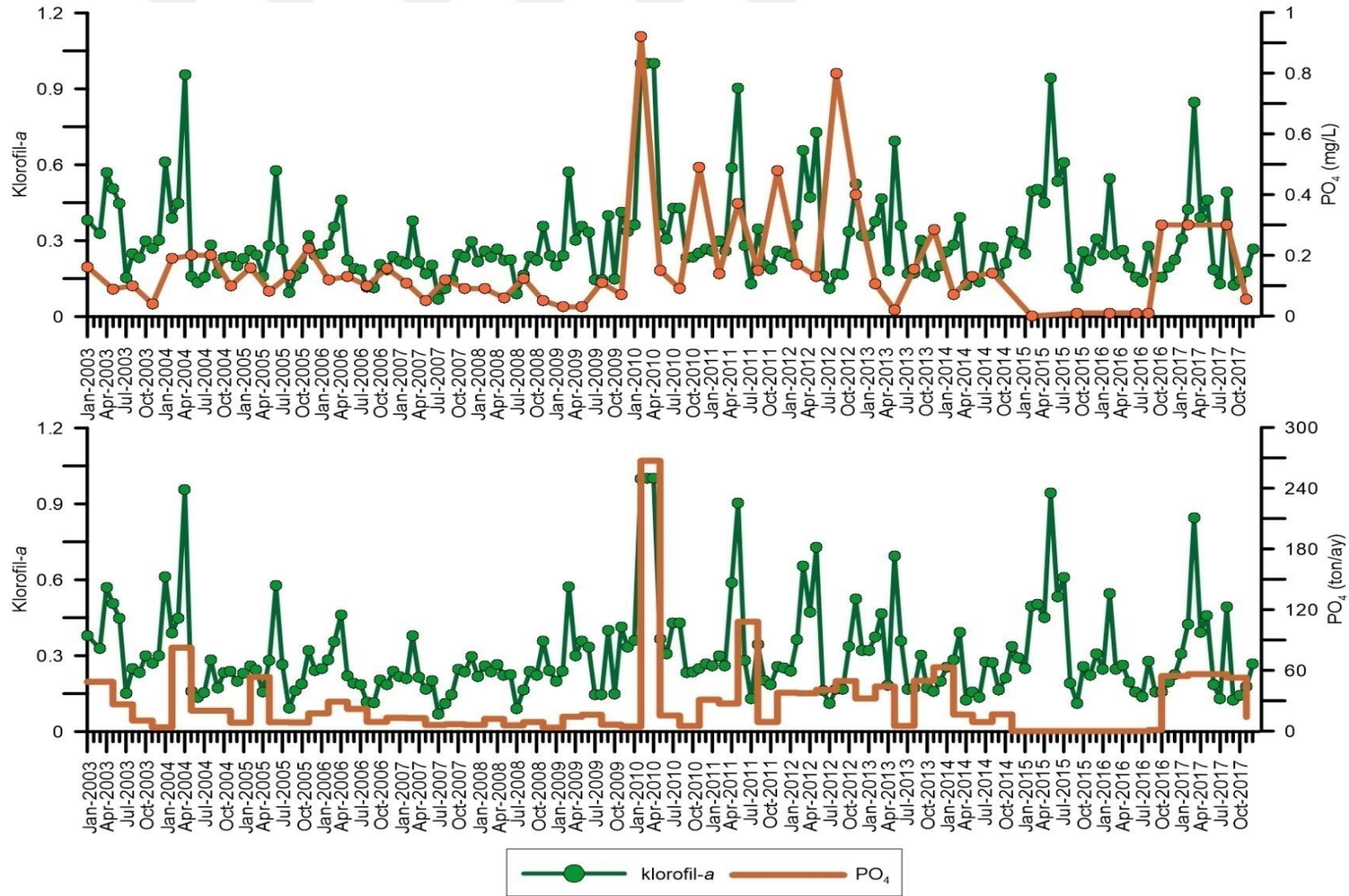
Şekil 2.23. Klorofil-*a* konsantrasyonu ile NO₂ arasındaki ilişki



Şekil 2.24. Klorofil-a konsantrasyonu ile NO₃ arasındaki ilişki



Şekil 2.25. Klorofil-a konsantrasyonu ile NH_4 arasındaki ilişki



Şekil 2.26. Klorofil-a konsantrasyonu ile PO₄ arasındaki ilişki

2.5. Sonuçlar

Göksu Nehri su kalitesi bakımından YSYY ölçütleri uyarınca değerlendirildiğinde, NO₂ ve NH₄ tuzları açısından kirli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çözünmüş fosfat sularının miktarının da görece yüksek olduğu görülmektedir. Bütün bunlar bir arada değerlendirildiğinde Göksu Nehri mansap ve çevresinin azot tuzları bakımından ötrofikasyon riski taşıdığı görülmektedir.

Göksu Nehri'nden Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan yüzey sularındaki besin tuzu miktarının mevsimlere bağlı olarak değişimi incelendiğinde istatistiksel anlamda önemli bir farklılığa rastlanmamıştır ($p>0,05$). Bununla beraber yağışların fazla olduğu dönemlerde, yüzey akış ile nehre ulaşan besin tuzu yükü daha fazla olduğundan, kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan besin tuzu yükünde artış meydana gelmektedir.

Uydu görüntüleri incelendiğinde, Göksu Nehri'nden denize boşalan ve Küçük Asya akıntısını takip ederek kıyı boyunca ilerleyen besin tuzu açısından zengin suların, hem nehrin mansabında hem de etki alanı içerisinde klorofil-*a* dağılımını olumlu yönde etkilediği bulunmuştur. Nehrin etki alanı boyunca ortalama 0,25 mg/m³ düzeyinde seyreden yüzey klorofil-*a* konsantrasyonu, açık sulara ilerledikçe 2,5 kat azalarak 0,10 mg/m³ seviyesine kadar düşmüştür.

Nehirden gelen besin tuzu yükü ile nehrin mansabındaki klorofil-*a* miktarı arasındaki ilişki pearson korelasyon analizi kullanılarak incelendiğinde PO₄ ve NO₃ konsantrasyonu ile yüzey klorofil-*a* konsantrasyonu arasında linear bir ilişki olduğu bulunmuştur ($p<0,01$, $p<0,05$). Bu durum kuzeydoğu Akdeniz kıyılarında Göksu Nehri'nin birincil üretime olan etkisini şüphe götürmez bir şekilde ortaya koymaktadır.

3. GÖKSU NEHRİ (KUZEYDOĞU AKDENİZ) ETKİ ALANI VE CİVARINDA PİKOPLANKTON (HETEROTROFİK BAKTERİ, *SYNECHOCOCCUS*, *PROCHLOROCOCCUS*, PİKO-ÖKARYOT)'UN YÜZEY SULARI VE SU KOLONUNDA MEVSİMSEL DAĞILIMI

3.1. Giriş

70'lerin ortalarına kadar okyanuslardaki birincil üretimin temel kaynağı olarak nanoplanktonik ve mikropilanktonik fitoplankton gösterilmekteydi. Ancak akış sitometri cihazlarının deniz mikrobiyolojisi alanında kullanılmaya başlanmasıyla daha küçük boyutlara sahip pikoplanktonun (<2 µm) okyanuslardaki birincil üretimin büyük miktarını ve karbon döngüsünün temelini oluşturduğu ortaya çıkmıştır (Li, Zohary, Yacobi ve Wood, 1993; Polat ve Uysal 2009, Flombaum ve diğerleri, 2013). Okyanuslardaki global birincil üretiminin yarısının (Flamboum ve diğerleri, 2013), Akdeniz'deki birincil üretimin ise %65'inin prokaryotik pikoplankton tarafından yapıldığı bildirilmiştir (Magazzu ve Decembri, 1995).

Dünyanın en verimsiz denizi olarak bilinen kuzeydoğu Akdeniz'de (Krom ve diğerleri, 1991), pikoplanktonun toplam klorofil-*a* ve toplam birincil üretime olan katkısı %80-90 düzeyindedir (Li ve diğerleri, 1993; Uysal 2006; Uysal ve Köksalan, 2006, 2017; Yücel ve diğerleri, 2017; Yücel, 2018). Kuzeydoğu Akdeniz'in kıyısal alanları nehirlerden gelen besin yükleri ve kıyısal alanlardaki yoğun antropojenik aktivite nedeni ile oldukça ötrofik durumda iken, açık sular son derece oligotroftir (Yücel, 2013; Akçay ve Tuğrul, 2018). Bunun bir sonucu olarak genelde kıyısal alanlar diatomlar tarafından baskın iken, açık sularda pikoplankton (çoğunlukla siyanobakteri) baskındır (Siokou-Frangou ve diğerleri, 2010; Yücel ve diğerleri, 2017).

Siyanobakteri (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*) sahip olduğu yüksek yüzey/hacim oranı nedeniyle oligotrofik koşullarda az olan besin tuzuna daha rahat erişim sağlamaktadır (Raven, 1998). *Synechococcus* ve *Prochlorococcus* taksonomik olarak aynı grupta oldukları için ortak bazı avantajlara sahip olmakla beraber, sahip oldukları farkı fizyolojik özellikler (Moore, Goericke ve Chisholm, 1995) ve geliştirdikleri farklı evrimsel stratejiler (Scanlan ve West, 2002) sonucunda birbirlerinden çok farklı coğrafik dağılımlara sahip olmuşlardır (Zubkov, Sleigh, Burkill ve Leakey, 2000). *Prochlorococcus* besin tuzu miktarının çok düşük olduğu, görece sıcak sularda daha baskın iken, *Synechococcus* kıyısal alanlardaki ötrofik sulardan kutuplara ve ultra-oligotrofik alanlara kadar dağılım göstermektedir (Johnson ve diğerleri, 2006; Otero-Fehler, 2018).

Boyutu 2 µm'den küçük olan *Synechococcus* ve *Prochlorococcus* dışındaki pikofitoplankton piko-ökaryotlar olarak adlandırılmaktadır. Piko-ökaryotlar trofik iklimlerden kutuplara kadar değişen farklı deniz ekosistemlerinde yer almakta ve birincil üretime yaptıkları katkı ile karadaki ormanlara benzetilmektedir (Worden ve diğerleri, 2009). Öte yandan piko-ökaryotlar, prokaryotik pikoplankton ile karşılaştırıldığında daha büyük hücre çapına ve farklı fizyolojik özelliklere sahip olduğu için verimsiz denizlerde prokaryotik pikoplankton ile rekabet etmekte zorlanmaktadır (Uysal ve diğerleri, 2019).

Pikoplankton kompozisyonun diğer önemli parçasını heterotrofik bakteri oluşturmaktadır. Heterotrofik bakteri metabolik faaliyetlerini devam ettirebilmek ve yeni biyokütle oluşturmak için sucul ekosistemde bulunan organik maddeyi kullanır (Cole, Findlay ve Pace, 1988). Bundan dolayı bu grup sucul dünyadaki organik maddenin çözünmesinde ve element döngülerinde yer alır (Ducklow, Purdie, Williams ve Davis, 1986). Başka bir deyişle, okyanusların her bölgesinde bulunan bu canlı grubu (Li, 1998), okyanuslardaki besin döngüsünün merkezinde yer almaktadır (Azam, 1983).

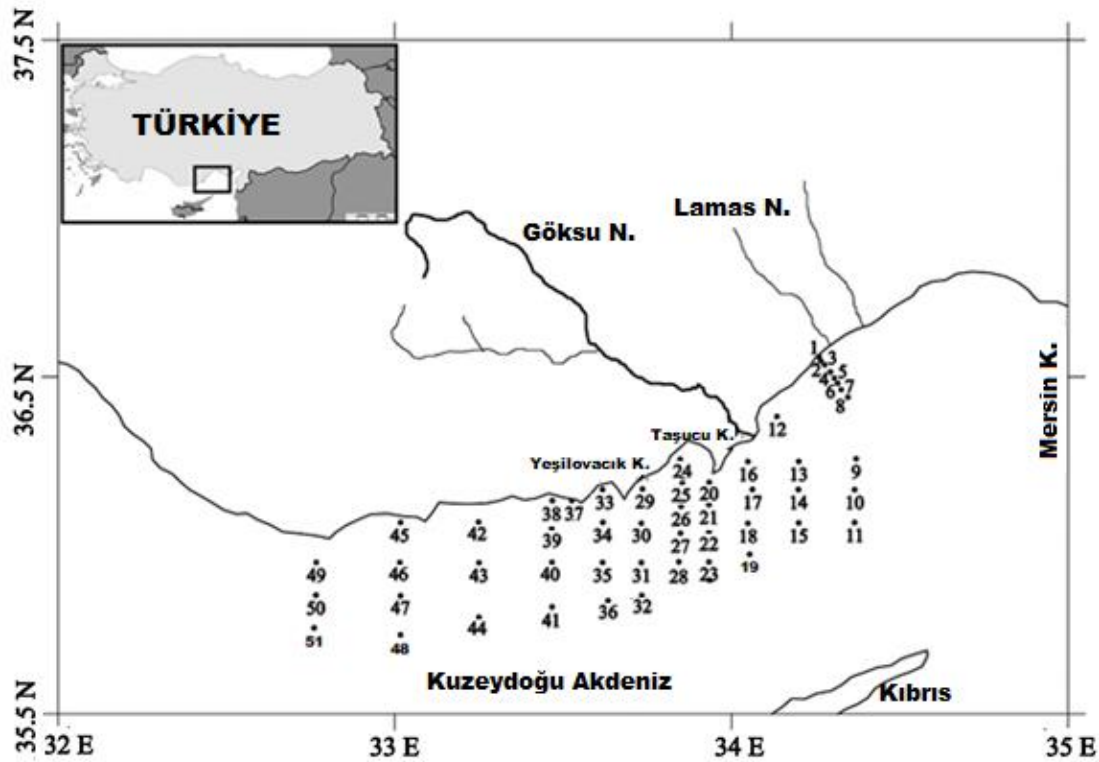
Daha önce de belirtildiği gibi bu tez çalışması kıyısal alan, açık sular ve Göksu Nehri etki alanı olmak üzere farklı trofik koşulları sahip alanları kapsamaktadır. Bu trofik koşullara ve çeşitli biyotik ve abiyotik etkilere bağlı olarak (deniz suyu sıcaklığı, ışık, besin tuzu miktarı vb gibi), bölgeki plankton kompozisyonu ve bolluğu değişim göstermektedir. Çalışma alanında daha önce yapılan çalışmalar çoğunlukla nano ve mikro fitoplankton bolluğu ve çeşitliliği üzerine yapılmıştır (Eker ve Kıdeyş, 2000; Polat, Sarihan ve Koray, 2000; Polat, Avşar, Işık, Çiçek, 2000; Polat ve Işık, 2002; Polat ve Piner, 2002; Polat, 2002, 2006, 2010) ve pikoplankton yönünden eksiktir. *Synechococcus* bolluğunu ve bunun farklı ötrofik koşullarındaki değişimini inceleyen geçmiş çalışmalar olsa da (Uysal ve Köksalan, 2006, 2010, 2017; Polat ve Uysal, 2009; Bayındırlı, 2007; Gazihan, 2010; Boran, 2017), *Prochlorococcus* bolluğunu da içine alan ve kompozisyon değişimi üzerine yoğunlaşan çalışmalar kısıtlıdır (Boran, 2017).

Bu çalışmada (i) farklı trofik seviyelere sahip Göksu Nehri mansabı, etki alanı ve açık sulardaki heterotrofik bakteri, *Synechococcus*, *Prochlorococcus*, piko-ökaryot bolluğundaki ve pikoplankton kompozisyonundaki mevsimsel ve bölgesel değişimleri ortaya koymak ve (ii) Bölgesel ve mevsimler farklılıklarda bolluğu ve kompozisyonu en çok etkileyen fiziksel ve kimyasal parametreleri tespit etmek amaçlanmıştır.

3.2. Materyal ve Yöntem

3.2.1. Çalışma alanı

Kuzeydoğu Akdeniz düşük besin tuzu ve klorofil konsantrasyonu nedeniyle dünyanın en verimsiz denizi olarak bilinmektedir (Uysal ve diğerleri, 2008; 2019; Yücel, 2018). Fakat nehirlerden gelen besleyici yüzey sularının ve kıyısal alanlarda yoğunlaşan kentleşmenin etkisiyle, kıyısal alanlarda ötrofik koşullar hâkim olmaktadır. Bu çalışmada Mersin Körfezinin batısını, Göksu ve Lamas nehirlerinin mansap alanlarını ve Türkiye-Kıbrıs arasındaki açık suları kapsayacak şekilde 50 farklı istasyonda örnekleme yapılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Örnekleme istasyonlarını da kapsayacak şekilde çalışma alanı

İstasyonlar Küçük Asya akıntısı etkisi ile Mersin Körfezi'nden taşınan ötrofik suların ve nehirlerden gelen besin tuzunca zengin tatlı suların etkisini anlayabilmek için doğu-batı yönlü yerleştirilmiştir. Nehir ağzlarına ve Göksu Nehri etki alanlarına yerleştirilen istasyonlar ötrofik koşullardaki pikoplankton bolluğunu, açık sulara yerleştirilen istasyonlar ise oligotrofik koşulların bolluğa etkisini araştırmak için seçilmiştir. Böylelikle farklı biyofizikokimyasal koşulların pikoplankton bolluğuna olan etkisinin anlaşılması amaçlanmıştır.

3.2.2. Sefer planı ve örnekleme stratejisi

Bu çalışma kapsamında pikoplankton bolluğunun mevsimsel olarak değişimini gözlemlemek amaçlanmıştır. Bu nedenle Ekim 2017, Şubat 2018, Nisan 2018 ve Temmuz 2018’de sırasıyla sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerini temsil eden 4 farklı sefer düzenlenmiştir. Örnekleme çalışmaları TÜBİTAK tarafından desteklenen 116Y125 numaralı “HES’ler (Hidroelektrik Santralleri) ve Deniz Ekosistemlerine Olası Etkileri” isimli proje kapsamında mevsimlik olarak Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü’nden Prof. Dr. Zahit UYSAL yürütücülüğünde aynı enstitünün R/V Bilim-2 adlı gemisi ile gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen istasyonlarda yüzeyden alınan örneklere ek olarak pikoplankton bolluğunun derinliğe bağlı değişimini gözlemleyebilmek için farklı istasyonlarda su kolonundan örnekler alınmıştır (Çizelge 3.1). Kuzeydoğu Akdeniz’de güneş ışığının 150 metreye kadar ulaşabildiği ve pikoplankton içerisinde bulunan heterotrofik bakteriler de örneklendiği için örnekleme çalışmaları 0-200 metre arasında yapılmıştır. Su kolonundan (profil) örnekleme yapılan istasyonlarda ist-1 ile ist-8 arası kıyısal alanın ve Lamas nehrinin derinliğe bağlı etkisini anlamak; ist-16, ist-20 ve ist-21 Göksu Nehri etki alanı içerisindeki derinliğe bağlı değişimi anlamak; ist-37, ist-42, ist-47 ise açık sulardaki pikoplankton bolluğunun derinliğe bağlı değişimini anlamak için seçilmiştir.

Sefer sırasında yüzeyden ve farklı derinliklerden numune almak için 5 litrelik Nansen şişeleri ile donatılmış ve Sea-Bird Electronics-911 plus marka iletkenlik-sıcaklık-derinlik ölçer (CTD) cihazını içeren örnekleme sistemi kullanılmıştır. Ardından farklı derinlikten alınan deniz suyu örnekleri pikoplankton çalışmaları için 50 mL kapasiteli siyah cam şişelere transfer edilmiştir. Son olarak final konsantrasyonu %0,625 olacak şekilde 1,25 mL hacimli %2’lik glutaraldehit eklenmiştir. Bu şekilde analiz süresine kadar saklanmıştır.

Fiziksel parametreler (tuzluluk, sıcaklık ve yoğunluk) sefer sırasında *in-situ* olarak Sea-Bird Electronics-911 plus marka CTD probu kullanılarak elde edilmiştir. pH ölçümleri ise pH metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Besin tuzu ölçümü için alınan örnekler laboratuvarındaki ölçüm anına kadar dondurulmuş bir şekilde bekletilmiştir. Besin tuzu ölçümleri Technicon marka çok kanallı otomatik besin analizörü kullanılarak Grasshoff, Ehrhardt ve Kremling (1983) metodolojisine uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. NO₂+NO₃, NH₄, PO₄ ve Si için belirleme sınırları sırasıyla 0,05 µM, 0,05 µM, 0,02 µM ve 0,05 µM’dir.

Fiziksel parametrelerin ve besin tuzu parametrelerin su kolonundaki değişimi incelemek için kıyusal alanı, nehir etki alanını ve açık suları temsilen sırasıyla ist-4, ist-20 ve ist-47 kullanılmıştır.

Çözünmüş oksijen ölçümü için Metroholm 725 oksijen auto-titrator analiz cihazı kullanılarak Winkler titrasyon yöntemine göre ölçülmüştür (APHA, 2005).

Klorofil-*a*'nın ölçülmesi için seçilen istasyon ve derinliklerden alınan 1-3 lt deniz suyu, 47 mm çapında GF/F filtrelerden düşük basınç altında süzölmüştür. Filtreler ölçüm anına kadar -20°C'de saklanmıştır. Ölçüm zamanı filtreler 5 mL %90'lık aseton çözeltisine konularak klorofil-*a* ultrasonikatör (60 Hz, 1 dakika) yardımı ile ekstrakte edilmiş ve 10 mL'lik ekstrakt bir gece boyunca +4°C'de bekletilmiştir. Ardından, filtre parçaları ve hücre artıklarını gidermek için 10 dakika boyunca 3500 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üst kısımdan (supernatant) bir miktar örnek alınarak spektrofotometre cihazına konulmuştur. Florometrik analiz Hitach, F-2500 marka spektrofotometre yardımı ile gerçekleştirilmiş ve klorofil-*a* konsantrasyonu Strickland ve Parsons (1972) denklemine göre hesaplanmıştır.

Sefer döneminde basen genelinde yüzeydeki klo-*a* dağılımını gösteren uydu görüntüleri NASA Modis-Aqua uygulaması üzerinden 3. seviyeden 4 km çözünürlük olarak elde edilmiştir. Bu amaçla ekim ayındaki seferi temsil eden 17.10.2017 tarihli, şubat ayındaki seferi temsil eden 01.02.2018 tarihli, nisan ayındaki seferi temsil eden 23.04.2018 tarihli, temmuz ayındaki seferi temsil eden 02.07.2018 tarihli uydu görüntüsü kullanılmıştır.

Pikoplankton hücre sayımları Apogee marka akış-sitometri cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz hücre içeriğindeki pigment ve hücre yapısına göre sayım ve gruplama yapmaktadır.

Çizelge 3.1. İstasyon koordinatları ve örnekleme stratejisi

İst. No.	Enlem	Boylam	Piko-ökaryot	<i>Synechococcus</i>	<i>Prochlorococcus</i>	Heterotrofik Bakteri
1	36.55870	34.26007	Profil	Profil	Profil	Profil
2	36.54812	34.26428	Profil	Profil	Profil	Profil
3	36.53668	34.27527	Profil	Profil	Profil	Profil
4	36.51478	34.29257	Profil	Profil	Profil	Profil
5	36.49540	34.30398	Profil	Profil	Profil	Profil
6	36.48003	34.31602	Profil	Profil	Profil	Profil
7	36.46118	34.32617	Profil	Profil	Profil	Profil
8	36.43828	34.34553	Profil	Profil	Profil	Profil
9	36.25000	34.36667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
10	36.16667	34.36667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
11	36.06667	34.36667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
12	36.35000	34.20000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
13	36.25000	34.20000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
14	36.16667	34.20000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
15	36.06667	34.20000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
16	36.25000	34.05000	Profil	Profil	Profil	Profil
17	36.16667	34.05000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
18	36.06667	34.05000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
19	35.95000	34.05000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
20	36.20000	33.93333	Profil	Profil	Profil	Profil
21	36.13333	33.93333	Profil	Profil	Profil	Profil
22	36.06667	33.93333	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
23	35.95000	33.93333	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
24	36.25643	33.85000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
25	36.20000	33.85000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
26	36.13333	33.85000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
27	36.06667	33.85000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
28	35.95000	33.85000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
29	36.16667	33.73333	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
30	36.06667	33.73333	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
31	35.95000	33.73333	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
32	35.85078	33.73333	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
33	36.16667	33.61667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
34	36.06667	33.61667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
35	35.95000	33.61667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
36	35.83660	33.61667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
37	36.13687	33.52942	Profil	Profil	Profil	Profil
38	36.13333	33.46667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
39	36.06667	33.46667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
40	35.95000	33.46667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
41	35.81795	33.46667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
42	36.06667	33.25000	Profil	Profil	Profil	Profil
43	35.95000	33.25000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
44	35.78728	33.25000	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
45	36.06667	33.01667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
46	35.95000	33.01667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
47	35.85000	33.01667	Profil	Profil	Profil	Profil
48	35.73333	33.01667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
49	35.95000	32.76667	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
50	35.85000	32.76470	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey
51	35.73333	32.76603	Yüzey	Yüzey	Yüzey	Yüzey

3.2.3. Akış-sitometri cihazı

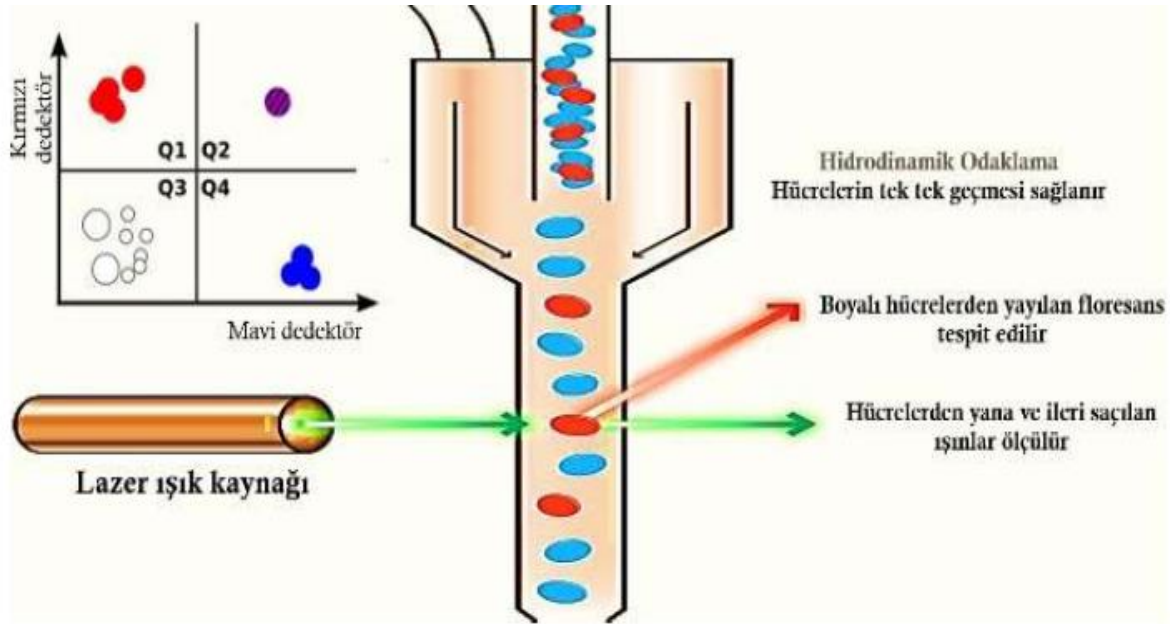
Sitometri, hücrelerin ya da biyolojik partiküllerin kimyasal veya fiziksel karakterlerine bağlı olarak ölçülmesi olarak tanımlanmaktadır (Kanev ve Muratlı, 2016). Akış sitometrisi ise süspansiyon içindeki hücrelerin bir akış kanalı boyunca ilerlerken optik özelliklerinden faydalanılarak tek tek tespit edilmesini ve ayrışmasını sağlayan bir cihazdır (Ay ve Cantürk, 2015).

Akış-sitometre cihazı 1980'li yıllardan bu yana deniz mikrobiyolojisi alanında kullanılmaktadır (Marie, Partensky, Jacquet ve Vaulot, 1996). Cihaz saniyede 1000'den fazla hücreyi sayıp ayırt edebildiği için (Yentsch ve diğerleri, 1983), elde edilen sonuçlar epifloresans mikroskobu ile sayıma oranla istatistiksel olarak daha anlamlıdır ve insan kaynaklı hata yapılma riskini ortadan kaldırır (Marie ve diğerleri, 1996).

Akış sitometri cihazı özellikle boyutu 0,2 µm ila 2 µm arasında değişen pikoplanktonun sayımında çok başarılıdır. Cihaz sayesinde bu grup içinde yer alan heterotrofik bakteriler, siyanobakteriler (*Synechococcus* ve *Prochlorococcus*) ve piko-ökaryotları başarılı bir şekilde ayırt edilebilir ve sayımı gerçekleştirilir. Mikroskop yardımı ile sayımı zor olan *Prochlorococcus*'un akış sitometri cihazıyla tespit edilip sayılabilmesi de cihazın diğer bir avantajıdır (Marie ve diğerleri, 1996).

Akış sitometri cihazının temel bileşenlerini akış (sıvı) sistemi, ışık kaynağı (lazer ışını), filtreler ve sinyal dedektörleri, bilgisayar ile yazılım programları ve ayırma mekanizması (cell sorting) oluşturmaktadır (Kanev ve Muratlı, 2016). Hidrolik bileşen, akış sistemidir ve partiküllerin lazer önünden geçişi için taşıyıcı sistem olarak görev almaktadır. Optik bileşen lazer önünden geçen hücrelerden açığa çıkan floresan saçılımının çapraz ve silindirik filtreler ile toplanarak düzgün bir şekilde fotodedektöre aktarılmasında görev almaktadır. Elektronik bileşen ise elde edilen optik sinyalin photo multiplier tubes (PMT) ile amplifiye edilerek elektrik sinyaline çevriminden ve analiz için bilgisayara aktarımından sorumludur (Pozarowski, Grabarek ve Darzynkiewicz, 2003).

Akış sitometresinin çalışma prensibi her bir hücrenin lazer demetinin içinden geçerken dalga boyuna göre yönlendirilen lazer ışığı ve hücreler tarafından yayılan floresan ışığı ile bir araya getirilip, optik filtreler ve aynalar yardımıyla farklı dalga boylarına göre ayrılarak, sinyallere dönüştürülmesine dayanmaktadır (Ay ve Cantürk, 2015) (Resim 3.1).

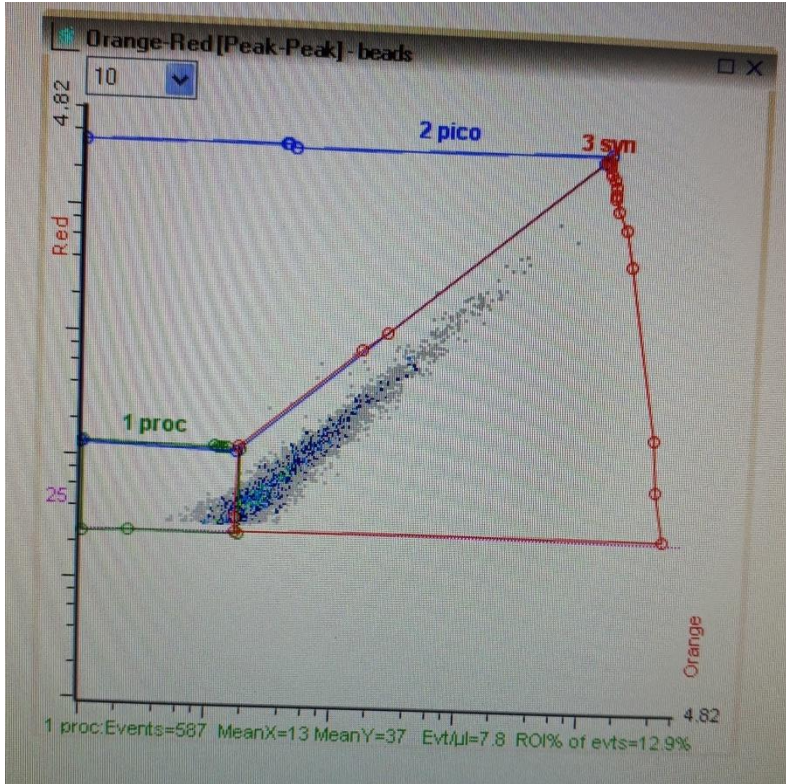


Resim 3.1. Akış sitometre cihazının çalışma prensibi (Daniel, 2004)

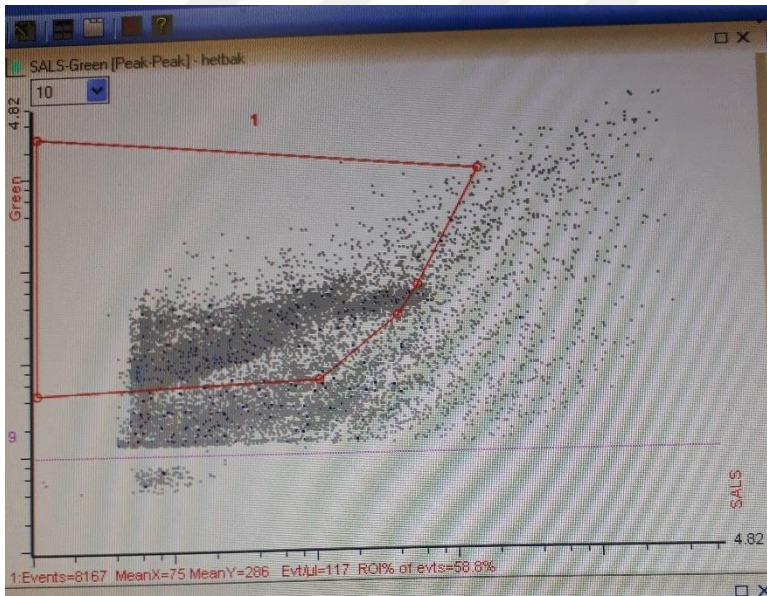
3.2.4. Hücre sayımı

Piko-ökaryot, *Synechococcus* ve *Prochlorococcus* Ölçümü:

Fikse edilerek siyah cam şişelerde bekletilen örnekler sayım yapılmadan hemen önce hücrelerin dibe çökmesini önlemek amacı ile nazıkçe (hücelere zarar gelmesini engellemek için) çalkalanmıştır. Ardından her numuneden 1 mL örnek alınarak viallere yerleştirilmiştir. Violler hücrenin çökmesini engellemek için bekletilmeden direk akış-sitometri cihazına verilmiştir. Cihazın örnek içinden 100 µL numune çekerek, laminar koşullar altında dakikada 60 µl olacak şekilde hücre sayımını gerçekleştirmesi sağlanmıştır. Piko-ökaryot, *Synechococcus* ve *Prochlorococcus*'un ayırt edilmesi için kırmızı ışık (633 nm) vs turuncu ışık (488 nm) absorpsiyonu kullanılmıştır. Ölçüm sonucunda oluşan sitogram üzerinden piko-ökaryot, *Synechococcus* ve *Prochlorococcus* sayısı kendilerine ait çerçeveler içerisinde okunarak tespit edilmiştir (Resim 3.2). Hücrelerin üst üste geçip, cihazdan tek hücre olarak sayılmasını engellemek için sayımlar saniyede 1000 hücre adedini geçmeyecek şekilde yapılmıştır. Her ölçüm işleminden sonra cihazın temizliğini sağlamak amacı ile 2 sifon döngüsü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, arka plandaki paraziti engellemek için kırmızı lazer sonucu eşiği 39 olarak ayarlanmıştır. Son olarak, cihazın kalibrasyonu aynı marka tarafından üretilen 1 µm çapında boncuklar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.2. Sitogram (Pico-ökaryot, *Synechococcus* ve *Prochlorococcus* bolluk ölçüm sonucu) ekran görüntüsü



Resim 3.3. Heterotrofik bakteri bolluk ölçümü sitogram ekran görüntüsü

Heterotrofik Bakteri Ölçümü:

Fito-pikoplanktondan farklı olarak heterotrofik bakteriler pigmente sahip değildir. Bu nedenle heterotrofik bakterilerin ölçülebilmesi için boyama işlemi yapılması gerekmektedir. Boya maddesi olarak 10 µL SYBR Green I ile 500 µL TRIS EDTA buffer karıştırılmıştır. Fotosentetik pikoplankton ölçümünde olduğu gibi hücrelerin şişenin dibine çökmesini engellemek için önce şişeler hafifçe (hücrelere zarar gelmesini engellemek için) çalkalanmıştır. Ardından şişe içinden 500 µL deniz suyu alınarak vialle aktarılmıştır. Vialin içine önceden hazırlanan 10 µL SYBR Green I karışımı eklenmiştir. Vial kapakları kapatıldıktan sonra örnekler sağa sola hafif yatırılarak boya ile örneğin karışması sağlanmıştır. Ardından örnekler karanlık ortamda 10 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında vialler akış-sitometri cihazına yerleştirilmeden önce hücrelerin dibe çökmesini engellemek için sağa sola yatırılarak son kez karıştırılmıştır. Cihaz heterotrofik bakteri ölçümü için her vialden 33 µL örnek kullanmıştır. Yeşil (390 nm) ışığa karşılık SALS (Small Angle Light Scatter, 200 nm) absorpsiyonu kullanılarak heterotrofik bakteri sayımı gerçekleştirilmiştir (Resim 3.3). Her ölçüm işleminden sonra sayım kanalının temizlenmesi amacıyla 2 sefer yıkama döngüsü gerçekleştirilmiştir. Yoğun örneklerde okumaların düzgün yapılabilmesi için bakteri sayımı saniyede 1000 hücreyi geçmeyecek şekilde daha hassas yapılmıştır.

3.2.5. İstatistiksel değerlendirme

Spearman's Korelasyon Analizi

Bu çalışmada fiziksel ve kimyasal faktörlerin pikoplankton bolluğuna olan etkisinin anlaşılması için Spearman Korelasyon Analizi kullanılmıştır. Spearman korelasyon katsayısı (r_s) veren formül aşağıda verilmiştir.

$$r_s = \frac{[\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})]}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})\sum(y-\bar{y})}} \quad (3.1)$$

Burada,

x ve y değişkenleri,

\bar{x} ve \bar{y} değişkenlere ait ortalamayı ifade etmektedir.

Bu formülde n tane değişkenin olduğu zaman n-2 serbestlik derecesi kullanılmaktadır.

Parametler arasındaki ilişkinin kuvvetine göre r_s -1 ile +1 arasında bir değer almaktadır. -1

kuvvetli negative ilişkiyi gösterirken, +1 kuvvetli pozitif ilişkiyi temsil etmektedir. R_s 'in sıfır olması durumunda değişkenler arasında bir ilişki olmadığı sonucuna varılır.

Temel Bileşenler Analizi

Bu çalışmada mevsimsel ve mekansal değişimlerde en etkili olan parametrelerin belirlenmesi için Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve Faktör Analizi (FA) kullanılmıştır. Faktör analizinin temel amacı çok sayıda değişken arasında kovaryans ilişkilerini faktör adı verilen en az sayıdaki rastgele değişken yardımı ile açıklamaktır (Johnson ve Wichern, 2007). Faktörlerin elde edilmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntem temel bileşenler analizidir (Kalaycı, 2016). Temel bileşenleri ifade eden denklem aşağıda verilmiştir.

$$z_{ij} = a_{i1}x_{1j} + a_{i2}x_{2j} + a_{i3}x_{3j} + \dots + a_{im}x_{mj}$$

Burada z bileşen puanını, a bileşen yükünü, x değişken ölçüm sonucunu, i bileşen sırasını, j örnek sayısını ve n toplam örnek sayısını ifade etmektedir (Wang ve diğerleri, 2013).

Temel bileşenler analizini takiben etkisi az olan parametreleri daha fazla azaltmak için faktör analizi kullanılır. Faktör analizini ifade eden denklem aşağıda verilmiştir.

$$z_{fi} = a_{f1}f_{1i} + a_{f2}f_{2i} + a_{f3}f_{3i} + \dots + a_{fm}f_{mi} + e_{fi}$$

Burada z ölçümü gerçekleştirilmiş değişkeni, a faktör yükünü, f faktör puanını, e hata terimini, i örnek sayısını ve m toplam faktör sayısını ifade etmektedir (Lei, 2013).

Temel bileşenler analizinin ve faktör analizinin denklemleri benzer gibi görünse de fark temelde yatmaktadır. Temel bileşenler ölçülen parametrelerin lineer kombinasyonu şeklinde ifade edilirken, faktör analizinde ölçülen parametreler elde edilen faktörlerin bir kombinasyonu olarak ifade edilir ve faktör analizinde hata terimi de bulunmaktadır (Singh, Malik ve Sinha, 2005).

Veri setinin faktör analizi için uygun olup olmadığını değerlendirmek amacıyla Korelasyon matrisinin oluşturulması, Barlett testi (Barlett test of Sphericity) ve Kaiser- Meyer- Olkin (KMO) örneklem yeterliliği ölçütü testleri kullanılmaktadır (Kalaycı, 2016). Bu çalışmada veri setinin temel bileşenler analizine uygunluğunu anlamak için Barlett ve KMO testleri uygulanmıştır. Barlett testinin 0,00 olması ve KMO testi sonucunun 0,50'den büyük olması veri setinin PCA uygun olduğunu göstermektedir (Sharma, 1996).

Çalışma sırasında gerçekleştirilen hesaplamalarda SPSS 24 ve Microsoft Excell programları kullanılmıştır.

3.3. Bulgular

ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsüne ait R/V Bilim-2 gemisi ile Ekim 2017, Şubat 2018, Nisan 2018 ve Temmuz 2018 aylarında yapılan sefer sırasında ölçülen fiziksel ve analiz edilen kimyasal ve biyolojik parametrelere ilişkin tanımsal istatistikler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışma dönemi boyunca su yüzeyindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelere ait tanımlayıcı istatistik sonuçları

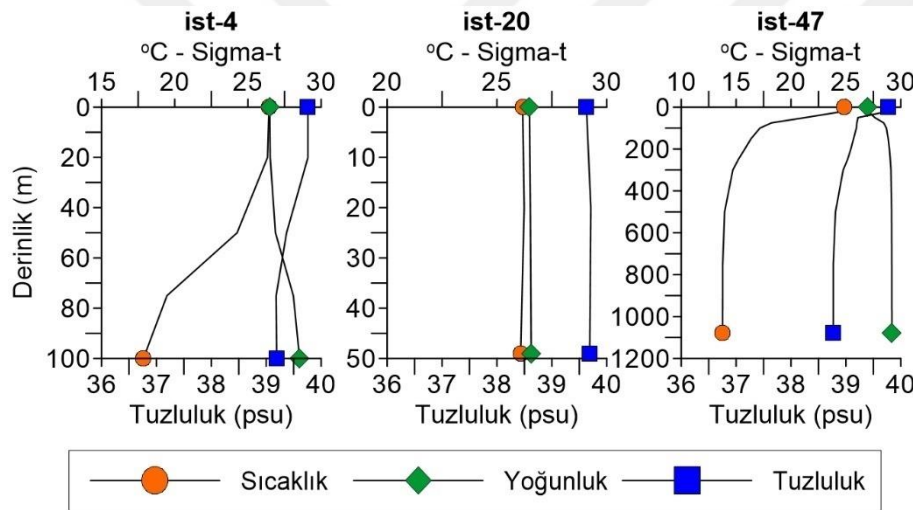
Parametre		Ekim	Şubat	Nisan	Temmuz
Sıcaklık (°C)	Min-Mak	24,86-26,83	17,26-19,04	19,58-21,5	24,93-28,11
	Ortalama	25,89	18,48	20,26	26,43
Tuzluluk	Min-Mak	39,63-39,,80	38,47-39,46	39,23-39,43	38,55-39,62
	Ortalama	39,75	39,35	39,16	39,50
TP (µM)	Min-Mak	0,1-0,24	0,09-0,22	0,08-0,21	0,07-0,20
	Ortalama	0,15	0,13	0,12	0,11
PO ₄ (µM)	Min-Mak	0,02-0,11	0,02-0,10	0,02-0,11	0,02-0,09
	Ortalama	0,03	0,03	0,04	0,04
NO ₂ +NO ₃ (µM)	Min-Mak	0,05-1,08	0,24-1,74	0,08-0,58	0,05-1,27
	Ortalama	0,16	0,47	0,19	0,19
NO ₂ (µM)	Min-Mak	0,02-0,06	0,02-0,13	0,02-0,07	0,02-0,1
	Ortalama	0,03	0,05	0,03	0,03
Si (µM)	Min-Mak	0,50-1,56	0,79-2,93	0,43-1,24	0,35-1,10
	Ortalama	0,86	1,36	0,59	0,63
NH ₄ (µM)	Min-Mak	0,11-0,47	0,06-0,48	0,12-0,45	0,12-0,83
	Ortalama	0,22	0,22	0,21	0,24
DO (mg/L)	Min-Mak	6,53-13,93	7,19-7,75	7,42-7,59	6,49-6,92
	Ortalama	7,21	7,35	7,52	6,63
pH	Min-Mak	8,13-8,30	8,07-8,25	8,15-8,29	8,07-8,33
	Ortalama	8,22	8,19	8,24	8,23
Toplam klo-a (µg/L)	Min-Mak	0,04-0,15	0,17-1,21	0,05-0,28	0,02-0,48
	Ortalama	0,10	0,34	0,14	0,12
Piko-ökaryot bolluğu (hücre / mL)	Min-Mak	1-0,3x10 ³	1-0,6x10 ³	1-0,1x10 ³	1-1,2x10 ³
	Ortalama	73	134	12	100
<i>Synechococcus</i> bolluğu (hücre / mL)	Min-Mak	0,9x10 ³ - 9,7x10 ⁴	0,6x10 ³ - 3,9x10 ⁴	1,1x10 ³ – 1,3x10 ⁴	0,7x10 ³ - 4,5x10 ⁴
	Ortalama	1,6x10 ⁴	0,7x10 ⁴	0,3x10 ⁴	0,4x10 ⁴
<i>Prochlorococcus</i> bolluğu (hücre / mL)	Min-Mak	8x10 ² -7,3x10 ⁴	0,8x10 ² - 0,9x10 ⁴	0,9x10 ² - 0,2x10 ⁴	0,7x10 ² - 0,5x10 ⁴
	Ortalama	3,9x10 ³	0,9x10 ³	0,5x10 ³	1,1x10 ³
Heterotrofik bakteri bolluğu (hücre / mL)	Min-Max	6,7-14 x10 ⁴	3-17 x10 ⁴	5,8-32,7 x10 ⁴	8-58 x10 ⁴
	Mean	10 x10 ⁴	6 x10 ⁴	13,6 x10 ⁴	15,7 x10 ⁴

3.3.1. Ekim 2017 sefer sonuçları

Fiziksel Parametrelerin Değişimi

Sonbahar dönemini temsilen ekim ayında çalışma alanında sıcaklık ve tuzluluk yönünden belirgin bir değişim gözlemlenmemiştir. Bu dönemde sıcaklık yüzey sularında 24,86°C ila 26,83°C arasında değişim gösterirken, tuzluluk ‰39,63 ile ‰39,80 arasında değişim göstermiştir.

Fiziksel parametrelerinin derinliğe bağlı olarak değişimi incelendiğinde su kolonunda sonbahar dönemine özgün olan tabakalaşmanın yoğun olduğu gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak 50 metre ile 100 metre arasında termoklin ve haloklin tabakası oluşumu bulunmaktadır (Şekil 3.2.)

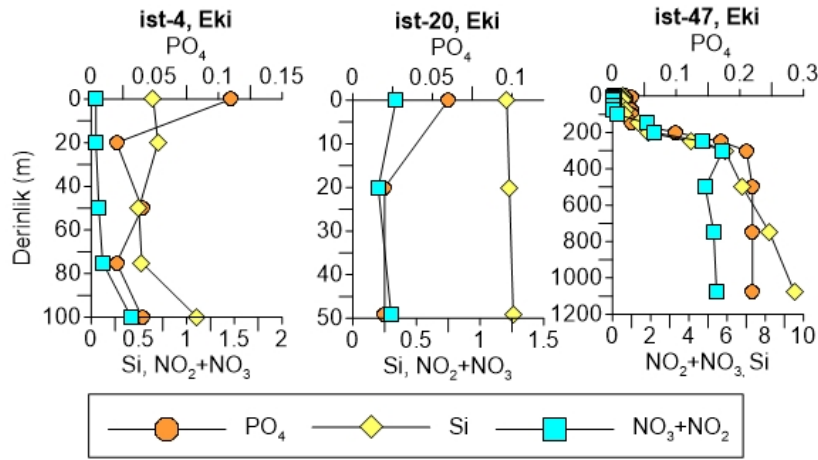


Şekil 3.2. Fiziksel parametrelerin derinliğe bağlı olarak değişimi

Besin Tuzu Değişimi

Besin tuzu miktarının değişimi doğu Akdeniz'in tipik özelliğini yansıtır şekilde açıklarda düşük bulunmuştur. Fakat Göksu Nehri ağzında ve Lamas Nehri etki alanında nehirden gelen yüzey sularına bağlı olarak besin tuzu miktarı artış göstermiştir. Bu dönemde yüzey sularındaki toplam fosfat konsantrasyonu 0,10 μM ile 0,24 μM , çözülmüş fosfat konsantrasyonu 0,02 μM ile 0,11 μM , toplam nitrit+nitrat konsantrasyonu 0,05 μM ile 1,08, μM , amonyak konsantrasyonu 0,11 μM ile 0,47 μM ve silikat konsantrasyonu 0,50 μM ile 1,56 μM arasında değişim göstermiştir. Üst su kolonunda (<50 m) üretimin fazla olmasına bağlı olarak besin tuzu miktarı azdır. Nehir suyu etkisinin olduğu istasyonlarda (ist-16, ist-20, ist-21), öfotik bölge içinde derinlik arttıkça besin tuzu miktarının kullanıma bağlı olarak

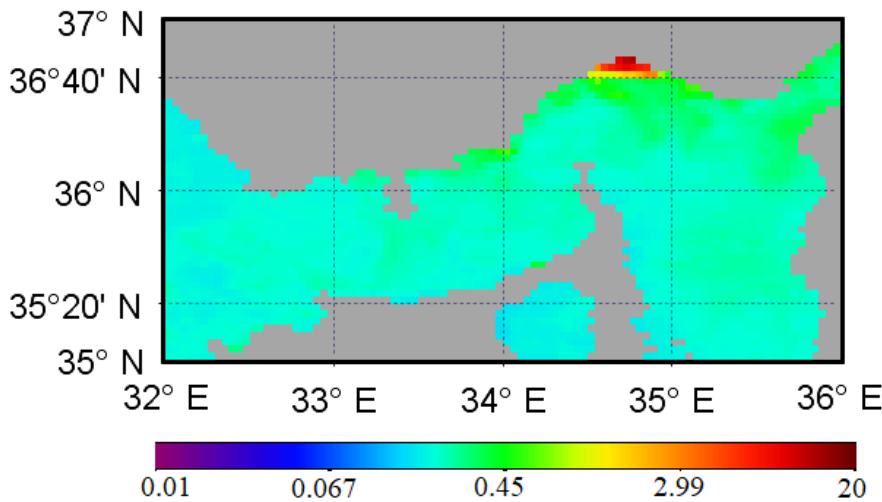
azaldığı görülmüştür. Öfotik bölgenin altında ise fotosentetik aktivitenin azalmasına bağlı olarak besin tuzu miktarı artmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Ekim ayında besin tuzu (PO₄, Si, NO₃+NO₂) derişiminin (µM) derinliğe bağlı olarak değişimi

Klorofil-a Dağılımı

Yüzey suyundaki klorofil miktarı, Mersin Körfezi içi, nehir suyu girişinin fazla olduğu kıyusal alanda yüksek bulunmuştur. Kuzey/kuzey-batı yönlü akıntı etkisiyle Taşucu ve Yeşilovacık Körfezlerine ulaşan verimli yüzey suları bu bölgede kalış miktarına bağlı olarak, o civardaki klorofil miktarı da artış göstermiştir (Şekil 3.4). Sefer sırasında ölçümleri yapılan insitu fluorometre sonuçlarında da Taşucu ve Yeşilovacık körfezleri etrafında yüksek klo-a konsantrasyonu tespit edilmiştir (Uysal ve diğerleri, 2019). Ayrıca, bu dönemde 100 metre civarında derin klorofil maksimum (DKM) gözlemlenmiştir (Uysal ve diğerleri, 2019).



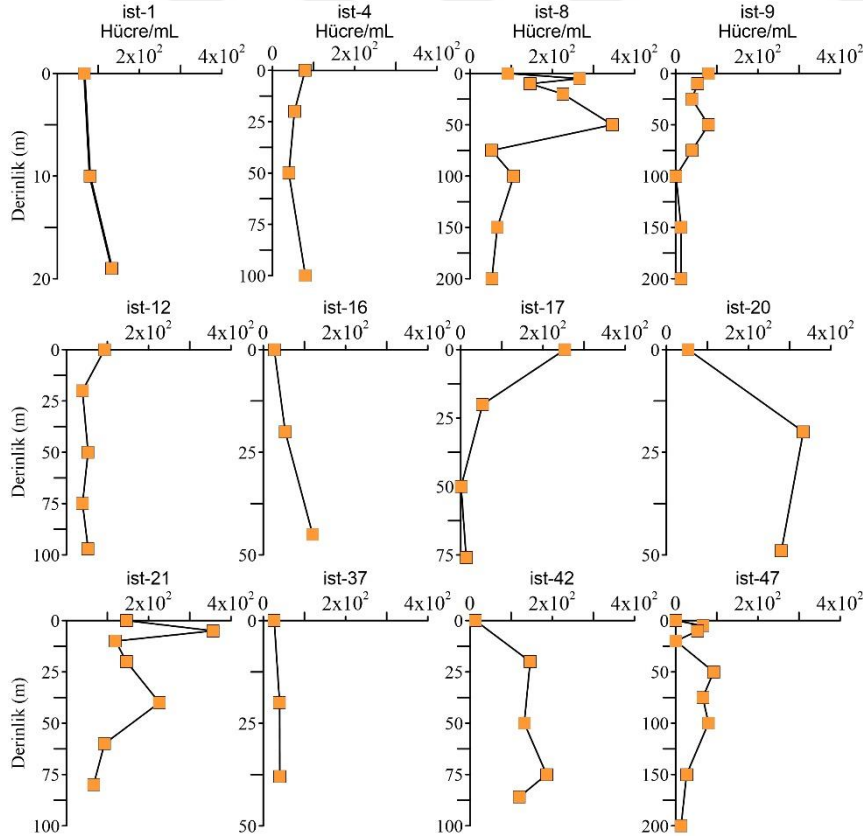
Şekil 3.4. Ekim ayında yüzey suyundaki klorofil-a dağılımı

Piko-ökaryot Bolluğunun Değişimi

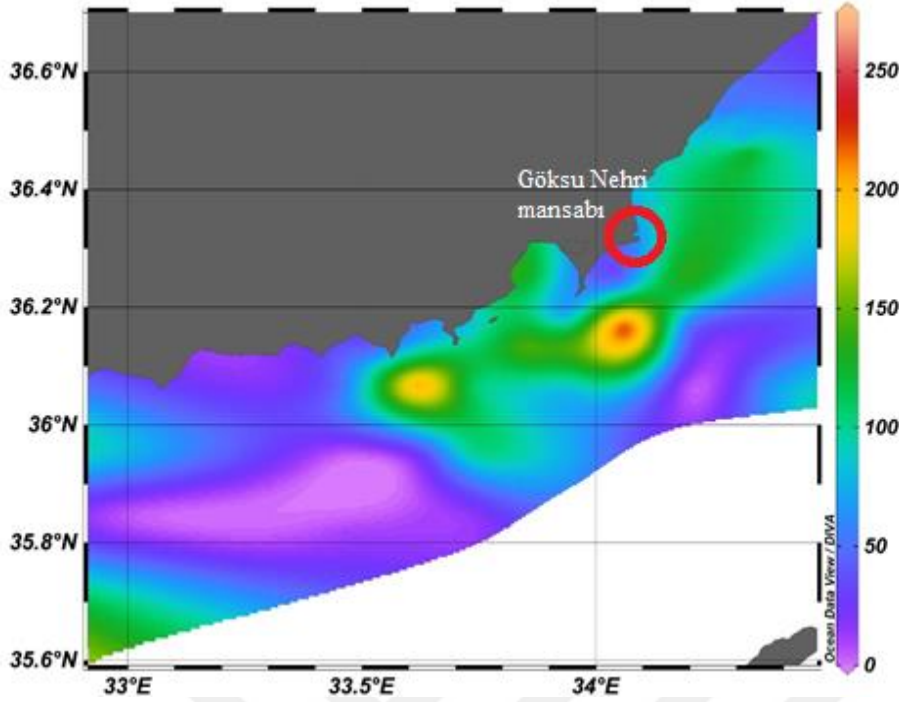
Bu dönemde su kolundaki ortalama piko-ökaryot bolluğu 18 hücre/mL olup; çalışma bölgesinde 1 hücre/mL ile 4×10^2 hücre/mL arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3.2). Piko-ökaryotların sayıca en az olduğu istasyonlar açık sulardaki istasyonlar iken maksimum hücre bolluğu ist-21'in 5 metre derinliğinde gözlemlenmiştir. Su kolunda piko-ökaryot bolluğu en fazla yüzeyde gözlenmiş ve genellikle derinlik arttıkça azalmıştır (Şekil 3.5). Bununla beraber, kıyıda bulunan ya da nehrin etkisi altında kalan istasyonlarda 50 metre derinlikte piko-ökaryot bolluğunda artış gözlemlenmiştir (Şekil 3.5).

Ekim döneminde yüzey sularında piko-ökaryot bolluğu 1 hücre/mL ile 250 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Yüzeydeki ortalama piko-ökaryot bolluğu ise 73 hücre/mL olarak bulunmuştur. Su yüzeyinde piko-ökaryot sayısı en fazla Göksu nehri etki alanında ve Taşucu körfezinde yüksek ölçülmüştür (Şekil 3.6).

Piko-ökaryotlar çalışma alanında en az bolluğa sahip tür olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Prokaryotik pikoplankton (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*) ve heterotrofik bakteri ile karşılaştırıldığında sayıca önemli ölçüde az bulunmuştur. Ayrıca, bu dönemde su yüzeyindeki piko-ökaryot bolluğu diğer sezonlara oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.5. Ekim ayında piko-ökaryot bolluğunun su kolundaki değişimi



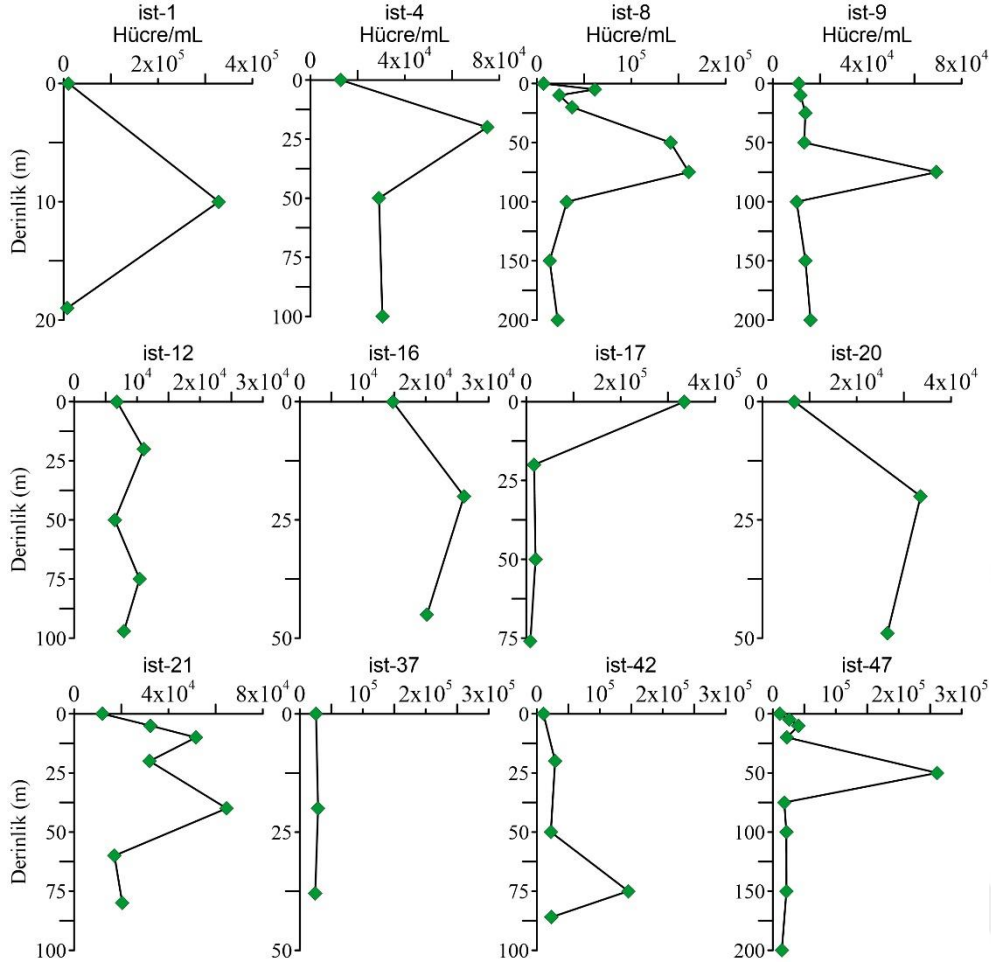
Şekil 3.6. Ekim ayında piko-ökaryot bolluğunun yüzeydeki dağılımı

Synechococcus Bolluğunun Değişimi

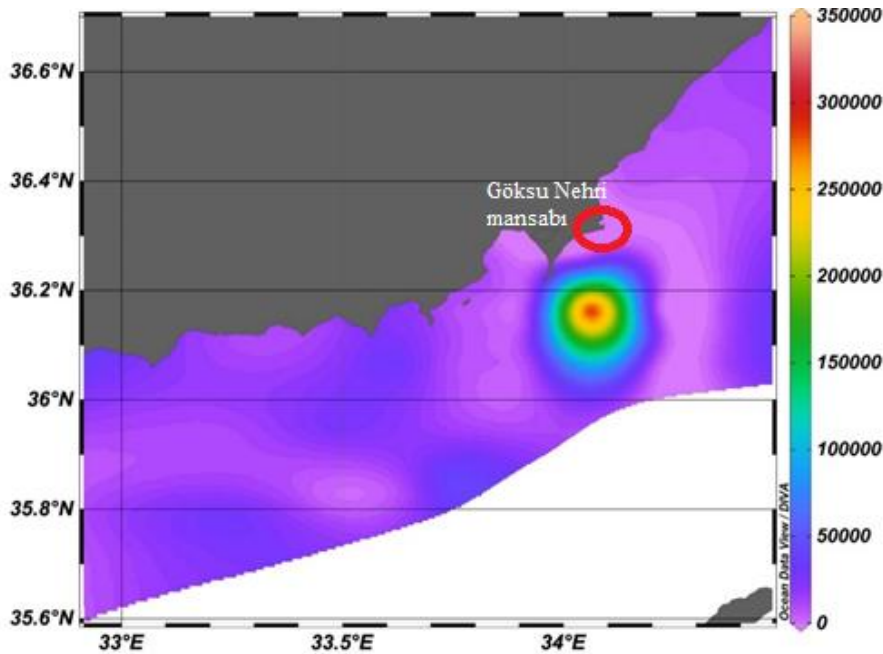
Ekim ayında su kolonundaki *Synechococcus* bolluğu 9×10^2 hücre/mL ile 34×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. En yüksek ve en düşük *Synechococcus* bolluğu sırasıyla ist-17 ve ist-41 ait yüzey sularında tespit edilmiştir.

Nehir etkisinin yoğun olarak tespit edildiği istasyonlarda (ist-16, ist-20, ist-21) *Synechococcus* bolluğu besin tuzu girişine bağlı olarak 25 metre civarında artmakta iken açık sulardaki istasyonlarda bu durum 50-75 metre arasında gözlenmiştir. Bu nedenle su kolonundaki *Synechococcus* yüzeyden derine doğru önce artmış, ardından azalmıştır (Şekil 3.7).

Yüzey sularında *Synechococcus* 9×10^2 hücre/mL ile 34×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Yüzey sularındaki ortalama *Synechococcus* bolluğu ise 1×10^3 hücre/mL olarak bulunmuştur. Bu dönemde *Synechococcus* bolluğu yüzeyde en fazla Göksu Nehri etki alanı içerisinde tespit edilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.7. Ekim ayında *Synechococcus* bolluğunun su kolonundaki değişimi

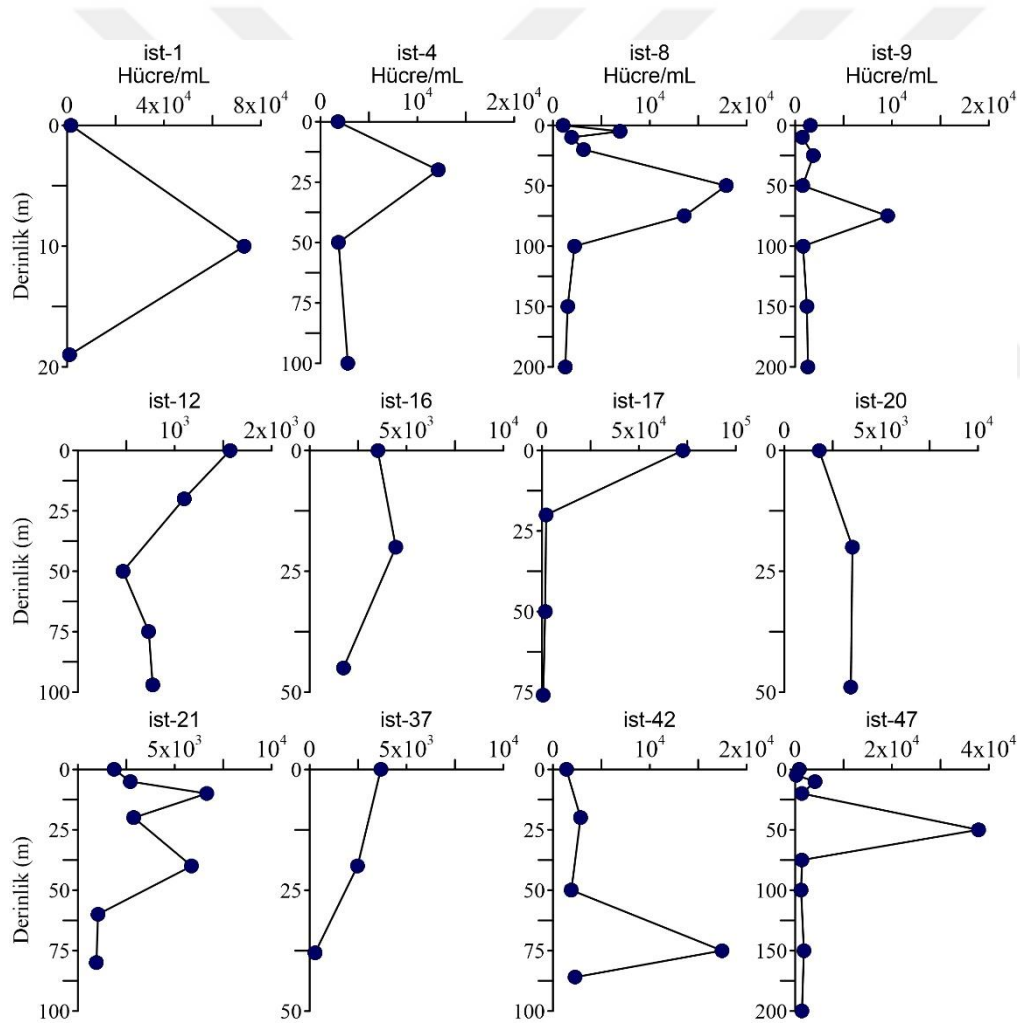


Şekil 3.8. Ekim ayında *Synechococcus* bolluğunun yüzeydeki dağılımı

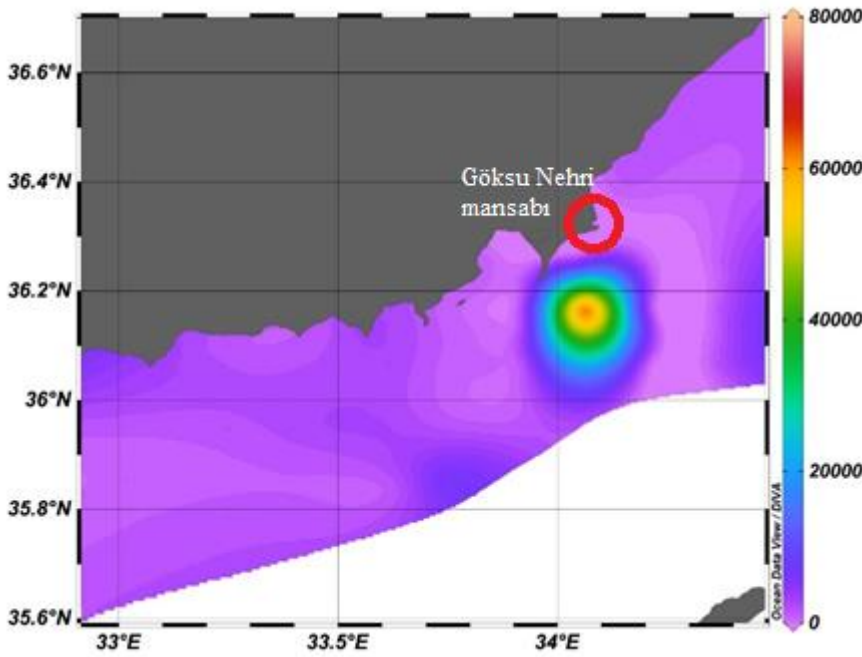
Prochlorococcus Bolluğunun Değişimi

Su kolonundaki *Prochlorococcus* bolluğu 2×10^2 hücre/mL ile 7×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Minimum ve maksimum bolluk sırasıyla ist-47'nin 5 metre derinliği ile ist-1'in 10 metre derinliğinde tespit edilmiştir. Su kolonundaki *Prochlorococcus* bolluğu hem nehir etki alanı içerisinde hem de açık sularda 50 m ile 75 m arasında artış göstermiş ardından tekrar azalmıştır (Şekil 3.9).

Yüzey sularında bolluk ekim ayında 860 hücre/mL ile 7×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Yüzey sularındaki *Prochlorococcus* dağılımı *Synechococcus* bolluğuna benzerlik göstermektedir. İki tür de Göksu Nehrinin etki alanı içerisindeki yüzey sularında yüksek bollukta tespit edilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.9. Ekim ayında *Prochlorococcus* bolluğunun su kolonundaki değişimi

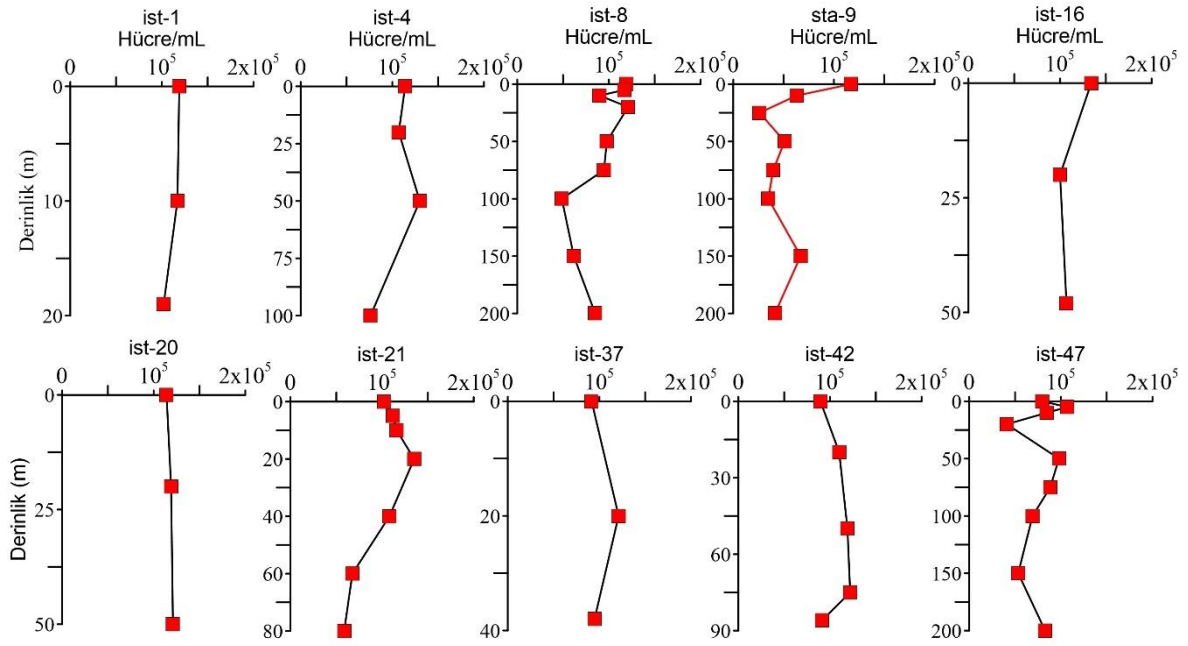


Şekil 3.10. Ekim ayında *Prochlorococcus* bolluğunun yüzeydeki dağılımı

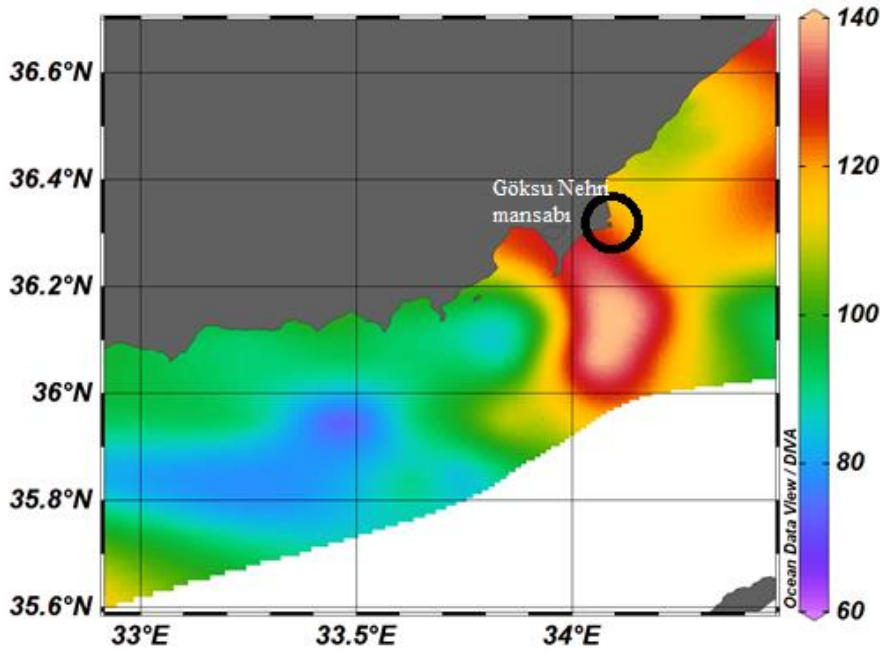
Heterotrofik Bakteri Bolluğunun Değişimi

Su kolonundaki en yüksek heterotrofik bakteri bolluğu ist-17'nin yüzey suyunda 14×10^4 hücre/mL olarak tespit edilmişken, en düşük bolluk ist-9'un 25 metre derinliğinde $2,6 \times 10^4$ hücre/mL olarak bulunmuştur. Prokaryotik pikoplanktondan farklı olarak, heterotrofik bakterinin su kolonundaki dağılımı derinliğe bağlı olarak azalmıştır (Şekil 3.11).

Yüzey sularında bolluk ekim ayında $6,7 \times 10^4$ hücre/mL ile 14×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermekte olup ortalama heterotrofik bakteri yoğunluğu 10×10^4 hücre/mL olarak tespit edilmiştir. Heterotrofik bakteri yüzey suyunda hem Mersin körfezinin batısında kalan alanda hem de nehrin etki alanı içerisindeki alanda yüksek miktarda tespit edilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.11. Ekim ayında heterotrofik bakteri bolluğunun su kolonundaki değişimi



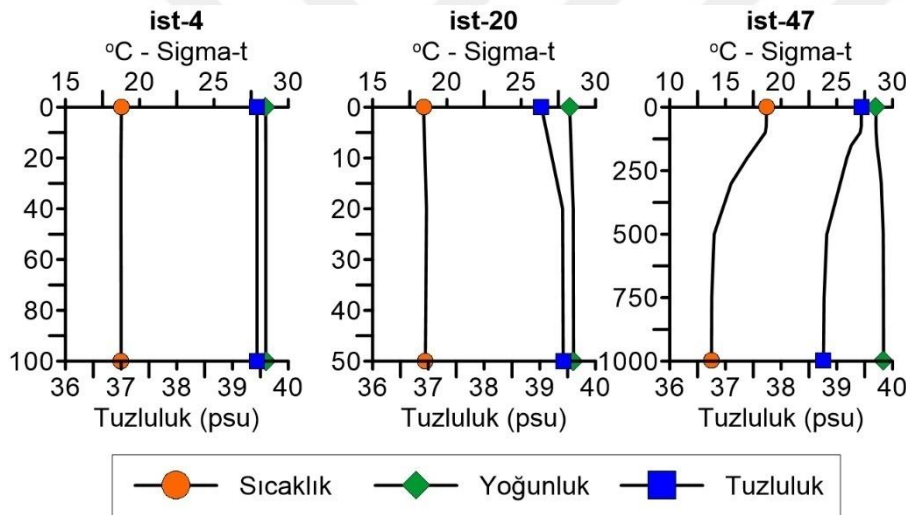
Şekil 3.12. Ekim ayında heterotrofik bakteri bolluğunun ($\times 10^3$ hücre/mL) yüzeydeki dağılımı

3.3.2. Şubat 2017 sefer sonuçları

5-8.02.2018 tarihleri arasında Göksu Nehri'nin etkilediği kıyısız ve açık sularda yapılan sefer çalışmasına ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerinin genel değişimleri aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Fiziksel Parametrelerin Değişimi

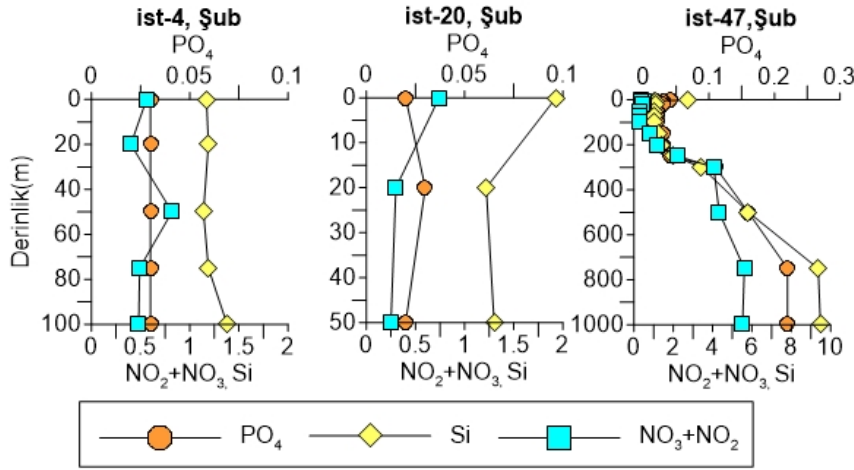
Kış döneminde havaların soğumasına bağlı olarak yüzey suyu sıcaklığı azalmıştır. Yüzey sularının daha erken soğumasına bağlı olarak nehir etki alanı içerisindeki kıyısal alanlarda yüzey sularının sıcaklığı daha düşük ölçülmüştür. Bu dönemde yüzey suyu sıcaklığı 13,75°C ile 19,04°C arasında değişim göstermiştir. Kış dönemi içerisinde yağışların artmasına bağlı olarak nehirden gelen tatlı su miktarında artış olmuştur. Bundan dolayı nehir etki alanı içerisinde tuzluluk değerleri açıklardan daha düşük ölçülmüş ve ‰38,47 ile ‰39,00 arasında değişim göstermiştir. Açıklardaki tuzluluk ise kıyılardan daha yüksektir ve ‰39,00 ile ‰39,46 arasında değişim göstermiştir. Su kolonundaki sıcaklık ve tuzluluk değişimi incelendiğinde ise, kış karışımı olaylarının etkisi ile 200 metreye kadar homojen olduğu bulunmuştur (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Şubat ayında fiziksel parametrelerin su kolonundaki değişimi

Besin Tuzlarının Değişimi

Kıyısal alanda nehirden gelen besin tuzu yüküyle kıyısal sularda yüzey sularında besin tuzu konsantrasyonu yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 200 metre civarındaki besin tuzu yönünden zengin suların kış karışımı ile öfotik zona yükselmesinden dolayı bu dönemde besin tuzu miktarı ekimde daha yüksektir. Kış döneminde yüzey sularındaki toplam fosfat konsantrasyonu 0,09 μM ile 0,22 μM , çözülmüş fosfat konsantrasyonu 0,02 μM ile 0,10 μM , toplam nitrit nitrat konsantrasyonu 0,24 μM ile 1,74 μM , amonyak konsantrasyonu 0,06 μM ile 0,48 μM ve silikat konsantrasyonu 0,79 μM ile 2,93 μM arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.14).

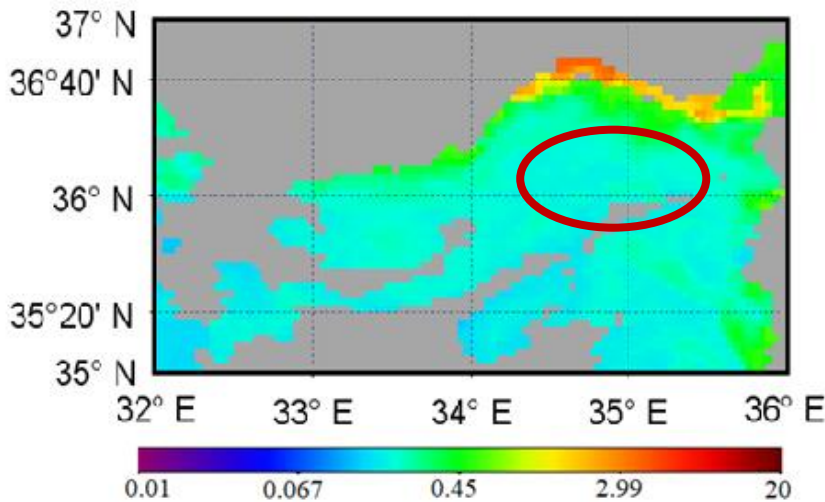


Şekil 3.14. Şubat ayında besin tuzu (PO_4 , Si, NO_3+NO_2) derişiminin (μM) derinliğe bağılı olarak değişimi

Klorofil-*a* Dağılımı

Kış karışımına bağılı olarak su kolonunda artan besin tuzu miktarının sonucunda bu dönemde en yüksek toplam klo-*a* konsantrasyonu ölçülmüştür (*in-situ*). Bu dönemdeki ortalama toplam klo-*a* miktarı $0,89 \mu g/L$ olup, $0,03 \mu g/L$ ile $24,75 \mu g/L$ arasında değişim göstermiştir.

Kuzeydoğu Akdeniz'in tipik bir özelliği olarak, bu dönemde de kıyıs alanda klo-*a* miktarı açık sulara göre daha yüksektir. Artan yağışların etkisi ile nehir etki alanları diğer sezonlara göre oldukça geniştir. Besin tuzu yönünden zengin olan yüzey sularının genel doğu-batı akıntısı boyunca kıyıs alandaki suları etkilediği gözlemlenmiştir (Şekil 3.15). Uydu görüntülerine benzer şekilde insitu fluorometre sonuçları da klo-*a* miktarının kıyıs akıntı boyunca daha yüksek olduğunu göstermektedir (Uysal ve diğerleri, 2019).

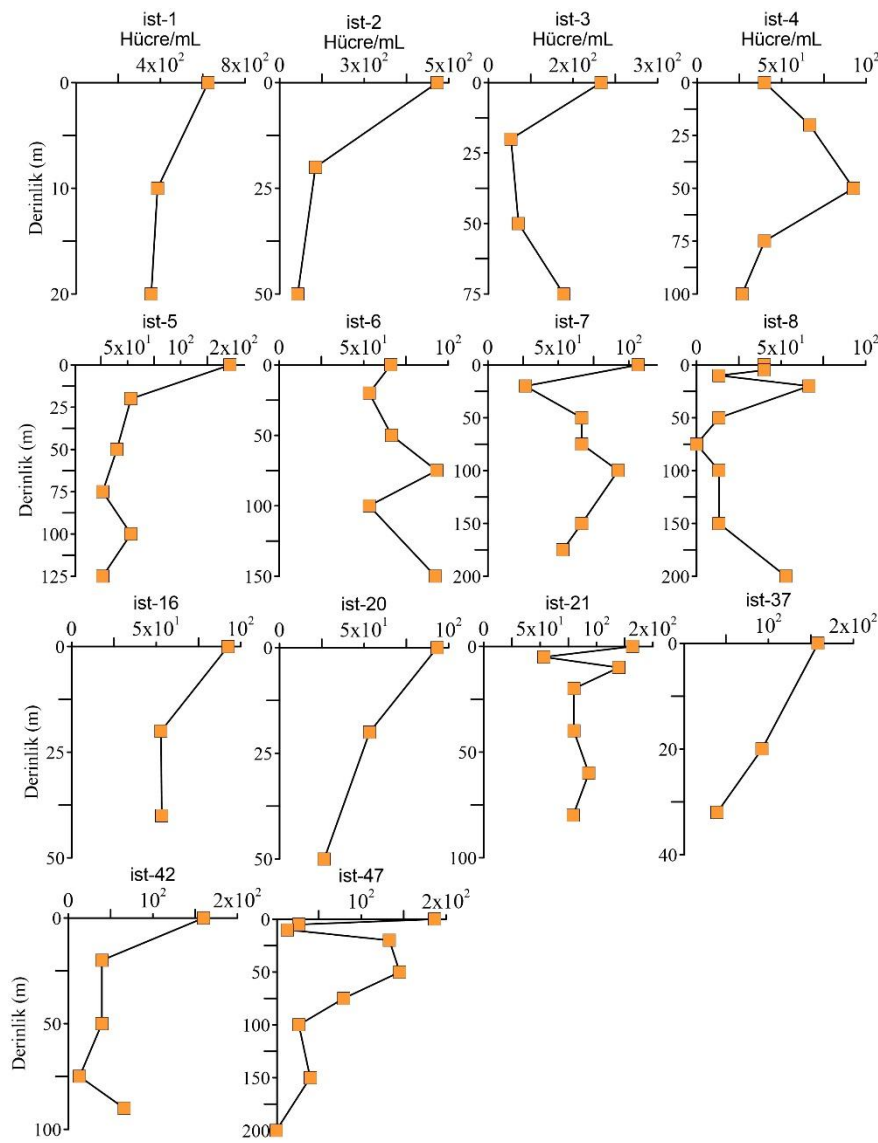


Şekil 3.15. Şubat döneminde yüzey suyundaki klorofil-*a* dağılımı

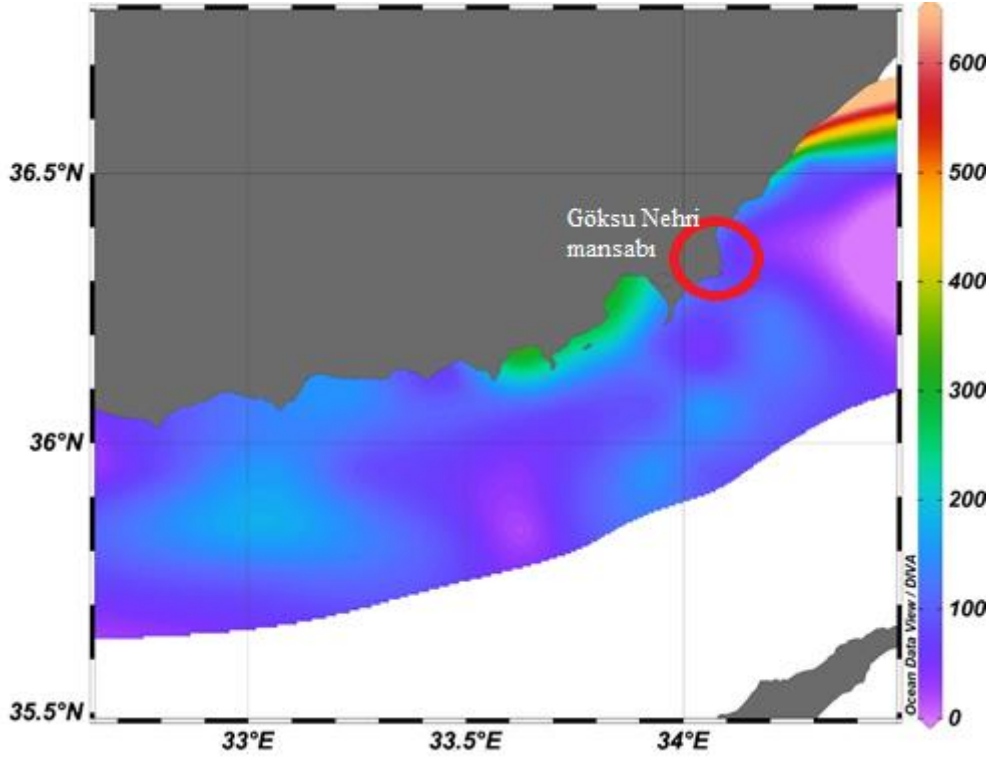
Piko-ökaryot Bolluğunun Değişimi

Bu dönemde su kolonundaki piko-ökaryot bolluğu ortalama olarak 1×10^2 hücre/mL olup 1 hücre/mL ile 620 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. En yüksek bolluk Lamas Nehri etki alanı içerisinde kalan ist-1'in yüzeyinde tespit edilmiştir. Yüzeydeki piko-ökaryot bolluğu 13 hücre/mL ile 620 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Genel olarak en yüksek bolluk değerlerine yüzeyde rastlanmış, derinlik arttıkça bolluk azalmıştır (Şekil 3.16).

Bu sezonda en yüksek bolluk Göksu Nehri'nde kıyıya ulaşan suların akıntının etkisi ile bir süre beklediği Taşucu ve Yeşilovacık körfezlerinin kıyılarında gözlemlenmiştir (Şekil 3.16)



Şekil 3.16. Şubat ayında piko-ökaryot bolluğunun su kolonundaki değişimi

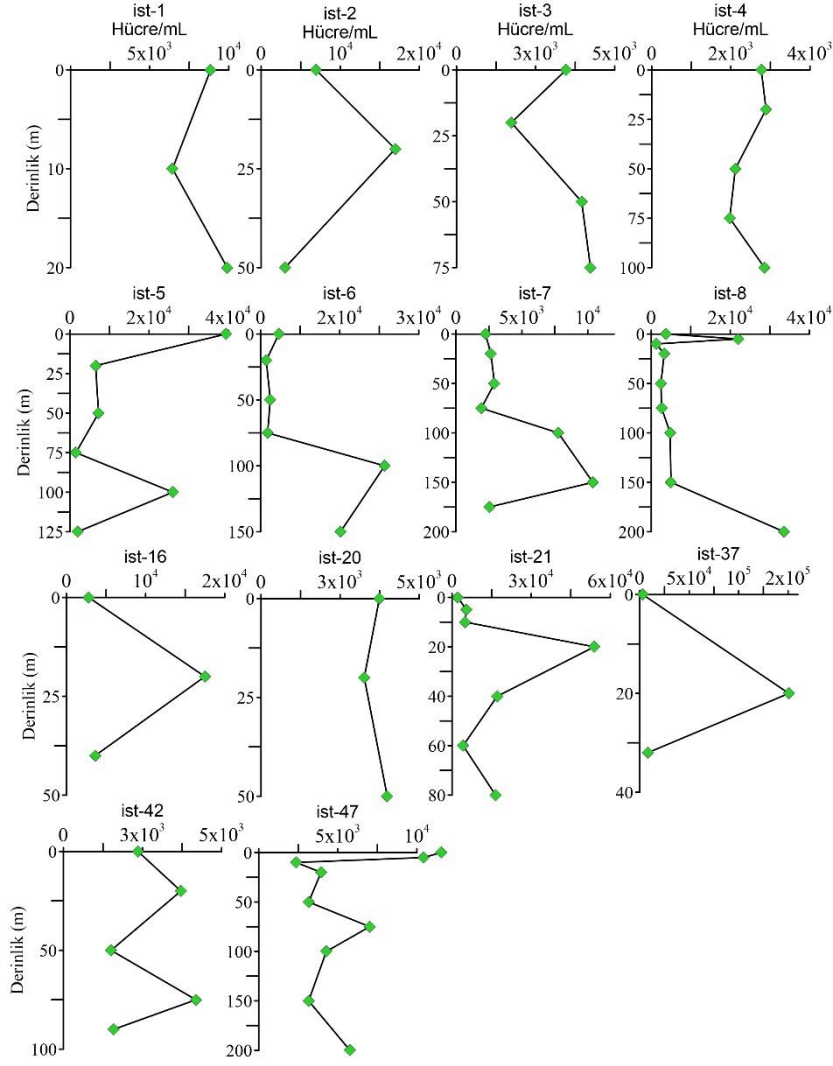


Şekil 3.17. Şubat ayında yüzeydeki piko-ökaryot dağılımı

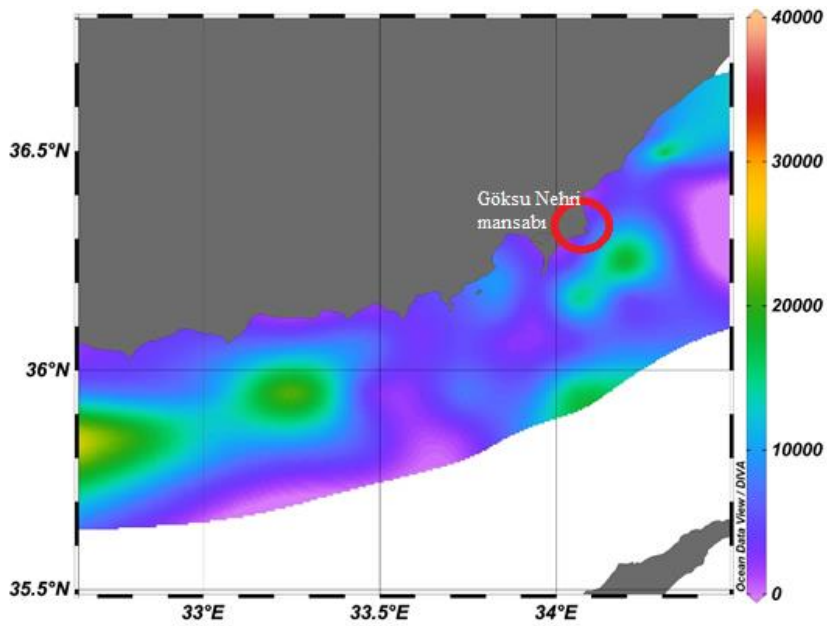
Synechococcus Bolluğunun Değişimi

Şubat ayında su kolonundaki *Synechococcus* bolluğu 6×10^2 hücre/mL ile 15×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. En yüksek ve en düşük *Synechococcus* bolluğu sırasıyla ist-37'nin 20 metre derinliğinde ve ist-36'nin yüzey sularında tespit edilmiştir. Nehir etkisinin yoğun olarak tespit edildiği istasyonlarda (ist-16, ist-20, ist-21) *Synechococcus* bolluğu besin tuzu girişine bağlı olarak 20 metre civarında artış göstermiştir. Bununla beraber genel olarak açık sularda derinlik arttıkça *Synechococcus* bolluğunda artış gözlemlenmiştir. Fakat bu durum ekimde olduğu gibi belirli bir düzende oluşmamıştır (Şekil 3.18).

Yüzey sularında *Synechococcus* 6×10^2 hücre/mL ile 4×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Yüzey sularındaki ortalama *Synechococcus* bolluğu ise 7×10^3 hücre/mL olarak bulunmuştur. Kış karışımının etkisi ile bu dönemde *Synechococcus* bolluğu yüzeyde geniş bir dağılım göstermiştir (Şekil 3.19).



Şekil 3.18. Şubat ayında *Synechococcus* bolluğunun su kolonundaki değişimi

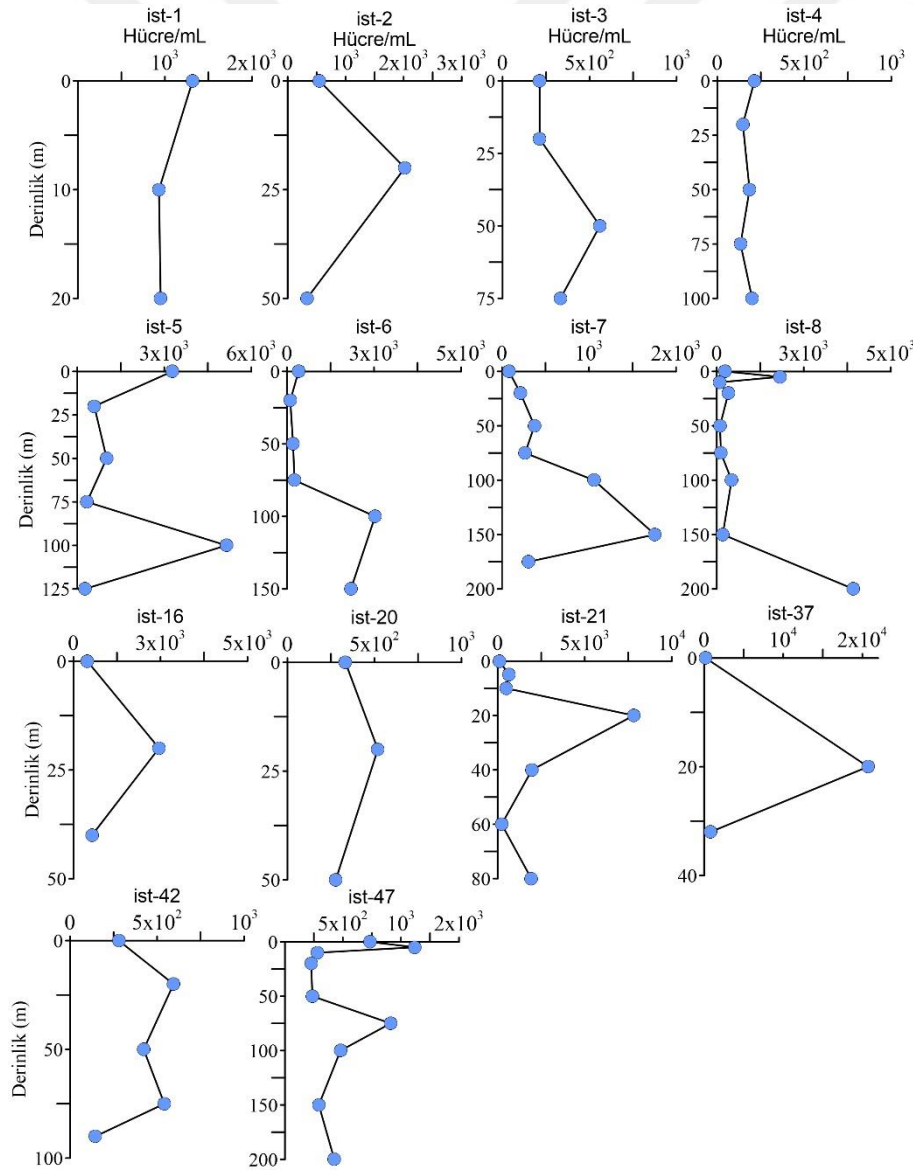


Şekil 3.19. Şubat ayında yüzeydeki *Synechococcus* dağılımı

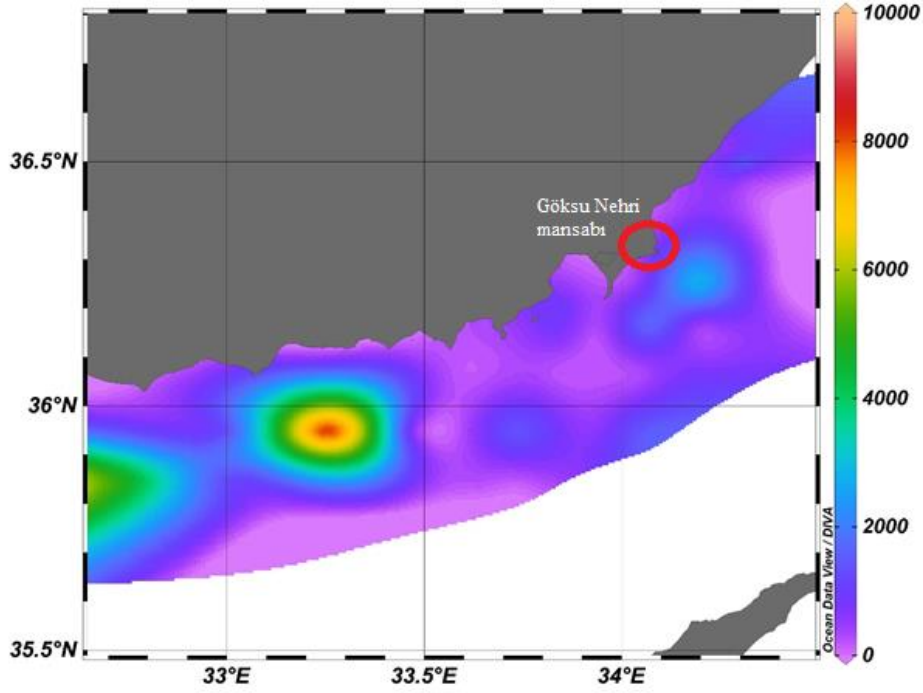
Prochlorococcus Bolluğunun Değişimi

Su kolonundaki *Prochlorococcus* bolluğu 80 hücre/mL ile 2×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Minimum ve maksimum bolluk sırasıyla ist-8'in 20 metre derinliği ile ist-37'nin 20 metre derinliğinde tespit edilmiştir. Su kolonundaki *Prochlorococcus* bolluğu genel olarak 100 metre derinlik civarında en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Şekil 3.20).

Yüzey sularında bolluk şubat'ta 80 hücre/mL ile 9×10^3 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. *Prochlorococcus* bu dönemde kış karışım olaylarının daha yoğun yaşandığı noktalarda daha yüksek değerler göstermekle beraber çalışma alanının tamamında yaygın olarak gözlemlenmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.20. Şubat ayında yüzeydeki *Prochlorococcus* dağılımı

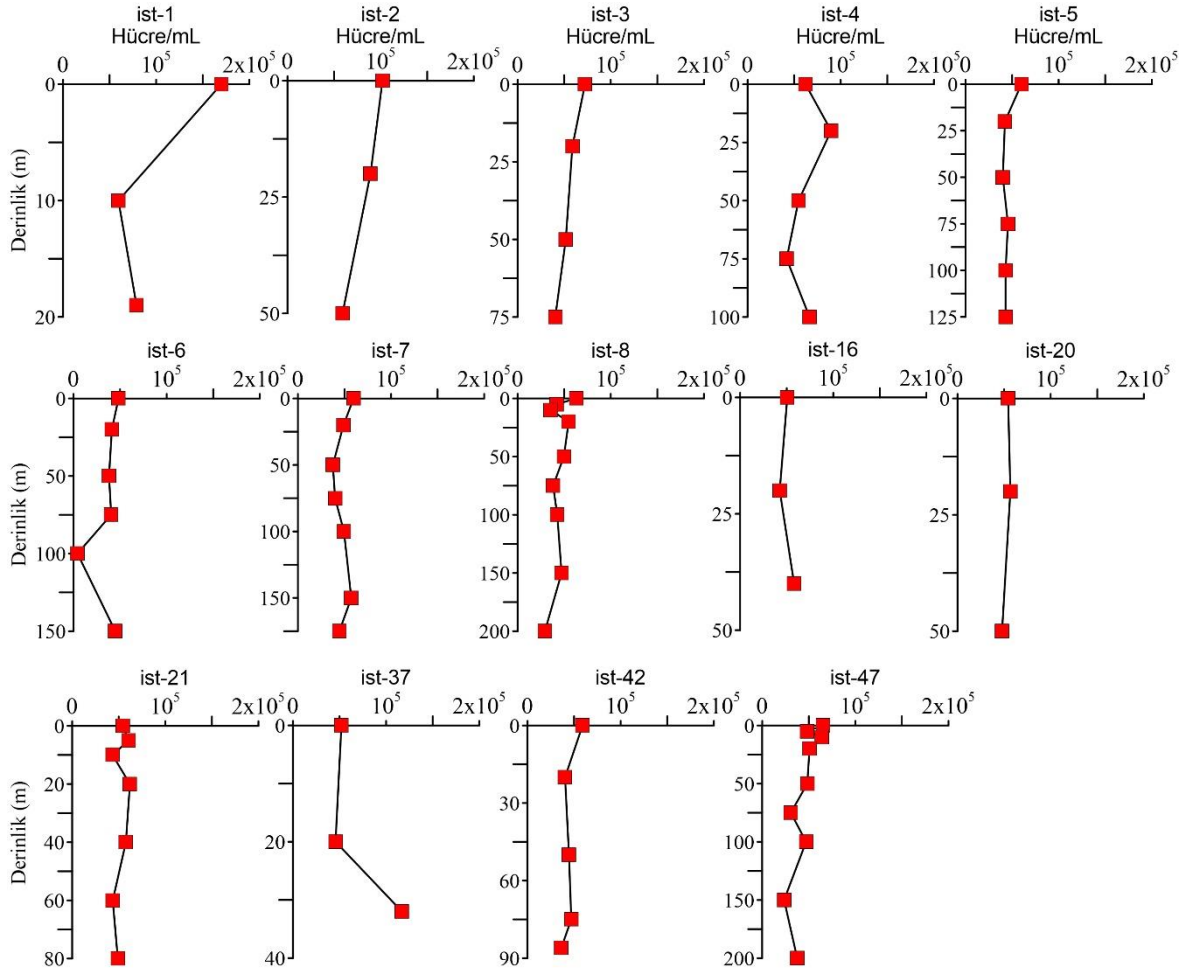


Şekil 3.21. Şubat ayında yüzeydeki *Prochlorococcus* dağılımı

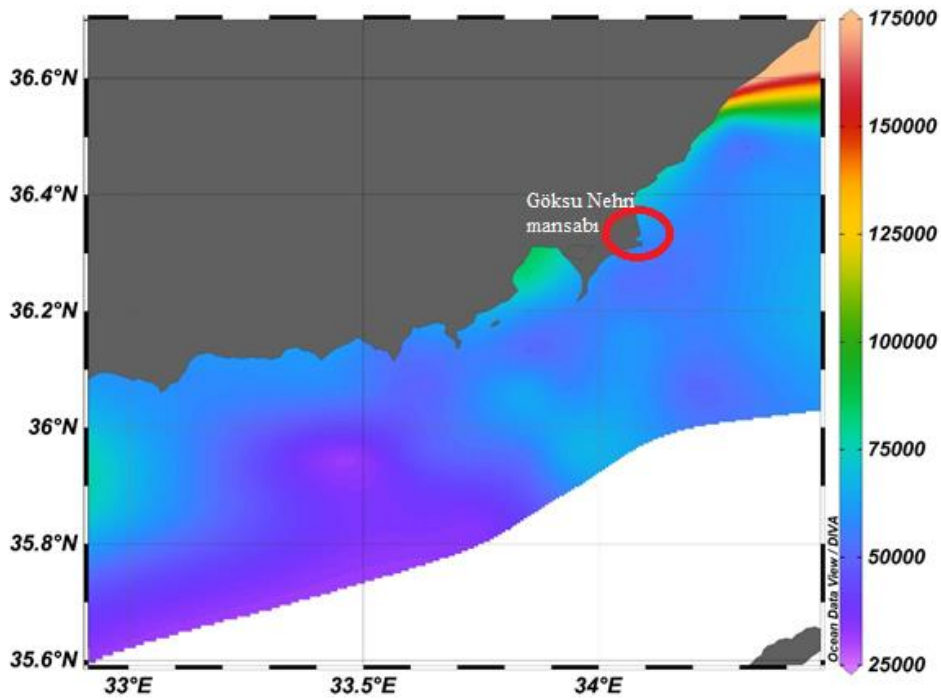
Heterotrofik Bakteri Bolluğunun Değişimi

Su kolonundaki en yüksek heterotrofik bakteri bolluğu ist-1'in yüzey suyunda 17×10^4 hücre/mL olarak tespit edilmişken, en düşük bolluk ist-6'nın 100 metre derinliğinde $0,4 \times 10^4$ hücre/mL olarak bulunmuştur. Heterotrofik bakterinin su kolonundaki dağılımı incelendiğinde bu sezonda derinliğe bağlı olarak bolluğun değişmediği gözlemlenmiştir (Şekil 3.22).

Yüzey sularında bolluk şubat'da $2,9 \times 10^4$ hücre/mL ile 17×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermekte olup ortalama heterotrofik bakteri yoğunluğu $5,9 \times 10^4$ hücre/mL olarak tespit edilmiştir. Heterotrofik bakteri bolluğu en yüksek Taşucu Körfezinde tespit edilmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.22. Şubat ayında heterotrofik bakterinin su kolonunda dağılımı



Şekil 3.23. Şubat ayında heterotrofik bakteri bolluğunun su yüzeyinde dağılımı

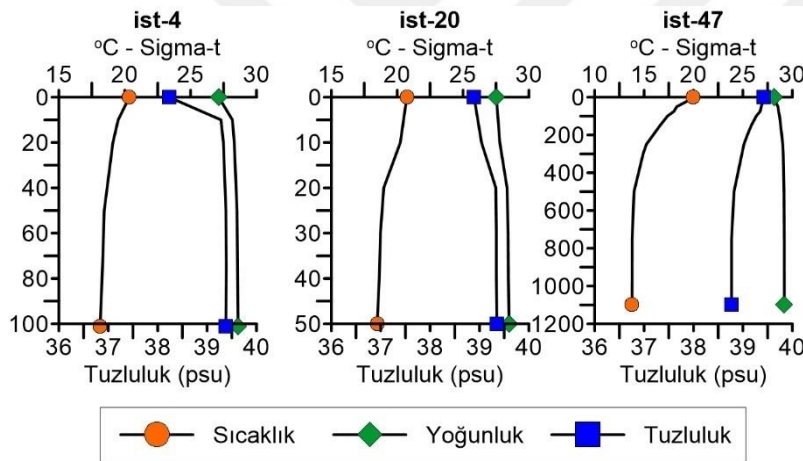
3.3.3. Nisan 2017 Sefer Sonuçları

16-19.04.2018 tarihleri arasında Göksu Nehri'nin etkilediği kıyısal ve açık sularda yapılan sefer çalışmasına ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerinin genel değişimleri aşağıda sırası ile verilmiştir.

Fiziksel Parametrelerin Değişimi

İlkbahar döneminde ısınan havaların etkisi ile kıyısal alanlarda yüzey suyu sıcaklığı artmaya başlamış ve kıyıda 19,6°C ile 21,50°C arasında değişmiştir. Artan yağmurlardan dolayı kıyısal alanlarda daha düşük tuzluluk değerleri gözlemlenmiş ve çalışma alanında tuzluluk %38,23 ve %39,43 arasında değişim göstermiştir.

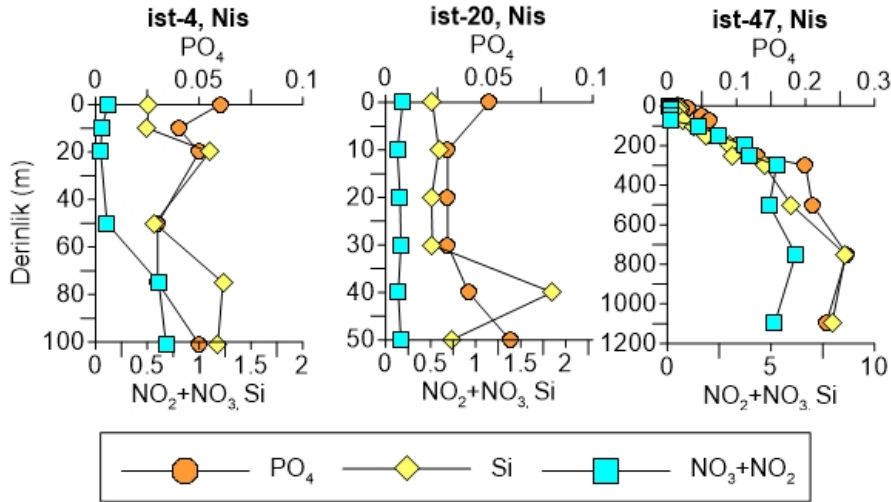
Bu mevsimde yüzeydeki sular derin sulara göre daha çabuk ısınmasına rağmen, kalıcı bir termoklin tabakası oluşumu gözlemlenmemiştir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Nisan ayında fiziksel parametrelerin su kolonundaki değişimi

Besin Tuzlarının Değişimi

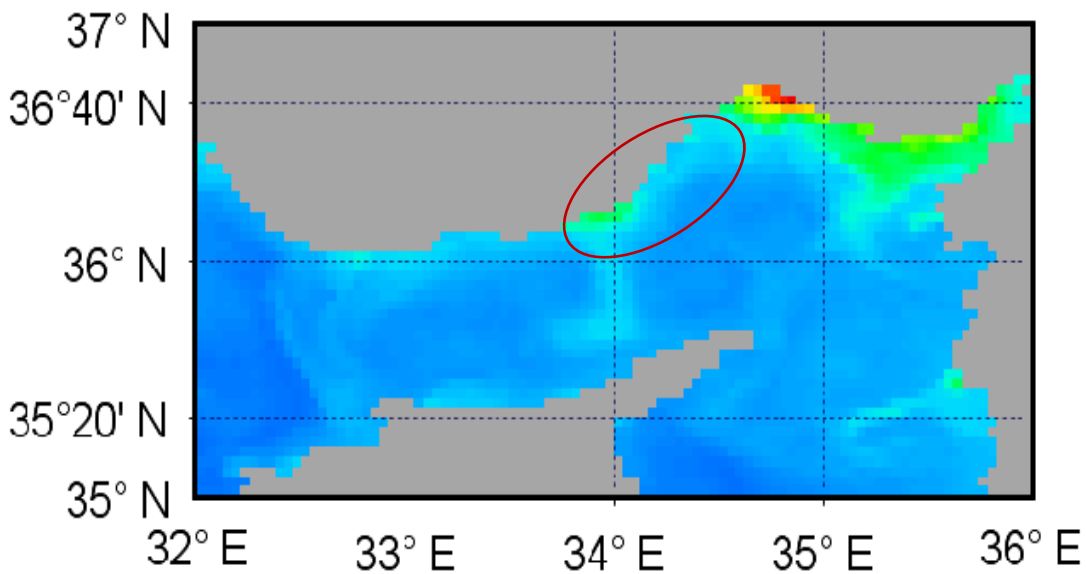
Bu dönemde yüzey sularındaki toplam fosfat konsantrasyonu 0,08 μM ile 0,21 μM , çözülmüş fosfat konsantrasyonu 0,02 μM ile 0,11 μM , toplam nitrit nitrat konsantrasyonu 0,08 μM ile 0,58, μM amonyak konsantrasyonu 0,12 μM ile 0,45 μM ve silikat konsantrasyonu 0,43 μM ile 1,24 μM arasında değişim göstermiştir. Bu mevsimde öfotik tabakanın üstünde birincil üretime bağlı olarak besin tuzlarının konsantrasyonu derinliğe bağlı olarak azalmıştır. Öfotik tabakanın altında ise kış karışımlarının bir sonucu olarak besin tuzu miktarı daha yüksektir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Nisan ayında besin tuzu (PO₄, Si, NO₃+NO₂) derişiminin (µM) derinliğe bağı olarak değişimi

Klorofil-*a* Dağılımı

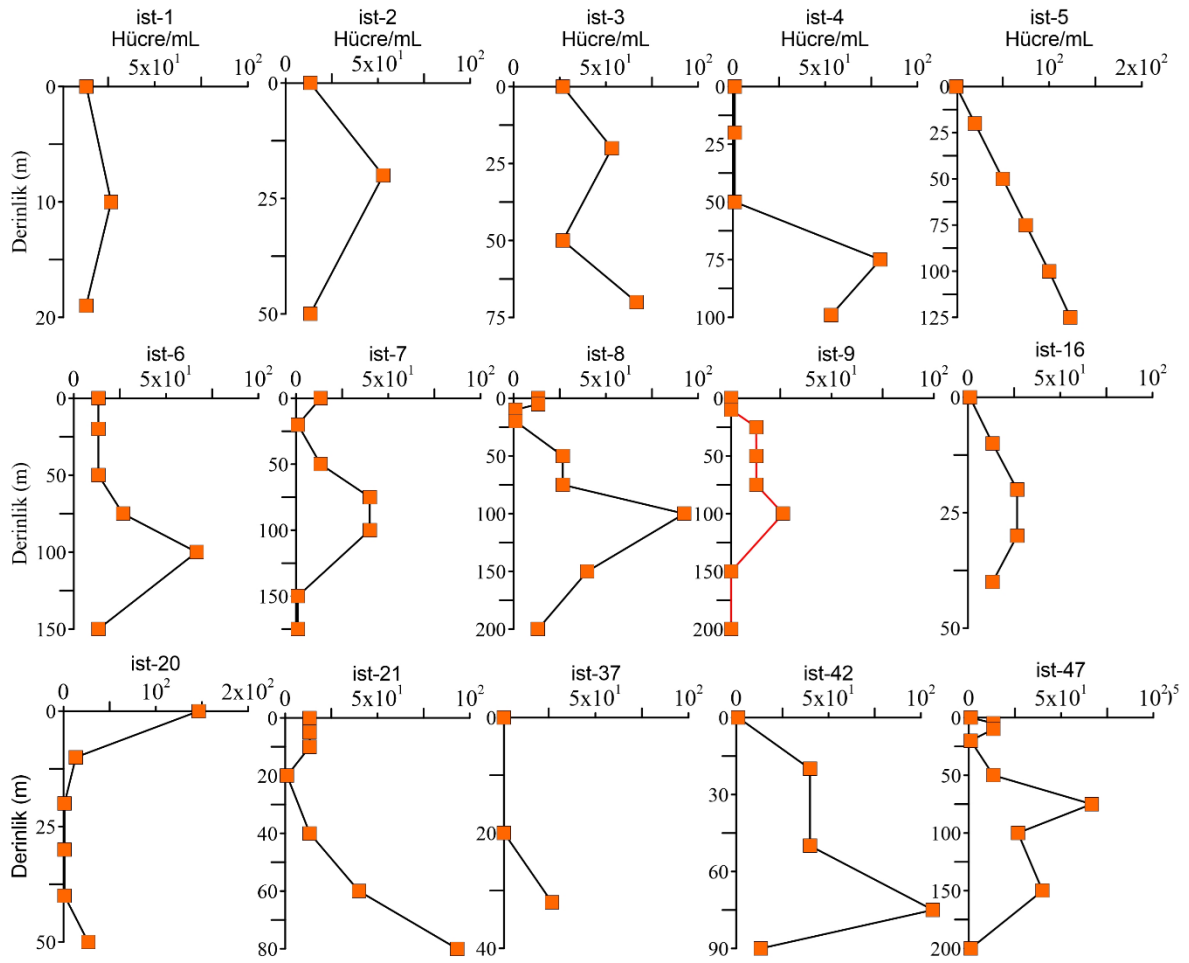
Su kolonunda azalan besin tuzu miktarına bağı olarak bu sezondaki klorofil-*a* miktarı kış sezonuna oranla azalmış ve 0,01 µg/L ile 21,02 µg/L arasında değişim göstermiştir. Bu dönemde de en yüksek klo-*a* yoğunluğu Göksu nehrinin ağız kısmı-mansabında gözlemlenmiş fakat klorofil-*a* dağılımına bakıldığında şubat'a kıyasla nehrin etki alanı oldukça kısıtlı kalmıştır (Şekil 3.26). Sefer sırasında alınan in-situ fluorometre sonuçlarına göre klo-*a* miktarının en yüksek olduğu bölge Göksu Nehri mansabı ve etki alanında olarak tespit edilmiştir (Uysal ve diğerleri, 2019).



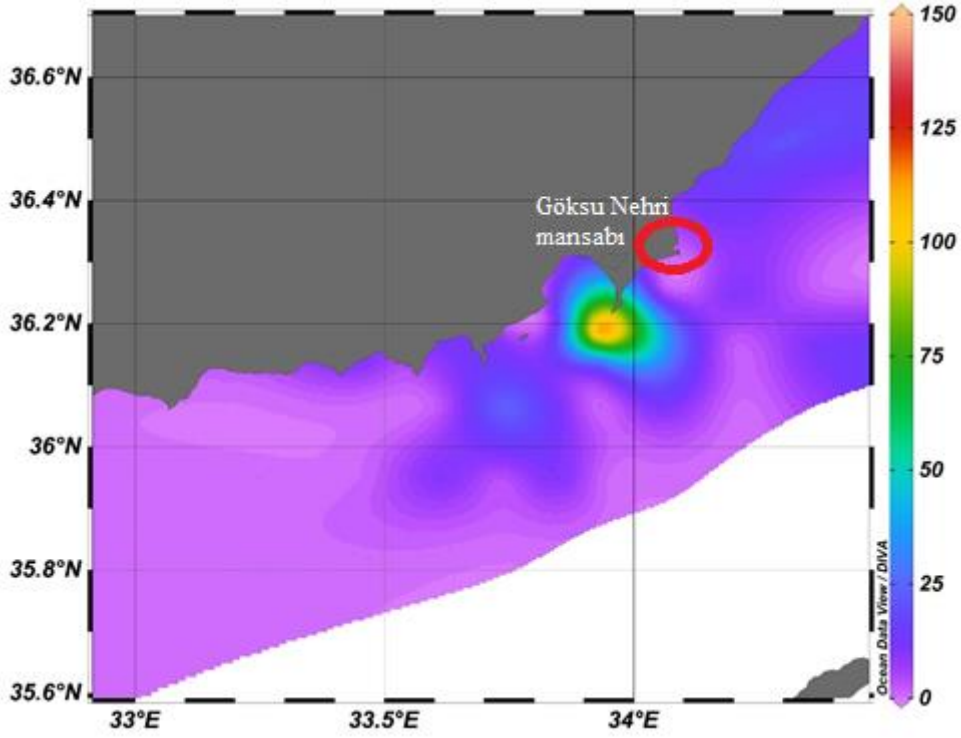
Şekil 3.26. Nisan döneminde su yüzündeki klorofil-*a* dağılımı

Piko-ökaryot Bolluğunun Değişimi

Nisanda su kolonunda ortalama pikoplankton bolluğu 20 hücre/mL olup 1 hücre/mL ile 150 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. En yüksek bolluk Göksu nehrinin etkisinde olan ist-20'nin yüzeyinde gözlemlenirken, en düşük bolluk açık sulardaki istasyonlarda gözlemlenmiştir. Yüzeyle piko-ökaryot dağılımı incelendiğinde Taşucu Körfezi'nin güneydoğu kısmında yoğunlaştığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.27). Genellikle yüzeyle daha fazla olmakla beraber 75-100 metre arasında tekrar artış gözlemlenmiştir (Şekil 3.28).



Şekil 3.27. Nisan ayında piko-ökaryotların su kolonunda dağılımı

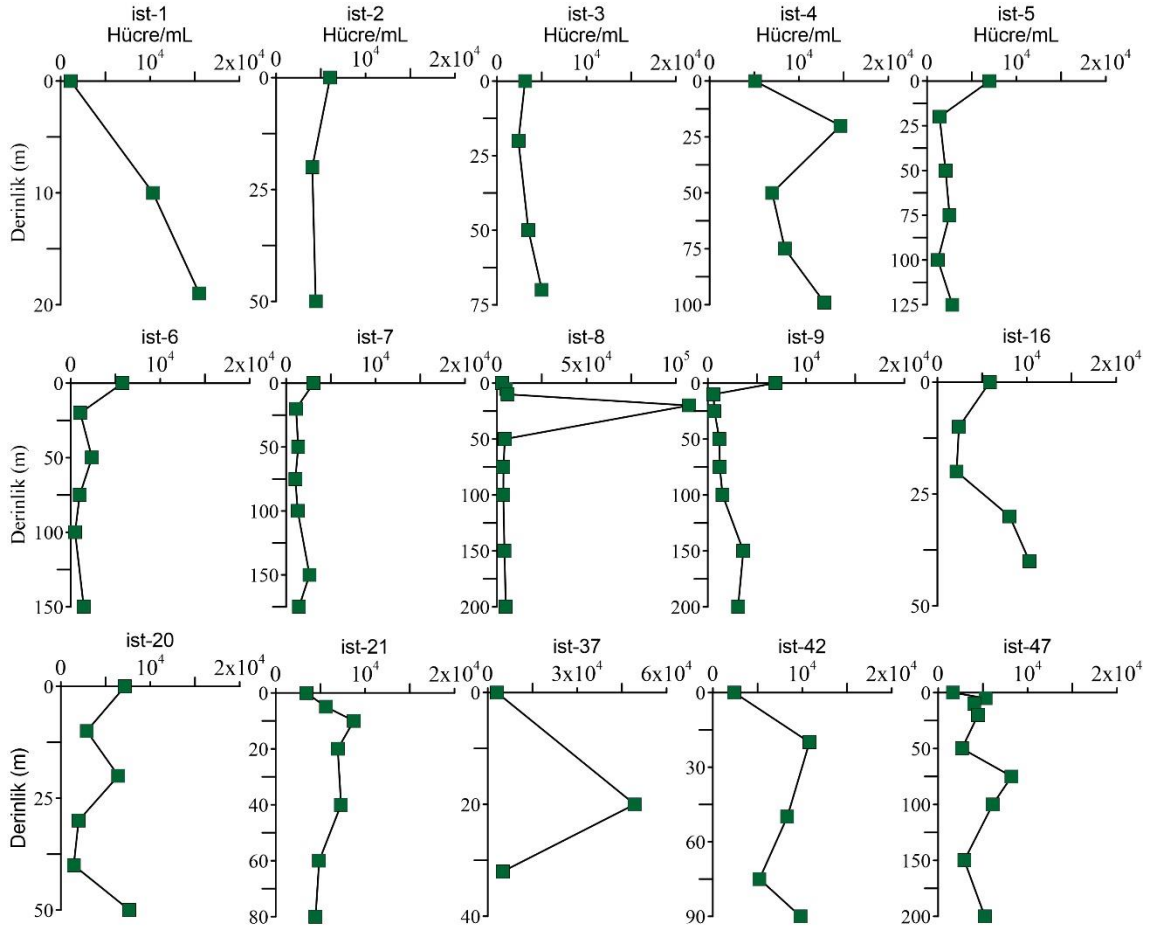


Şekil 3.28. Nisan ayında piko-ökaryotların su yüzeyinde dağılımı

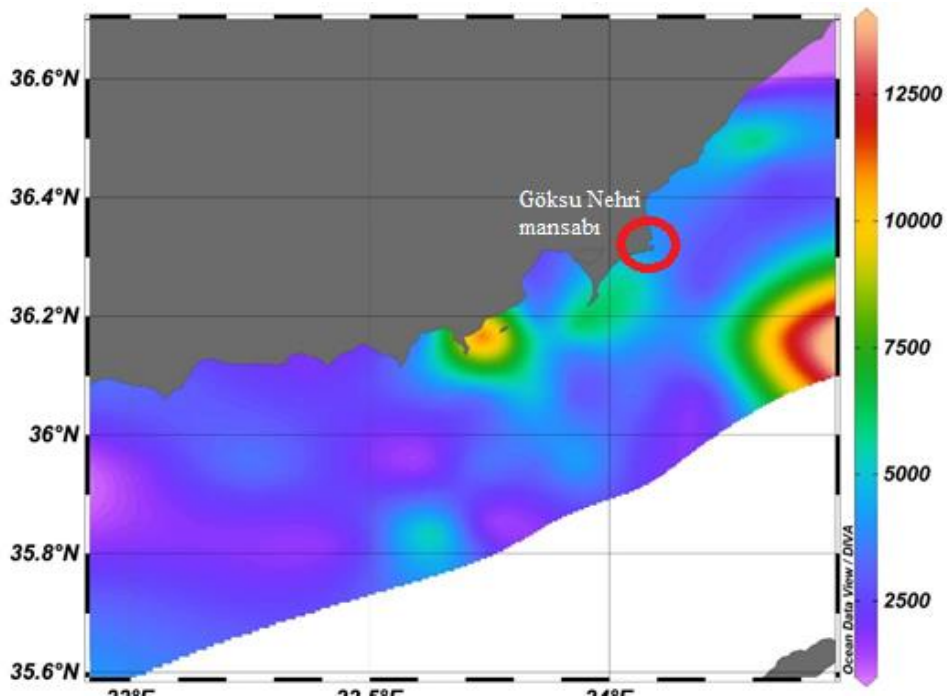
Synechococcus Bolluğunun Değişimi

Nisan ayında su kolonundaki *Synechococcus* bolluğu 4×10^2 hücre/mL ile 10×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. En düşük ve en yüksek *Synechococcus* bolluğu sırasıyla ist-6'nın 100 metre derinliğinde ve ist-8'in 20 metre derinliğinde tespit edilmiştir. Bu dönemde açık sularda genel bir trend göstermeden farklı derinliklerde artışlar göstermiştir (Şekil 3.29).

Yüzey sularında *Synechococcus* 1×10^3 hücre/mL ile 13×10^3 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. En düşük bolluk ist-1'de bulunurken, en yüksek bolluk ist-39'da tespit edilmiştir. Yüzey sularındaki ortalama *Synechococcus* bolluğu ise 4×10^3 hücre/mL olarak bulunmuştur. Yüzeyde *Synechococcus* en yoğun olarak Yeşilovacık ve Taşucu körfezleri civarında tespit edilmiştir (Şekil 3.30).



Şekil 3.29. Nisan ayında *Synechococcus* su kolonunda dağılımı

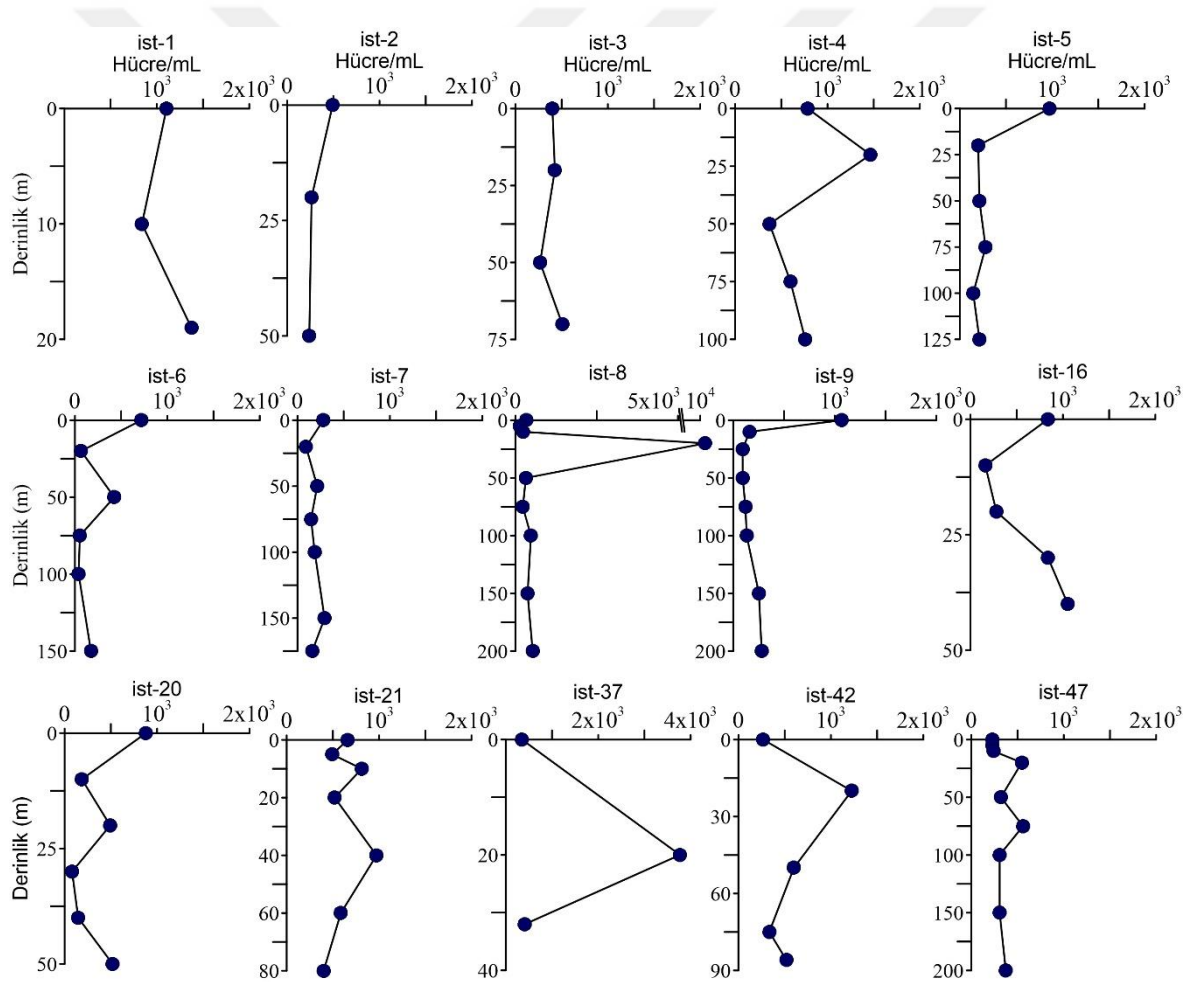


Şekil 3.30. Nisan ayında *Synechococcus* su yüzeyinde dağılımı

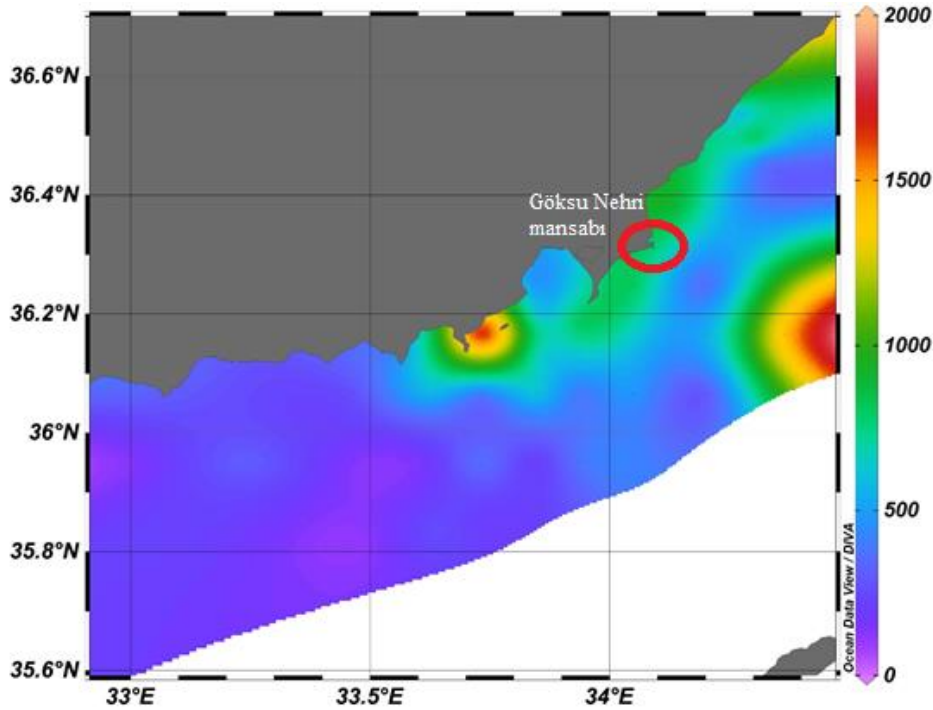
Prochlorococcus Bolluğunun Değişimi

İlkbaharda *Prochlorococcus* bolluğu 40 hücre/mL ile 11×10^3 hücre/mL arasında değişim göstermiş ve ortalama bolluk 5×10^2 olarak bulunmuştur. Minimum ve maksimum bolluk sırasıyla ist-6'nın 100 metre derinliği ile ist-8'in 20 metre derinliğinde tespit edilmiştir. Bu dönemde *Prochlorococcus* bolluğu derinliğe bağlı olarak düzensiz bir atış göstermiştir (Şekil 3.31).

Yüzey sularında bolluk nisan ayında 1×10^2 hücre/mL ile 2×10^3 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Yüzeyde *Prochlorococcus* dağılımı *Synechococcus*'a benzer şekilde Yeşilovacık ve Taşucu körfezleri civarında yüksek ölçülmüştür (Şekil 4.32).



Şekil 3.31. Nisan ayında *Prochlorococcus* su kolonunda dağılımı

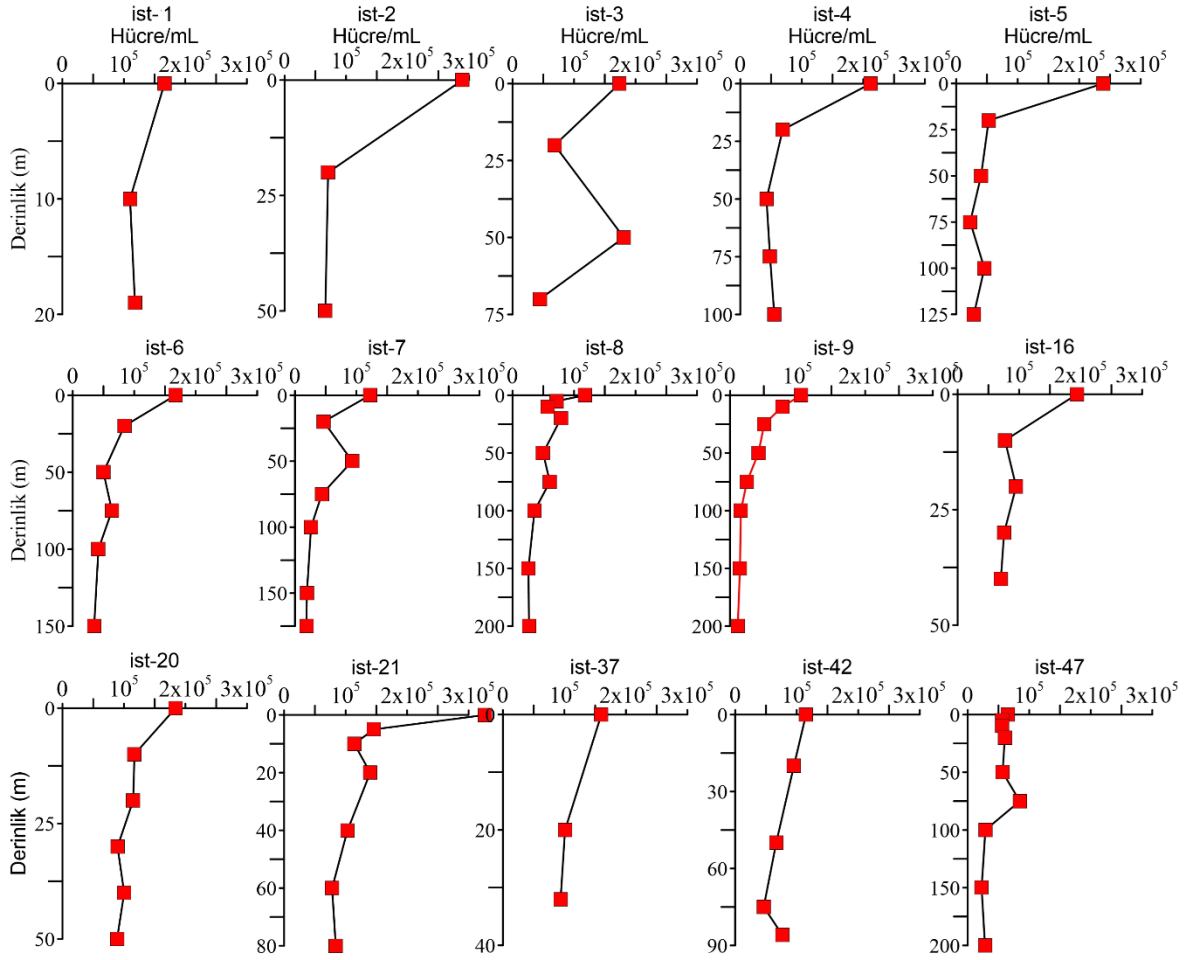


Şekil 3.32. Nisan ayında *Prochlorococcus* su yüzeyinde dağılımı

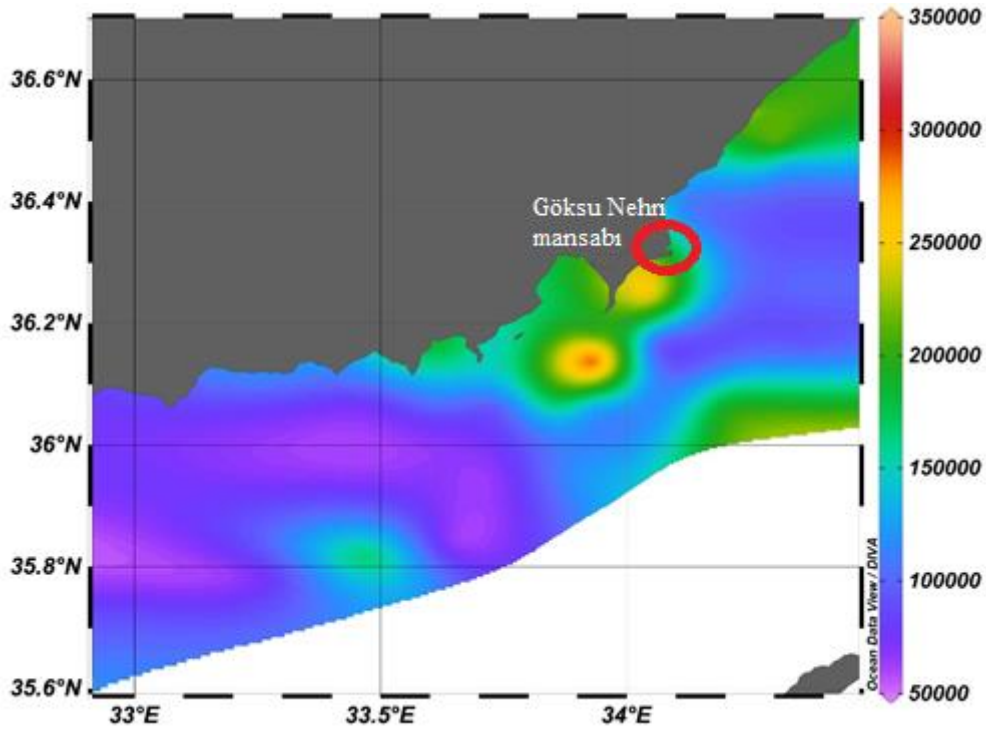
Heterotrofik Bakteri Bolluğunun Değişimi

Su kolonundaki en yüksek heterotrofik bakteri bolluğu ist-21'in yüzey suyunda 33×10^4 hücre/mL olarak tespit edilmişken, en düşük bolluk ist-9'nın 200 metre derinliğinde 11×10^3 hücre/mL olarak bulunmuştur. Heterotrofik bakterinin su kolonundaki dağılımı incelendiğinde bu sezonda derinliğe bağlı olarak bolluğun azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.33).

Yüzey sularında bolluk nisan ayında $5,8 \times 10^4$ hücre/mL ile 33×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermekte olup ortalama heterotrofik bakteri yoğunluğu 14×10^4 hücre/mL olarak tespit edilmiştir. Bu sezonda heterotrofik bakterinin nehir etki alanında ve Taşucu Körfezi civarında yüksek bollukta tespit edilmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 3.33. Nisan ayında heterotrofik bakteri su kolonunda dağılımı



Şekil 3.34. Nisan ayında heterotrofik bakteri bolluğunun yüzeyde dağılımı

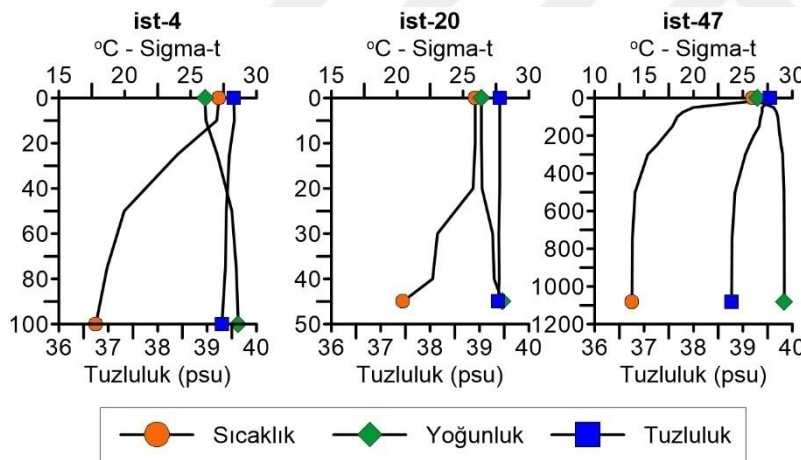
3.3.4. Temmuz 2017 sefer sonuçları

2-5.7.2018 tarihleri arasında Göksu nehrinin etkilediği kıyısız ve açık sularda yapılan saha çalışmasına ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerinin genel değişimleri aşağıda sırası ile verilmiştir.

Fiziksel Parametrelerin Değişimi

Yaz döneminde de sıcaklık ve tuzluluk bölgesel olarak farklılık göstermiştir. Bu dönemde çalışma alanında sıcaklık ve tuzluluk sırasıyla 13,75-28,11°C ve ‰38,55-39,62 arasında değiştirmiştir. Kıyısız alanda değişim çok daha az bir aralıkta olmuş ve sıcaklık 24,9 °C ile 28,1 °C arasında değiştirmiştir. Yağışların azalmasına bağlı olarak bu dönemde tuzluluk çok daha az bir aralıkta değişim göstermiştir (Çizelge 3.2).

Bu dönemde kıyısız alanlarda ve nehrin etkisinin gözlemlendiği alanlarda yüzey-20 metre arasında sıcaklık ve tuzluluk değişimi yönünden homojen bir dağılım olsa da, bu tabakanın altında termoklin tabakası oluşumu gözlemlenmeye başlamıştır.(Şekil 4.35)

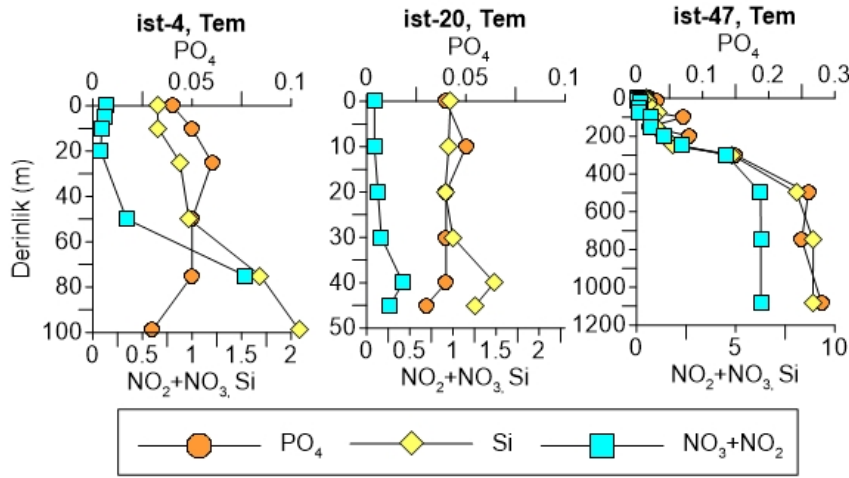


Şekil 3.35. Temmuz ayında fiziksel parametrelerin su kolonundaki değişimi

Besin Tuzlarının Değişimi

Besin tuzu miktarının değişimi Doğu Akdeniz'in tipik özelliğini yansıtır şekilde açıklarda düşük bulunmuştur. Ancak, yağışların azalmasına bağlı olarak kıyıları ile açıklar arasında besin tuzu konsantrasyonu yönünden oluşan fark azalmıştır. Bu dönemde yüzey sularındaki toplam fosfat konsantrasyonu 0,27 µM ile 0,20 µM, çözülmüş fosfat konsantrasyonu 0,02 µM ile 0,09 µM, toplam nitrit nitrat konsantrasyonu 0,05 µM ile 1,27, µM, amonyak konsantrasyonu 0,12 µM ile 0,83 µM ve silikat konsantrasyonu 0,35 µM ile 1,10 µM arasında

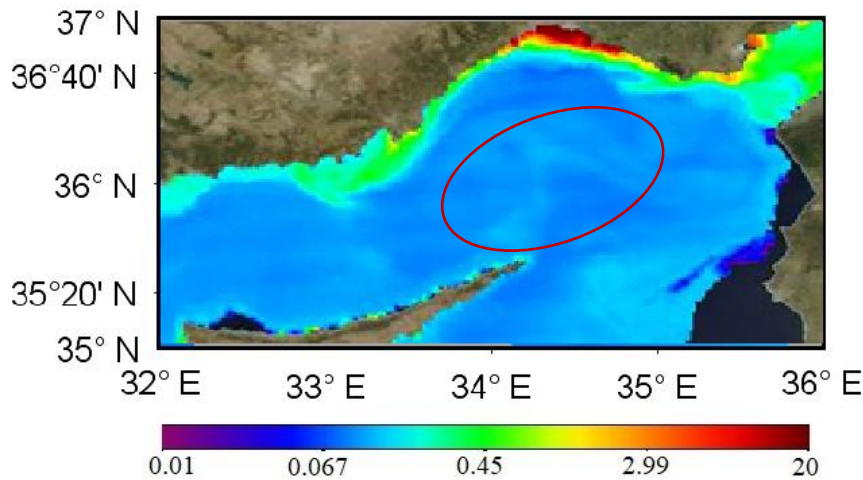
değişim göstermiştir. Birincil üretimin azalmasına bağlı olarak derinlik arttıkça besin tuzu miktarı artmış, öfotik zonun altında en yüksek değerlerine ulaşmıştır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36 Besin tuzu derişiminin (μM) derinliğe bağlı olarak değişimi

Klorofil-*a* Dağılımı

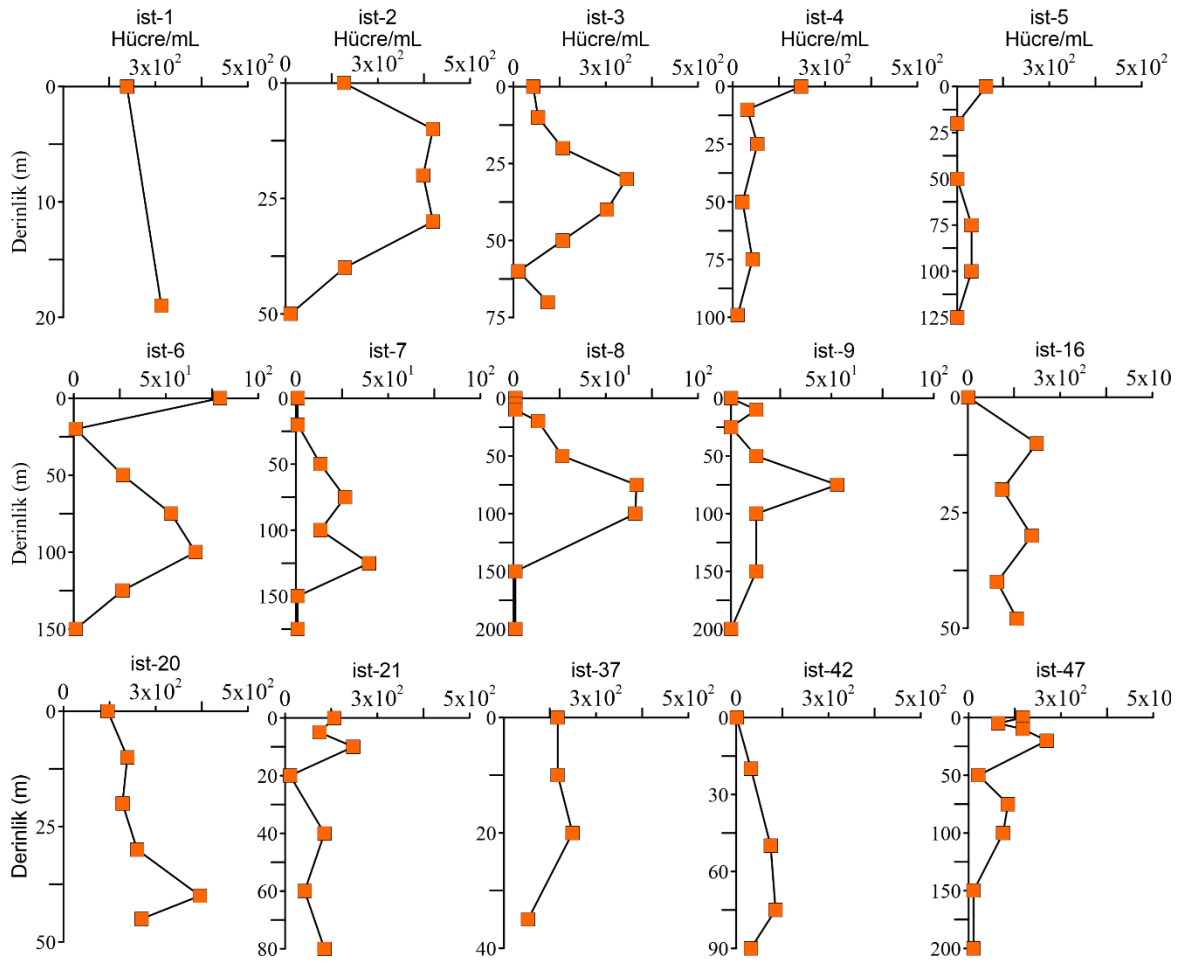
Bu dönemde toplam klorofil-*a* miktarı $0,01 \mu\text{g/L}$ ile $8,18 \mu\text{g/L}$ arasında değişmiştir (*in-situ*). Doğu-batı akıntısı boyunca kıyasal alanda klorofil miktarı fazla iken açık sularda oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. En yüksek klo-*a* miktarı Mersin körfezi kıyısında tespit edilmiş ve Göksu Nehri ve Taşucu Körfezi önlerinde akıntı boyunca yüksek ölçülmüştür (Şekil 3.37). Dip klorofil maksimum oluşumu bu dönemde 100 metre civarında gözlemlenmiştir. Sefer sırasında düzenli ölçümü alınan *in-situ* fluorometre ölçümleri Taşucu ve Yeşilovacık Körfezi civarındaki istasyonlarda klo-*a* miktarının daha fazla olduğunu göstermiştir (Uysal ve diğerleri, 2019).



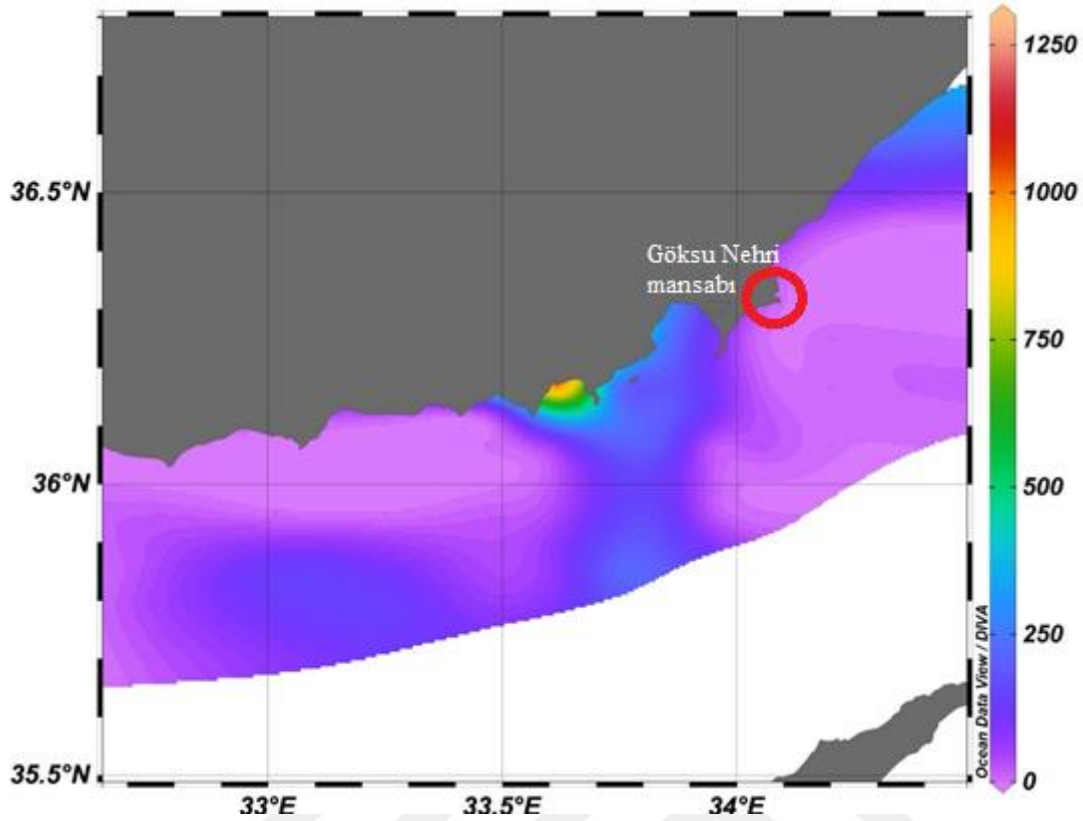
Şekil 3.37. Temmuz ayında yüzey suyundaki klorofil-*a* dağılımı

Piko-ökaryot Bolluğunun Değişimi

Temmuz ayında su kolonunda ortalama pikoplankton bolluğu 80 hücre/mL olup 1 hücre/mL ile 12×10^2 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. En yüksek bolluk ist-33'ün yüzeyinde gözlemlenirken, en düşük bolluk açık sulardaki istasyonlarda gözlemlenmiştir. Yüzey piko-ökaryot dağılımı incelendiğinde Taşucu Körfezi'nde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.38). Piko-ökaryot bolluğu genellikle derinliğe bağlı olarak azalmıştır fakat DKM derinliğinde konsantrasyonlarında tekrar artış gözlemlenmiştir (Şekil 3.38).



Şekil 3.38. Temmuz ayında piko-ökaryotların su kolonunda dağılımı

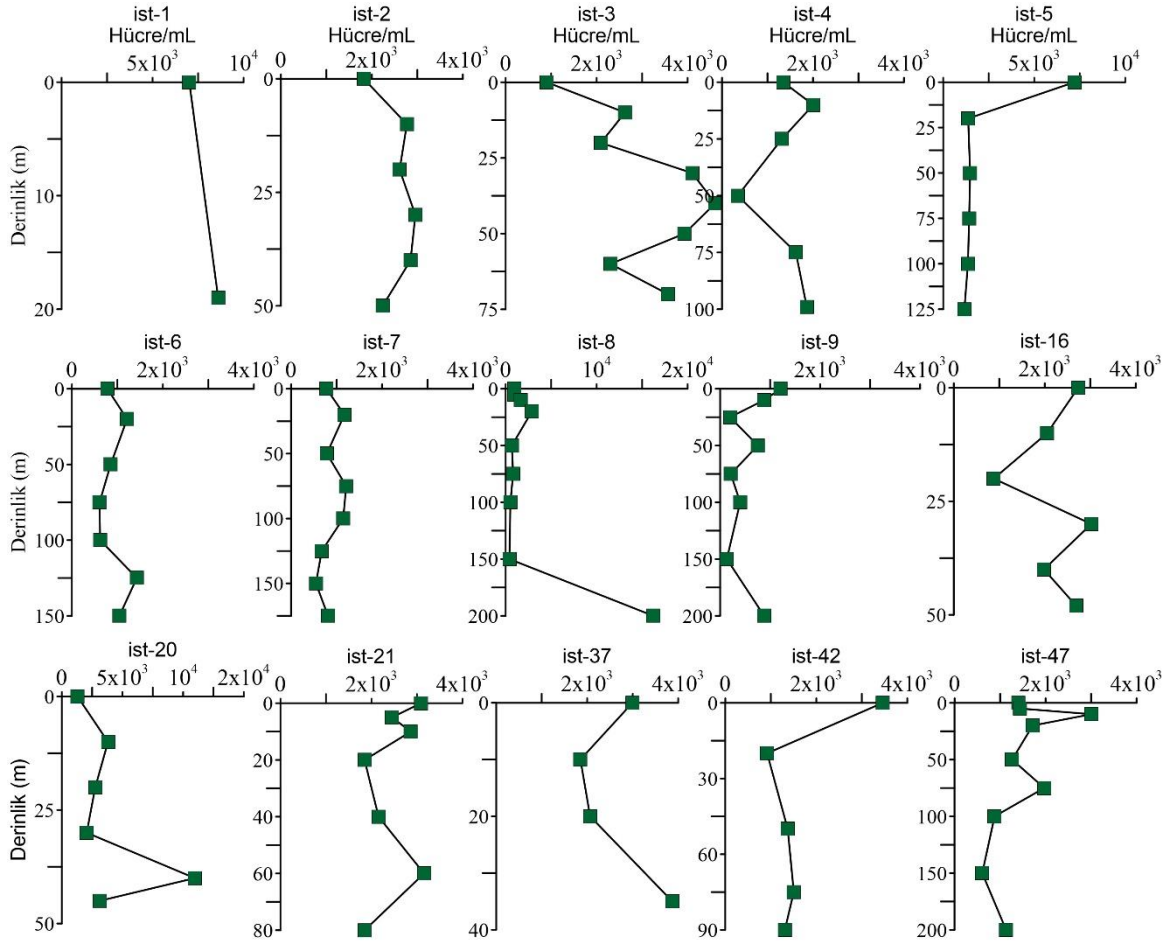


Şekil 3.39. Temmuz ayında piko-ökaryotların su yüzeyinde dağılımı

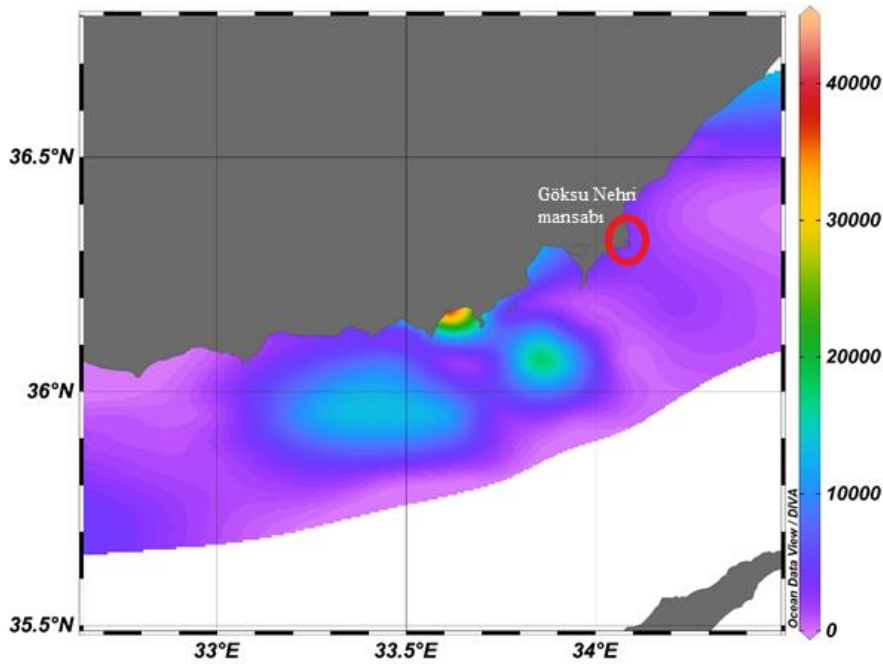
Synechococcus Bolluğunun Değişimi

Temmuz ayında su kolonundaki *Synechococcus* bolluğu 1×10^2 hücre/mL ile 44×10^3 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. En düşük ve en yüksek *Synechococcus* bolluğu sırasıyla ist-9'un 150 metre derinliğinde ve ist-33'ün yüzeyinde tespit edilmiştir. Bu dönemde *Synechococcus* bolluğunu kıyısal alanda deniz suyu girişlerinin olduğu derinlikte, açık sularda ise DKM derinliğinde artış göstermiştir (Şekil 3.40).

Yüzey sularında *Synechococcus* 7×10^2 hücre/mL ile 44×10^3 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. En düşük bolluk ist-18'de bulunurken, en yüksek bolluk ist-33'da tespit edilmiştir. Yüzey sularındaki ortalama *Synechococcus* bolluğu ise 5×10^3 hücre/mL olarak bulunmuştur. Yüzeyde *Synechococcus* en yoğun olarak Taşucu körfezi civarında ölçülmüştür (Şekil 3.41).



Şekil 3.40. Temmuz ayında *Synechococcus* su kolonunda dağılımı

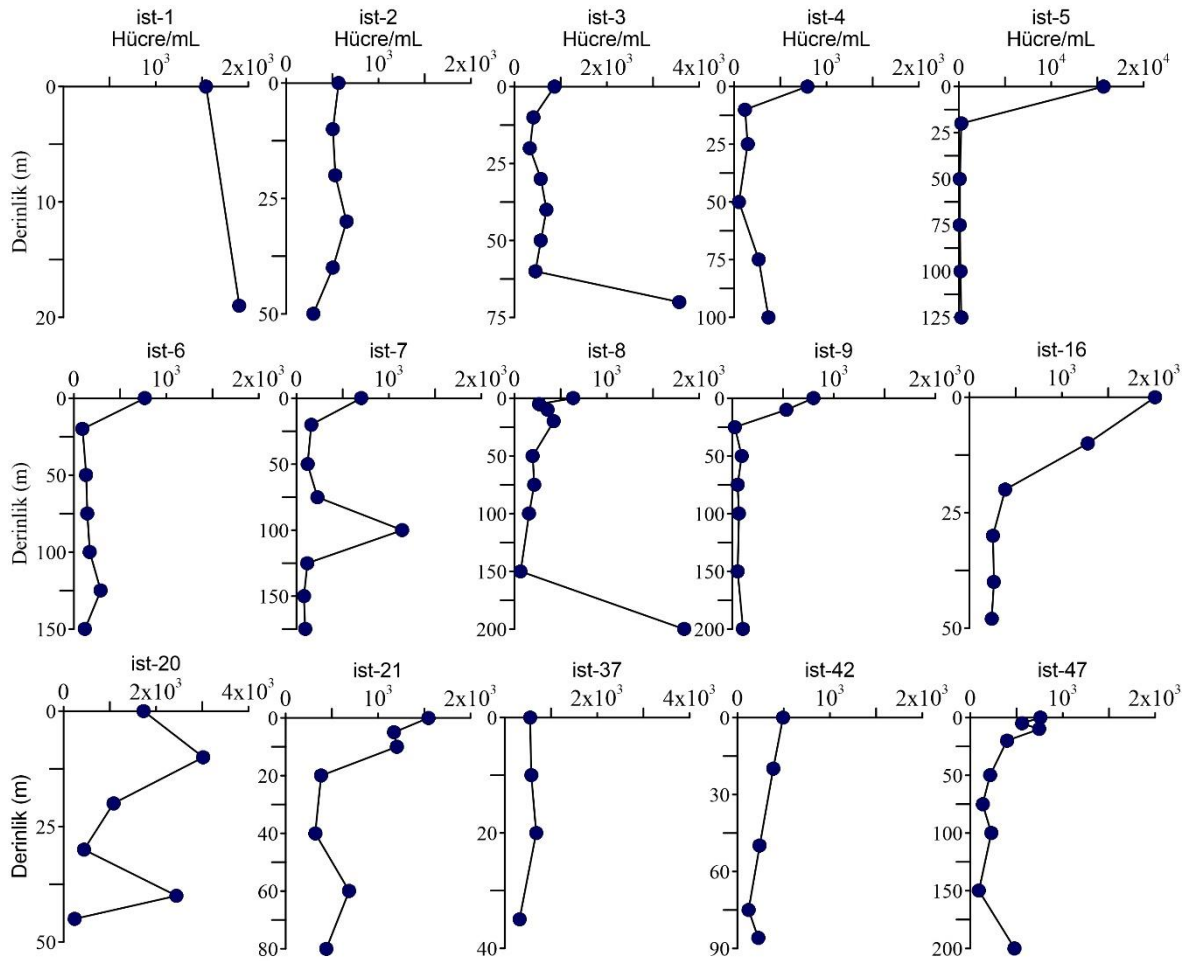


Şekil 3.41. Temmuz ayında *Synechococcus* su yüzeyinde dağılımı

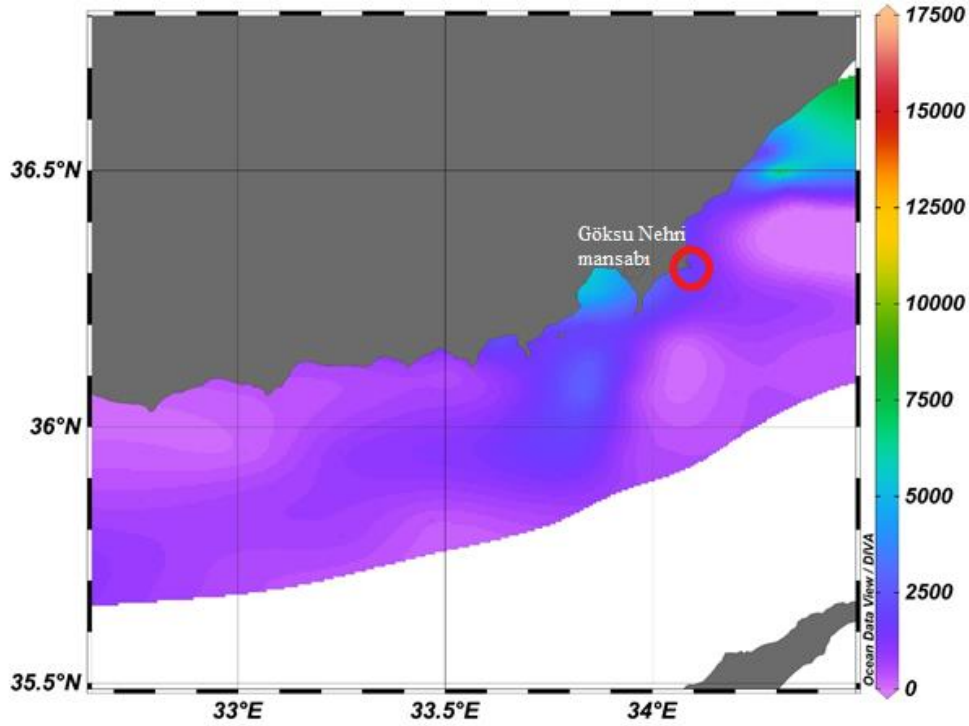
Prochlorococcus Bolluğunun Değişimi

Temmuz döneminde *Prochlorococcus* bolluğu 30 hücre/mL ile 5×10^3 hücre/mL arasında değişim göstermiş ve ortalama bolluk 8×10^2 olarak bulunmuştur. Minimum ve maksimum bolluk sırasıyla ist-9'un 25 metre derinliği ile ist-24'un yüzeyinde tespit edilmiştir. Bu dönemde *Prochlorococcus* bolluğu genellikle derinliğe bağlı olarak azalmıştır (Şekil 3.42).

Yüzey sularında bolluk emmuzda 60 hücre/mL ile 5×10^3 hücre/mL arasında değişim göstermiş ve sırasıyla ist-17 ve ist-24'de gözlemlenmiştir. Yüzeyde *Prochlorococcus* dağılımı bu dönemde belli bir alanda yoğunlaşmamıştır (Şekil 3.43).



Şekil 3.42. Temmuz ayında *Prochlorococcus* su kolonunda dağılımı

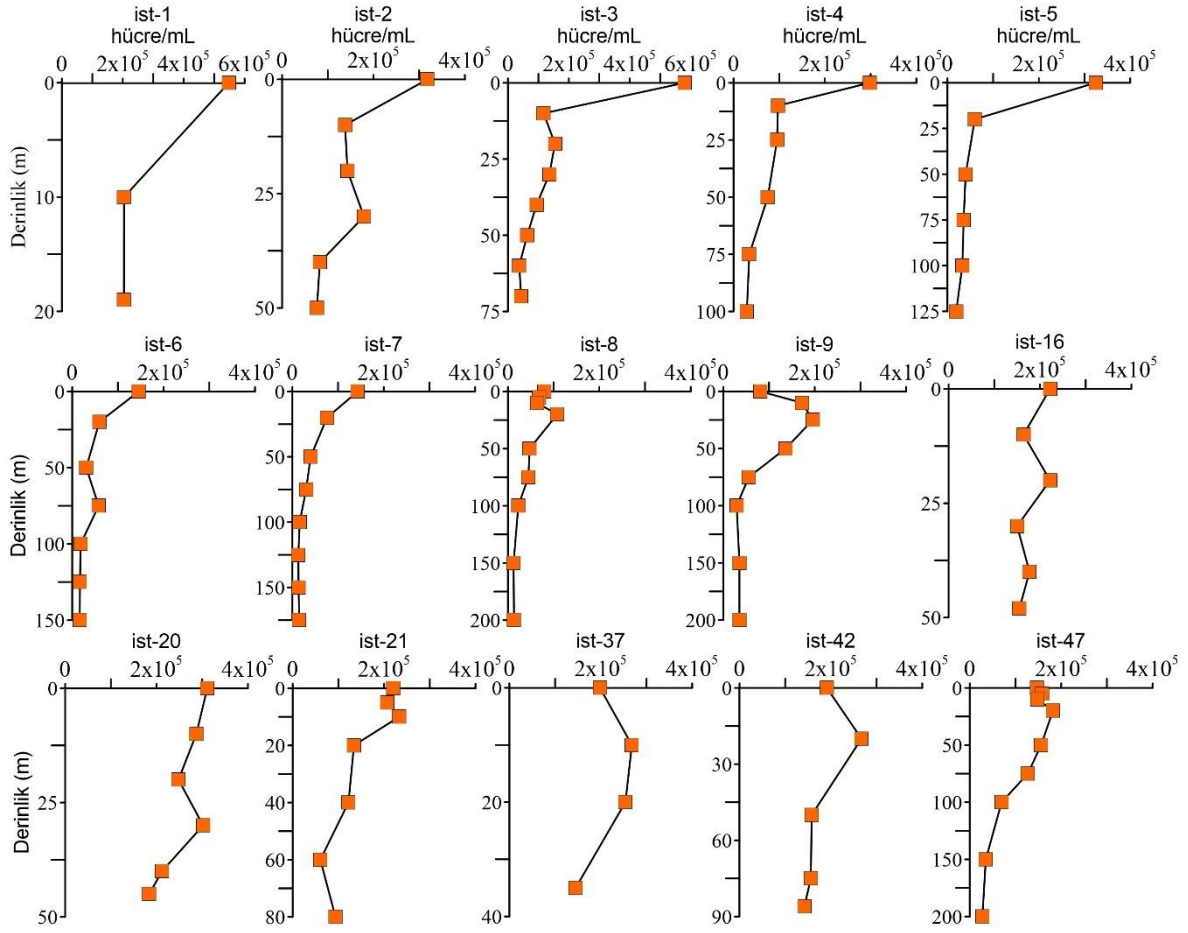


Şekil 3.43. Temmuz ayında *Prochlorococcus* su yüzeyinde dağılımı

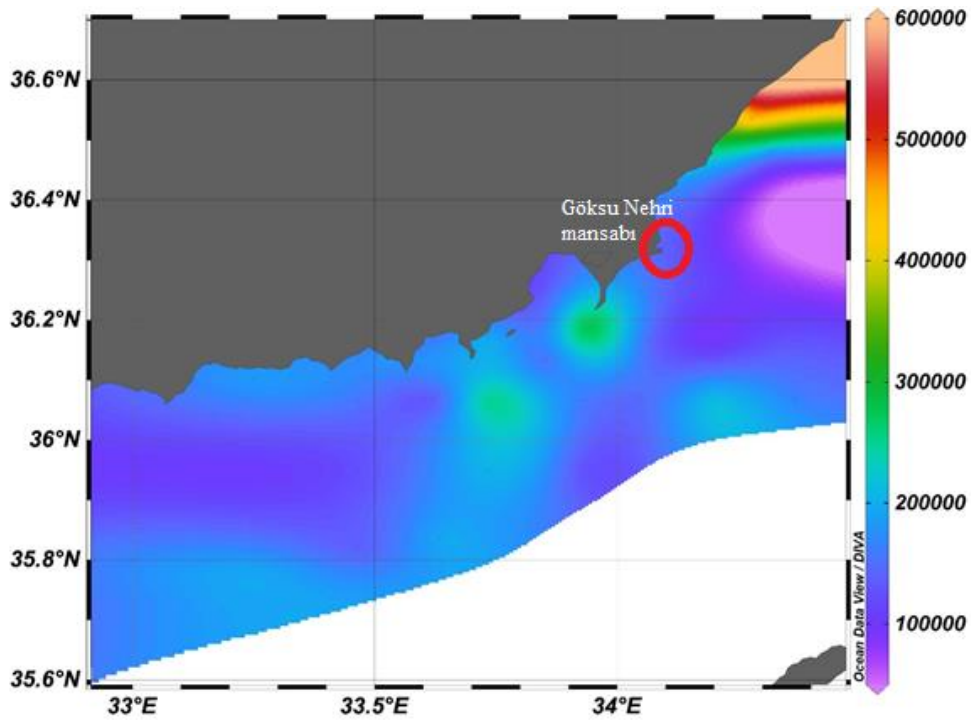
Heterotrofik Bakteri Bolluğunun Değişimi

Su kolonundaki en yüksek heterotrofik bakteri bolluğu ist-3'ün yüzey suyunda 58×10^4 hücre/mL olarak tespit edilmişken, en düşük bolluk ist-8'in 150 metre derinliğinde 1×10^4 hücre/mL olarak bulunmuştur. Heterotrofik bakterinin su kolonundaki dağılımı incelendiğinde bu sezonda derinliğe bağlı olarak bolluğun azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.44).

Yüzey sularında bolluk temmuz ayında 58×10^4 hücre/mL ile 8×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermekte olup ortalama heterotrofik bakteri yoğunluğu 18×10^4 hücre/mL olarak tespit edilmiştir. Bu sezonda heterotrofik bakterinin yüzey dağılımında belirgin bir bölgesel farklılaşma gözlemlenmemiştir (Şekil 3.45).



Şekil 3.44. Temmuz ayında heterotrofik bakteri su kolonunda dağılımı



Şekil 3.45. Temmuz ayında heterotrofik bakteri bolluğunun yüzeyde dağılımı

3.3.5. İstatistiksel analiz sonuçları

Korelasyon Analizi Sonuçları

Piko-ökaryotların bolluğunu etkileyen faktörler Spearman korelasyon analizi kullanılarak test edilmiştir. Analiz sonucunda ekim ayında piko-ökaryotlar ile sıcaklık ($n=98$, $r_s=0,338$, $p<0,01$), heterotrofik bakteri bolluğu ($n=98$, $r_s=0,473$, $p<0,01$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,324$, $p<0,01$), toplam klorofil ($n=98$, $r_s=0,439$, $p<0,01$) arasında pozitif bir ilişki olduğu ve toplam fosfor ($n=98$, $r_s= -0,023$, $p<0,05$) ile negatif bir ilişki içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.3). Şubat ayında ise piko-ökaryot bolluğu ile heterotrofik bakteri bolluğu ($n=91$, $r_s=0,387$, $p<0,01$), *Synechococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,206$, $p<0,05$) arasında pozitif bir ilişki olduğu ve derinlik ($n=98$, $r_s= -0,555$, $p<0,01$), pH ($n=98$, $r_s= -0,222$, $p<0,05$) ile negatif bir ilişki içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.4). Nisan ayında piko-ökaryotlar ile derinlik ($n=98$, $r_s=0,351$, $p<0,01$), nitrit nitrat toplam konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,245$, $p<0,05$), nitrit konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,476$, $p<0,01$), *Synechococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,271$, $p<0,01$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,227$, $p<0,01$), klorofil-*a* miktarı ($n=98$, $r_s=0,420$, $p<0,01$) arasında pozitif bir ilişki olduğu ve sıcaklık ($n=98$, $r_s= -0,341$, $p<0,01$), tuzluluk ($n=98$, $r_s=-0,235$, $p<0,05$) ile negatif bir ilişki içerisinde olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.5). Temmuz ayında ise piko-ökaryotlar ile toplam fosfor ($n=110$, $r_s=0,327$, $p<0,01$), pH ($n=110$, $r_s=0,336$, $p<0,01$), heterotrofik bakteri bolluğu ($n=110$, $r_s=0,496$, $p<0,01$), *Synechococcus* bolluğu ($n=110$, $r_s=0,351$, $p<0,01$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=110$, $r_s=0,355$, $p<0,01$), klorofil-*a* miktarı ($n=110$, $r_s=0,422$, $p<0,01$) arasında pozitif bir ilişki olduğu ve tuzluluk ($n=110$, $r_s=-0,223$, $p<0,05$) ile negatif bir ilişki içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.7).

Synechococcus'un diğer parametreler ile olan ilişkisi incelendiğinde ekim ayında derinlik ($n=98$, $r_s=0,323$, $p<0,01$), piko-ökaryot bolluğu ($n=98$, $r_s=0,263$, $p<0,01$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,745$, $p<0,01$) ile pozitif ilişkili ve toplam fosfor ($n=98$, $r_s=-0,250$, $p<0,05$) konsantrasyonu ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.3). Şubat ayında sıcaklık ($n=98$, $r_s=0,205$, $p<0,05$), toplam nitrit nitrat konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,263$, $p<0,05$), nitrit konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,241$, $p<0,05$), heterotrofik bakteri bolluğu ($n=98$, $r_s=0,257$, $p<0,05$) piko-ökaryot bolluğu ($n=98$, $r_s=0,206$, $p<0,05$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,899$, $p<0,01$) ile pozitif ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.5). Nisan ayında derinlik ($n=98$, $r_s=0,023$, $p<0,05$), nitrit konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,211$, $p<0,05$), piko-ökaryot bolluğu ($n=98$, $r_s=0,271$, $p<0,01$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,754$, $p<0,01$), klorofil-*a* miktarı ($n=98$, $r_s=0,305$, $p<0,05$) ile pozitif ilişkili olduğu ve tuzluluk

($n=98$, $r_s=-0,210$, $p<0,05$) ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.5). Son olarak, Temmuz ayında sıcaklık ($n=110$, $r_s=0,287$, $p<0,01$), toplam fosfor konsantrasyonu ($n=110$, $r_s=0,203$, $p<0,05$), pH ($n=110$, $r_s=0,360$, $p<0,01$), heterotrofik bakteri bolluğu ($n=110$, $r_s=0,417$, $p<0,01$), piko-ökaryot bolluğu ($n=110$, $r_s=0,351$, $p<0,01$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=110$, $r_s=0,738$, $p<0,01$) ile pozitif ilişkili, derinlik ($n=110$, $r_s=-0,332$, $p<0,01$) ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.7).

Prochlorococcus'un diğer parametreler ile olan ilişkisi incelendiğinde ekim ayında heterotrofik bakteri bolluğu ($n=98$, $r_s=0,389$, $p<0,01$), piko-ökaryot bolluğu ($n=98$, $r_s=0,324$, $p<0,01$), *Synechococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,745$, $p<0,01$) ile pozitif ilişkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.4). Şubat ayında sıcaklık ($n=98$, $r_s=0,236$, $p<0,05$), tuzluluk ($n=98$, $r_s=0,248$, $p<0,05$), çözülmüş fosfat konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,248$, $p<0,05$), toplam nitrit nitrat konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,208$, $p<0,05$), nitrit konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,250$, $p<0,05$), heterotrofik bakteri bolluğu ($n=98$, $r_s=0,237$, $p<0,05$), *Synechococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,899$, $p<0,01$) ile pozitif ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.4). Nisan ayında derinlik ($n=98$, $r_s=0,023$, $p<0,05$), toplam fosfor konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,275$, $p<0,01$), çözülmüş fosfor konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,321$, $p<0,01$), heterotrofik bakteri bolluğu ($n=98$, $r_s=0,437$, $p<0,01$), piko-ökaryot bolluğu ($n=98$, $r_s=0,227$, $p<0,01$), *Synechococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,754$, $p<0,01$), klorofil-*a* miktarı ($n=98$, $r_s=0,343$, $p<0,01$) ile pozitif ilişkili olduğu ve tuzluluk ($n=98$, $r_s=-0,414$, $p<0,01$) ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.5). Temmuz ayında sıcaklık ($n=110$, $r_s=0,540$, $p<0,01$), tuzluluk ($n=110$, $r_s=0,310$, $p<0,01$), toplam fosfor konsantrasyonu ($n=110$, $r_s=0,241$, $p<0,05$), pH ($n=110$, $r_s=0,386$, $p<0,01$), heterotrofik bakteri bolluğu ($n=110$, $r_s=0,542$, $p<0,01$), piko-ökaryot bolluğu ($n=110$, $r_s=0,355$, $p<0,01$), *Synechococcus* bolluğu ($n=110$, $r_s=0,738$, $p<0,01$) ile pozitif ilişkili, derinlik ($n=110$, $r_s=-0,604$, $p<0,01$), nitrit konsantrasyonu ($n=110$, $r_s=-0,221$, $p<0,01$), silikat konsantrasyonu ($n=110$, $r_s=-0,257$, $p<0,01$) ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.6).

Heterotrofik bakteri bolluğu ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler arasındaki ilişki korelasyon analizi ile incelenmiştir. Ekim ayında heterotrofik bakteri bolluğu ile sıcaklık ($n=98$, $r_s=0,560$, $p<0,01$), tuzluluk ($n=98$, $r_s=0,341$, $p<0,01$), pH ($n=98$, $r_s=0,283$, $p>0,01$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,389$, $p<0,01$) ile pozitif ilişkili ve derinlik ($n=98$, $r_s=-0,435$, $p<0,01$) negatif ilişkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.3). Şubat ayında heterotrofik bakteri ile sıcaklık ($n=98$, $r_s=0,277$, $p<0,01$), tuzluluk ($n=98$, $r_s=0,224$, $p<0,01$), toplam fosfat konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,208$, $p<0,01$), çözülmüş fosfat konsantrasyonu ($n=98$,

$r_s=0,239$, $p<0,05$), toplam nitrit nitrat konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,228$, $p<0,05$), nitrit konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,347$, $p<0,01$), amonyak konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,305$, $p<0,01$), piko-ökaryot bolluğu ($n=98$, $r_s=0,387$, $p<0,01$), *Synechococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,257$, $p<0,05$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,237$, $p<0,05$), klorofil-*a* miktarı ($n=98$, $r_s=0,448$, $p<0,01$) ile pozitif ilişkili olduğu ve derinlik ($n=98$, $r_s=-0,416$, $p<0,01$) ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.4). Nisan ayında heterotrofik bakteri ile sıcaklık ($n=98$, $r_s=0,630$, $p<0,01$), toplam fosfat konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,404$, $p<0,01$), çözülmüş fosfat konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,420$, $p<0,01$), amonyak konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,203$, $p<0,05$), pH ($n=98$, $r_s=0,350$, $p<0,01$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=98$, $r_s=0,437$, $p<0,01$), klorofil-*a* miktarı ($n=98$, $r_s=0,304$, $p<0,05$) ile pozitif ilişkili olduğu ve derinlik ($n=98$, $r_s=-0,675$, $p<0,01$), tuzluluk ($n=98$, $r_s=-0,457$, $p<0,01$), silikat konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=-0,432$, $p<0,01$), ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.5). Temmuz ayında ise heterotrofik bakteri ile sıcaklık ($n=98$, $r_s=0,444$, $p<0,01$), toplam fosfat konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,196$, $p<0,05$), çözülmüş fosfat konsantrasyonu ($n=98$, $r_s=0,239$, $p<0,05$), piko-ökaryot bolluğu ($n=110$, $r_s=0,496$, $p<0,01$), *Synechococcus* bolluğu ($n=110$, $r_s=0,417$, $p<0,01$), *Prochlorococcus* bolluğu ($n=110$, $r_s=0,542$, $p<0,05$) ile pozitif ilişkili olduğu ve derinlik ($n=110$, $r_s=-0,431$, $p<0,01$) toplam nitrit nitrat konsantrasyonu ($n=110$, $r_s=0,228$, $p<0,05$), nitrit konsantrasyonu ($n=110$, $r_s=-0,226$, $p<0,05$), silikat ($n=110$, $r_s=-0,235$, $p<0,05$) ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.6).

Temel Bileşenler Analizi Sonuçları

Bu çalışmada mevsimsel ve bölgesel değişimleri en iyi şekilde açıklayan parametrelerin tespit edilmesinde faktör analizi/temel bileşenler analizi kullanılmıştır.

Mevsimsel Değişimler:

Standartlaştırılmış veri setine temel bileşenler analizinin uygulanabilirliğini denetlemek için KMO ve Barlett testi uygulanmıştır. KMO testi sonucu 0,659 bulunurken Barlett testi 0,00 bulunmuştur ve bu durum veri setinin temel bileşenler analizi varsayımları sağladığını ve uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

PCA sonucunda toplam varyansın %73'ünü açıklayan ve özdeğeri 1'den büyük olan 5 farklı varyans faktörü bulunmuştur (Çizelge 3.7). İlk varyans faktörü (VF) toplam varyansın %28'ini açıklamış ve negatif yüksek sıcaklık, pozitif yüksek NO_2+NO_3 , Si, derinlik yüklerini ve pozitif orta NO_2 ile negatif orta heterotrofik bakteri yüklerini içermektedir.

İkinci varyans faktörü toplam varyansın %15'ini açıklamış ve negatif orta tuzluluk, pozitif orta klo-*a* yüklerini içermiştir. Üçüncü varyans faktörü toplam varyansın %12'sini açıklamakta ve pozitif yüksek *Prochlorococcus* ve *Synechococcus* yükleri içermektedir. Dördüncü varyans faktörü toplam varyansın %10'unu açıklamış ve pozitif orta pH yükü ile pozitif orta pico-ökaryot ile TP yükü içermiştir. Beşinci varyans faktörü toplam varyansın %7'sini açıklamış yüksek pozitif PO₄ yükü içermiştir.

Bölgesel Değişimler:

Standartlaştırılmış veri setine temel bileşenler analizinin uygulanabilirliğini denetlemek için KMO ve Barlett testi uygulanmıştır. KMO testi sonucu 0,575 bulunurken Barlett testi 0,00 bulunmuştur ve bu durum veri setinin temel bileşenler analizi varsayımları sağladığını ve uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

PCA sonucunda mekânsal değişimlerdeki toplam varyansın %82'sini açıklayan 5 varyans faktörü bulunmuştur (Çizelge 3.8). VF1 toplam varyansın %31'ini açıklamış ve yüksek negatif tuzluluk yükü ile yüksek pozitif NO₃+NO₂, PO₄, Si, derinlik yükleri içermektedir. VF2 toplam varyansın %16'sını açıklamakta ve pozitif yüksek *Prochlorococcus* ve *Synechococcus* yükleri içermektedir. VF3 toplam varyansın %15'ini açıklamış ve pozitif yüksek piko-ökaryot ve pozitif orta heteretrofik bakteri yükü içermektedir. VF4 toplam varyansın %12'sini açıklamış ve pozitif yüksek Chl-*a* ile pozitif orta NO₂ yükü içermektedir. VF5 toplam varyansın %9'unu açıklamış ve negatif yüksek NH₄ yükü içermektedir.

Çizelge 3.3. Ekim ayı Spearman's Korelasyon analizi sonuçları

	Derinlik	Sıcaklık	Tuzluluk	TP	PO4	NO ₃ +NO ₂	NO ₂	Si	NH ₄	pH	Hetbak	Pico	Syn	Pro	Klo-a
Derinlik	1,00														
Sıcaklık	-,550**	1,00													
Tuzluluk	-,700**	,352**	1,00												
TP	-0,07	-0,03	0,10	1,00											
PO₄	,224*	-0,18	-,296**	0,03	1,00										
NO₃+NO₂	,306**	-0,13	-,357**	,307**	0,19	1,00									
NO₂	,371**	-,339**	-,310**	,203*	,253*	,575**	1,00								
Si	0,05	0,10	-,283**	,248*	0,01	,506**	0,11	1,00							
NH₄	-,266**	0,18	0,13	0,14	-0,02	-0,01	0,00	0,07	1,00						
pH	-0,17	,435**	0,14	-0,04	0,13	-,247*	-0,14	-0,16	-0,02	1,00					
Hetbak	-,435**	,560**	,341**	0,02	-0,12	-0,07	-0,17	0,17	0,18	,283**	1,00				
Pico	0,01	,338**	-0,09	-,229*	-0,06	-0,07	-0,13	0,14	0,14	0,17	,473**	1,00			
Syn	,323**	-0,19	-0,05	-,250*	-0,12	-0,18	-0,02	-0,13	-0,02	-0,08	0,11	,263**	1,00		
Pro	-0,09	0,18	0,17	-0,17	-0,12	-0,15	-0,14	0,02	0,12	0,10	,389**	,324**	,745**	1,00	
Klo-a	0,08	0,22	-0,25	-0,30	-0,11	-0,01	-0,14	0,02	0,29	,301*	0,10	,439**	0,27	0,29	1,00

* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır.

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Çizelge 3.4. Şubat ayı Spearman's Korelasyon analizi sonuçları

	Derinlik	Sıcaklık	Tuzluluk	TP	PO4	NO ₃ +NO ₂	NO ₂	Si	NH ₄	pH	Hetbak	Pico	Syn	Pro	Klo-a
Derinlik	1,000														
Sıcaklık	0,099	1,000													
Tuzluluk	0,150	,900**	1,000												
TP	0,038	,274**	,273**	1,000											
PO₄	-0,030	0,163	0,197	,420**	1,000										
NO₃+NO₂	0,000	,246*	0,194	,414**	,604**	1,000									
NO₂	0,037	,574**	,579**	,442**	,389**	,684**	1,000								
Si	0,028	0,085	0,045	,350**	,598**	,553**	,365**	1,000							
NH₄	-0,073	,288**	,234*	,385**	,301**	,283**	,336**	,219*	1,000						
pH	0,063	,224*	,317**	0,026	0,071	0,050	0,147	0,112	0,091	1,000					
Hetbak	-,416**	,277**	,224*	,208*	,239*	,228*	,347**	0,138	,305**	0,077	1,000				
Pico	-,555**	-0,077	-0,076	-0,057	0,118	0,063	0,103	0,080	0,007	-,222*	,387**	1,000			
Syn	-0,021	,205*	0,167	0,145	,298**	,236*	,241*	0,194	0,194	-0,149	,257*	,206*	1,000		
Pro	-0,037	,236*	,248*	0,152	,248*	,208*	,250*	0,169	0,137	-0,104	,237*	0,117	,899**	1,000	
Klo-a	-0,214	0,087	,377*	-0,122	0,164	0,082	,379*	-0,001	-0,008	0,232	,448**	0,296	-0,001	0,187	1,000

* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır .

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Çizelge 3.5. Nisan ayı Spearman's Korelasyon analizi sonuçları

	Derinlik	Sıcaklık	Tuzluluk	TP	PO4	NO ₃ +NO ₂	NO ₂	Si	NH ₄	pH	Hetbak	Pico	Syn	Pro	Klo-a
Derinlik	1,000														
Sıcaklık	-0,876**	1,000													
Tuzluluk	-0,041	0,022	1,000												
TP	-0,037	0,042	-0,438**	1,000											
PO₄	-0,107	0,046	-0,472**	,319**	1,000										
NO₃+NO₂	0,168	-0,256*	-0,344**	,202*	0,112	1,000									
NO₂	0,170	-0,144	-0,244*	0,121	0,077	,261**	1,000								
Si	,358**	-0,290**	0,105	-0,094	-0,113	0,195	0,082	1,000							
NH₄	-0,080	0,023	-0,054	,199*	,225*	0,068	-0,054	-0,114	1,000						
pH	-0,329**	,301**	-0,064	0,035	-0,091	-0,034	-0,146	-0,462**	0,179	1,000					
Hetbak	-0,675**	,630**	-0,457**	,404**	,420**	-0,101	-0,007	-0,432**	,203*	,350**	1,000				
Pico	,351**	-0,341**	-0,235*	0,164	0,155	,245*	,476**	0,035	0,029	-0,053	-0,047	1,000			
Syn	,230*	-0,189	-0,210*	0,168	0,145	0,048	,211*	-0,011	0,114	-0,058	0,097	,271**	1,000		
Pro	-0,073	0,070	-0,414**	,275**	,321**	0,092	0,142	-0,083	0,136	0,038	,437**	,227*	,754**	1,000	
Klo-a	-0,036	-0,093	-0,237	0,237	,327**	-0,005	,339**	-0,187	,424**	0,001	,304*	,420**	,305*	,343**	1,000

* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır .

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Çizelge 3.6. Temmuz ayı Spearman's Korelasyon analizi sonuçları

	Derinlik	Sıcaklık	Tuzluluk	TP	PO4	NO ₃ +NO ₂	NO ₂	Si	NH ₄	pH	Hetbak	Pico	Syn	Pro	Klo-a
Derinlik	1,000														
Sıcaklık	-0,790**	1,000													
Tuzluluk	-0,715**	,670**	1,000												
TP	0,050	-0,057	-0,297**	1,000											
PO₄	0,118	-0,009	-0,127	0,181	1,000										
NO₃+NO₂	,344**	-0,208*	-0,317**	0,162	0,050	1,000									
NO₂	,302**	-0,204*	-0,290**	0,062	-0,081	,647**	1,000								
Si	,711**	-0,580**	-0,705**	,311**	,201*	,375**	0,152	1,000							
NH₄	-0,397**	,419**	,497**	-0,025	-0,038	-0,159	-0,176	-0,323**	1,000						
pH	-0,245*	0,157	,220*	,354**	-0,013	0,005	-0,075	-0,118	0,062	1,000					
Hetbak	-0,431**	,444**	0,115	,196*	0,113	-0,228*	-0,226*	-0,235*	0,150	,397**	1,000				
Pico	-0,018	-0,027	-0,223*	,327**	0,119	-0,114	-0,122	0,121	-0,096	,336**	,496**	1,000			
Syn	-0,332**	,287**	0,180	,203*	0,177	-0,040	-0,176	-0,116	0,082	,360**	,417**	,351**	1,000		
Pro	-0,604**	,540**	,310**	,241*	0,124	-0,156	-0,221*	-0,257**	0,122	,386**	,542**	,355**	,738**	1,000	
Klo-a	0,172	-0,053	-0,387**	,607**	0,043	0,223	0,130	,348**	0,130	-0,074	0,163	,422**	0,115	-0,059	1,000

* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlıdır .

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlıdır.

Çizelge 3.7. PCA sonucunda elde edilen varyans faktörleri (VF) ve onlara ait faktör yükleri

Parametre	VF1	VF2	VF3	VF4	VF5
Sıcaklık	-0,83	-0,08	0,36	0,14	0,002
Tuzluluk	-0,41	<u>-0,69</u>	0,15	0,25	-0,19
TP	0,19	0,60	0,03	<u>0,52</u>	-0,06
PO ₄	0,12	-0,09	0,15	0,15	0,84
NO ₃ +NO ₂	0,88	0,03	0,12	-0,16	0,21
NO ₂	<u>0,64</u>	0,03	0,05	-0,11	0,02
Si	0,87	0,18	-0,05	0,09	0,03
NH ₄	-0,14	-0,23	0,41	0,34	-0,49
pH	-0,29	-0,13	0,06	0,75	0,02
Heterotrofik Bakteri	<u>-0,58</u>	<u>0,52</u>	0,36	0,22	0,23
Pico-ökaryotlar	-0,26	0,39	0,04	<u>0,59</u>	0,17
<i>Synechococcus</i>	0,03	-0,10	0,82	0,19	0,10
<i>Prochlorococcus</i>	-0,19	0,29	0,77	-0,17	-0,01
Klo- <i>a</i>	0,03	0,89	0,09	0,03	-0,11
Derinlik	0,90	0,004	-0,17	-0,24	0,10
Özdeğer	4,19	2,26	1,81	1,62	1,15
Varyans (%)	27,92	15,06	12,06	10,81	7,64
Kümülatif varyans (%)	27,92	42,98	55,04	65,86	73,50

NOT: Yüksek yük içeren parametreler kalın, orta yük gösteren parametreler altı çizili italik gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. PCA sonucunda elde edilen varyans faktörleri (VF) ve onlara ait faktör yükleri

Parametre	VF1	VF2	VF3	VF4	VF5
Sıcaklık	-0,73	0,06	0,34	-0,48	0,12
Tuzluluk	-0,89	-0,15	0,02	-0,21	0,22
TP	0,33	0,47	-0,60	-0,18	0,19
PO ₄	0,78	-0,07	-0,10	-0,17	0,32
NO ₃ +NO ₂	0,86	-0,05	-0,28	-0,16	0,22
NO ₂	0,18	-0,12	0,03	<u>0,71</u>	0,40
Si	0,85	-0,09	-0,27	0,05	0,20
NH ₄	-0,14	0,07	0,02	-0,04	-0,87
pH	-0,34	-0,35	0,57	0,08	-0,23
Heteretrofik Bakteri	-0,31	0,08	<u>0,74</u>	-0,42	0,01
Pico-ökaryotlar	-0,14	0,17	0,83	0,07	0,10
<i>Synechococcus</i>	-0,08	0,98	-0,004	-0,05	-0,07
<i>Prochlorococcus</i>	-0,05	0,96	0,06	-0,02	-0,08
Klo- <i>a</i>	-0,11	-0,001	0,01	0,88	-0,14
Derinlik	0,88	0,009	-0,23	0,06	0,08
Özdeğer	4,59	2,32	2,26	1,83	1,30
Varyans (%)	30,59	15,49	15,04	12,22	8,65
Kümülatif varyans (%)	30,59	46,08	61,12	73,34	81,99

NOT: Yüksek yük içeren parametreler kalın, orta yük gösteren parametreler altı çizili italik gösterilmiştir.

3.4. Tartışma

3.4.1. Fiziksel parametrelerin mevsimsel ve bölgesel değişimleri

Kuzeydoğu Akdeniz’de hakim olan üç temel su kütlesi bulunmaktadır. Buharlaşmaya bağlı olarak daha tuzlu (%39,1-39,3) ve daha sıcak yüzey sularının altında (yaklaşık 100 metrede) daha düşük sıcaklık (15°C) ve düşük tuzlulukta olan Atlantik suları (%36,5-38,5) yer almaktadır. Daha derinde ise (200-600 m arası) göreceli olarak tuzlu (%38,5’den fazla) ve sıcak Levant ara suyu bulunmaktadır (Oğuz ve Tuğrul, 1998). Derin suları temsil eden ist-47 incelendiğinde, Akdeniz’in tipik özelliklerini yansıtabilecek şekilde yüzeyde tuzluluğun daha düşük, derin sularda ise daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Nehirlerden basene ulaşan tatlı su girdilerinin etkisi ile kıyısal alanda daha düşük seviyede bir tuzluluk gözlemlenmektedir (Uysal ve diğerleri, 2019). Kıyısal alanda (ist-4), yağış miktarının fazla olduğu nisan ve şubat aylarında yüzey su akışının artmasına paralel olarak 0-10 metre arasında tuzlulukta azalma gözlemlenmiştir. Aynı dönemlerde bu etki nehir etki alanı içerisindeki istasyonda (ist-20) 20 metre derinliğe kadar gözlemlenebilmektedir. Bunlarla beraber tuzluluk mevsimsel olarak tüm istasyonlar tiplerinde de önemli ölçüde bir değişiklik göstermemiştir (Şekil 3.46).

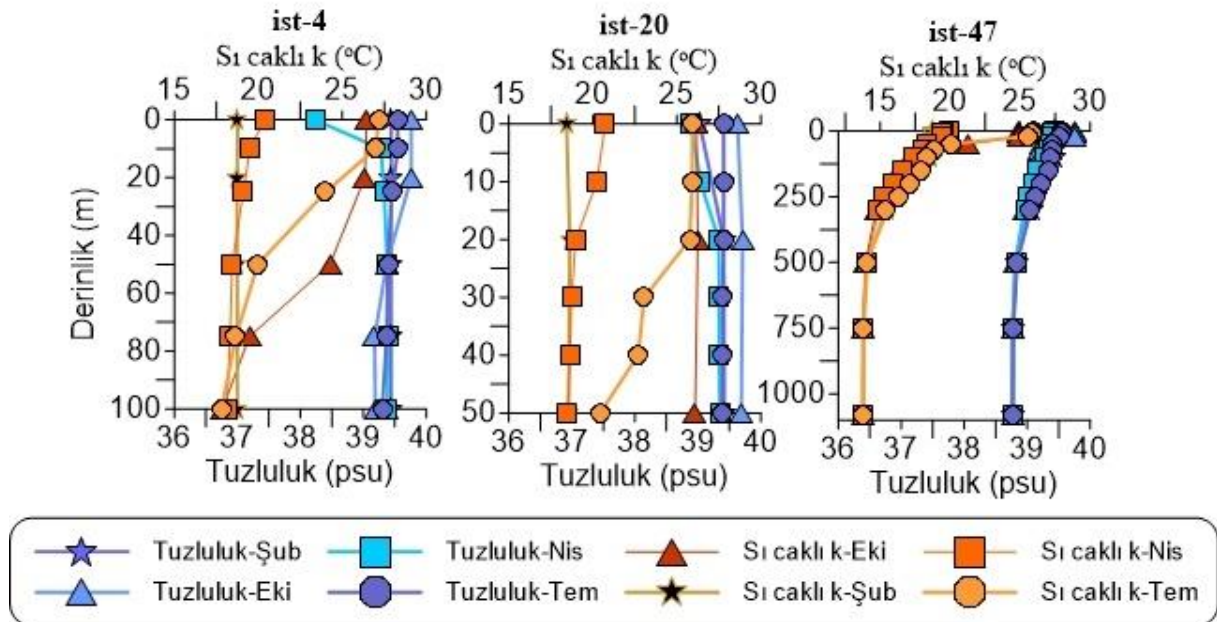
Tuzluluğun aksine sıcaklık hem su kolonunda hem de mevsimsel olarak değişiklik göstermiştir. Bu bölgede yüzey sularının nisan ayında ısınmaya başladığı ve yüzey suyu ısınmasının ekim ayına kadar daha derinlere inerek devam ettiği bilinmektedir (Yılmaz ve Tuğrul, 1998; Dekosim, 2019). Şubat ayında 17°C olan yüzey suyu sıcaklığı temmuz ayına geldiğinde 1.6 kat artarak 28°C’ye kadar ulaşmıştır (Şekil 3.46).

Kış döneminde yüzey sularının soğuması sonucu derinliği 200 metreye ulaşan dikey konvektif karışım olaylarının etkisi şubat ayında gözlemlenmiştir (Oğuz ve Tuğrul, 1998). Su kolonunda sıcaklık ve tuzluluk yönünde homojen bir hal almıştır (Şekil 3.46).

Nisan ayında kıyıda ve nehir etki alanında (ist-4, ist-16) havaların tekrar ısınmaya başlaması ile yüzey suyu sıcaklığı 20°C civarına yükselmiş ve kısmen de olsa yüzeysel termoklin gözlemlenmiştir. Temmuz ayında aynı bölgede yüzey suyu sıcaklığı 25°C’ye ulaşmış ve 20 metre derinlikte tabakalaşma oluşmuştur. Ekim ayında su kolonunda derinliği 50 metreye ulaşan tabakalaşma gözlemlenmiştir (Şekil 3.46). Derin sularda ise (ist-47) Akdeniz’deki tipik kalıcı haloklin ve termoklin tabakasını göstermektedir.

Yaz tabakalaşması, fotik zon içinde besin miktarında ve N:P oranında keskin bir azalmaya neden olur ve mevsimsel termoklin altında ve üstünde farklı çevresel koşullar oluşmasına neden olur (Mena ve diğerleri, 2019). Bu durum termoklin altındaki pikoplankton kompozisyonunu şekillendirmektedir (Latasa ve diğerleri, 2017).

Yaz tabakalaşması ve bahar fitoplankton patlamasının etkisi ile kış karışımı sırasında ortadan kaybolan derin klorofil maksimum (DKM) tekrar gözlemlenmeye başlar (Latasa ve diğerleri, 2017). DKM oluşumu kısaca özetlemek gerekirse kış karışım olaylarının ardından artan besin tuzu miktarı ile fitoplankton yüzeyde birikir ve bahar patlamasına neden olur. Ancak, yüzeyde fazla olan besin tuzu fitoplankton tarafından oldukça hızlı bir şekilde tüketilir (günler ya da haftalar içinde). Yüzeydeki besin tuzu miktarı azaldıkça fitoplankton öfotik zon içinde kalan ve daha fazla besin tuzu içeren derin sularda baskın olarak bulunmaya başlar. Bu durum öfotik zonun tabanında maksimuma ulaşan fitoplankton kütlesiyle DKM'ü oluşturur. Tabakalaşmanın etkisi devam ettikçe, fitoplankton daha derinlerde baskın olmaya başlar ve daha derin bir DKM oluşturur (Latasa ve diğerleri, 2017). Akdeniz'in karakteristik özelliklerinden olan DKM oluşumu genellikle yüzey ışığının %1'inin ulaştığı derinlikte gözlemlenir (Ediger ve Yılmaz, 1996). Bu çalışmada, ekim ve temmuz aylarında yaklaşık 100 metre derinlikte DKM oluşumu gözlemlenmiştir (Uysal ve diğerleri, 2019).



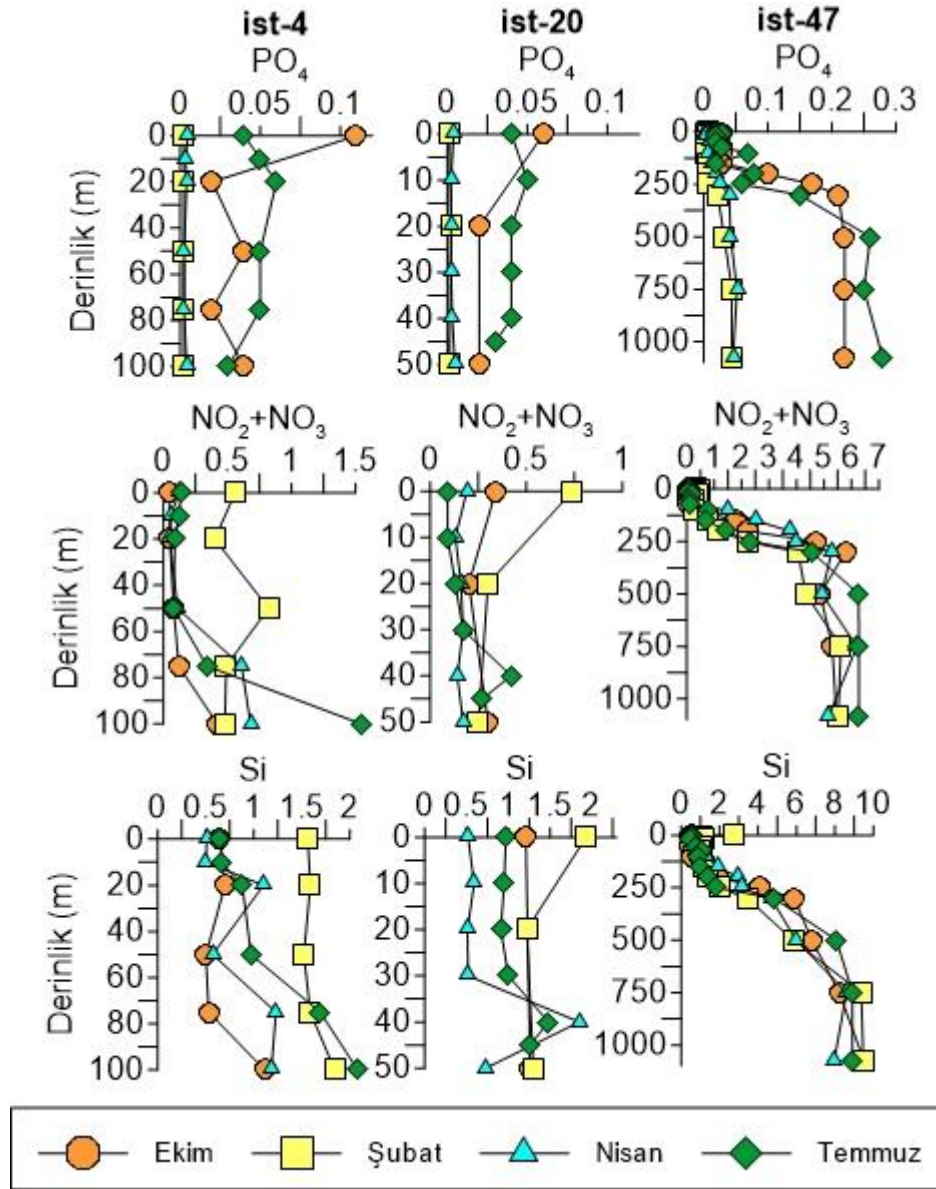
Şekil 3.46. Sıcaklık ve tuzluluğun mevsimsel olarak 3 farklı istasyonda değişimi

3.4.2. Kimyasal parametrelerin mevsimsel ve bölgesel değişimleri

Kuzeydoğu Akdeniz düşük klo-*a* ve besin tuzu miktarı nedeniyle dünyanın en verimsiz denizi olarak bilinmektedir (Yılmaz ve Tuğrul, 1998) ve fosfat kısıtlı ya da azot ve fosfat bir arada kısıtlı üretim gözlemlenmektedir (Estrada, 1996; Krom ve diğerleri, 2005; Yücel, 2013). Bundan dolayı, atmosferik girdiler ve kış karışımı olayları özellikle açık sulardaki birincil üretimin artmasında oldukça etkilidir (Koçak ve diğerleri, 2010; Oğuz ve Tuğrul, 1998). Kıyısal alanlarda ise insan kaynaklı aktivitelerden ve bölgedeki nehir kaynaklarından (Göksu, Lamas, Seyhan, Ceyhan, Tarsus ve Asi Nehirleri) yüksek oranda besin maddesi girdisi olmaktadır (Tüfekçi ve diğerleri, 2013; Tuğrul ve diğerleri, 2016; Kılıç, Akpınar ve Yücel, 2018). Bu nehir kaynaklarından bölgede yılda giren besin tuzu miktarı 1.990 ton TP, 1.024 ton PO₄, 19.420 ton NO₃ ve 38.780 ton reactive Si olarak bildirilmiştir (Akçay ve Tuğrul, 2018). Göksu Nehrinden Kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan yıllık ortalama NO₂, NO₃, NH₄, PO₄ yükü sırasıyla, ilk kısımda yapılan çalışmalarda, 33 ton/yıl, 2.294 ton/yıl, 887 ton/yıl ve 342 ton/yıl olarak bulunmuştur. Kıyısal alandaki zengin besin tuzu yükü, Küçük Asya akıntısının etkisi ile açık sulara taşınmamakta (Akpınar ve diğerleri, 2016) ve bölge sularını verimli kıyısal sular ve verimsiz açık sular olmak üzere ikiye ayırmaktadır. Ayrıca, yüzey sularından kıyıya ulaşan besin tuzu miktarının mevsimsel ve bölgesel olarak dağılımı nehir girdisinin debisine, içeriğine ve kıyısal alanlarda fotosentez yoluyla tüketime bağlı olarak değişim göstermektedir (Uysal ve diğerleri, 2008). Kıyıda (ist-4) ve nehir etki alanı (ist-20) içerisinde yer alan istasyonda tuzluluk profillerinden nehir suyu suyu girişi olduğu gözlemlenmesine rağmen, besin tuzu miktarında bir artış gözlemlenmemiştir. Nisan ayında kıyıda 0,19 µg/L ölçülen toplam klo-*a*, açık sularda 2,7 kat azalarak 0,07 µg/L seviyesine düşmüştür. Şubat ayında ise kıyısal alanda 0,58 µg/L olan ortalama klo-*a* dağılımı 2,5 kat azalarak 0,23 µg/L seviyesine düşmüştür (Uysal ve diğerleri, 2019). Kıyıda fotosentetik aktivitenin ve klo-*a* miktarının yüksek olmasına bağlı olarak, nehir girdisinin baskın olduğu sezonlarda deniz suyundaki besin tuzunda önemli ölçüde bir değişim olmamıştır. Bunun sebebi gelen besin tuzlarının oradaki birincil üreticiler tarafından hemen fotosentez için kullanılmasıdır.

Yağışlı aylarda istasyonlardaki PO₄ konsantrasyonu limit değerlerde ölçülürken, NO₂+NO₃ konsantrasyonu görece daha yüksektir. Redfield oranı (N/P=16) düşünüldüğünde, bu dönemde P konsantrasyonu birincil üretimi sınırlayan temel besin maddesi olup (Tüfekçi ve diğerleri, 2013), gelen miktar hemen kullanılmaktadır. Fakat tabakalaşmanın yoğun olarak gözlemlendiği yaz ve sonbahar dönemlerde su kolonundaki PO₄ miktarı artış gösterirken,

NO_2+NO_3 miktarı azalmaktadır (Şekil 3.47). Bu durum, bu dönemde çalışma alanında birincil üretimi kısıtlayan makroelementin hem N hem de P olabileceğini düşündürmektedir (Yücel, 2013).



Şekil 3.47 Besin tuzlarının mevsimsel olarak 3 farklı istasyonda değişimi

Şubat ayında gözlemlenen karışım olayları, öfotik zonun altındaki besin tuzu yönünden zengin suları yüzeye taşıdığı için bölgedeki birincil üretim açısından hayati önem taşımaktadır (Şekil 2.9). Alttan gelen besin tuzlarının etkisi ile Si ve NO_2+NO_3 konsantrasyonları önemli ölçüde artış göstermiştir. Dipten gelen fosfat da fotosentezde hızlıca kullanıldığından bu dönemde sudaki çözülmüş fosfat miktarı oldukça azdır. Bu dönemde fotosentetik aktivite yıl boyunca gözlemlenen en yüksek değerine ulaşmış ve

ortalama klo-*a* miktarı 0,34 µg/L olarak ölçülmüştür. Kıyıdan açığa doğru gittikçe ise 0,58 µg/L'den 0,21 µg/L'ye kadar düşmüştür (Uysal ve diğerleri, 2019).

Okyanuslardaki Si kütle dengesine en önemli girdi nehirler ve atmosferik girdiler olarak bildirilmesine rağmen (Treguer ve diğerleri, 1995; Koçak ve diğerleri, 2010), çalışma alanında hem kıyısız alanda hem de nehir etki alanı içerisinde en yüksek Si konsantrasyonuna Şubat ayında rastlanmıştır. Bu durum, kış karışımı olaylarının Si kütle dengesi için oldukça önemli olduğunu düşündürmektedir.

Açık istasyondaki (ist-47) besin tuzu değişimi incelendiğinde mevsimsel olarak ciddi bir değişikliğe rastlanmamıştır. Birincil üretim için öfotik zonda hızlıca kullanılan besin tuzları, 200 metre derinlik sonrasında derinlikle beraber artmaya başlamıştır. Nütriklin tabakası boyunca artan besin tuzu miktarı 500 metre sonrasında sabitlenmiştir. Nitrit konsantrasyonu nütriklin derinliğinin altında 5-6 µM seviyelerine yükselirken, fosfat yaklaşık olarak 0,2 µM seviyesinde kalmıştır. Bu durum Kuzeydoğu Akdeniz'de daha önceki çalışmalarda da bildirilen yüksek N/P oranına neden olmaktadır (Tüfekçi ve diğerleri, 2013; Tuğrul ve diğerleri, 2016).

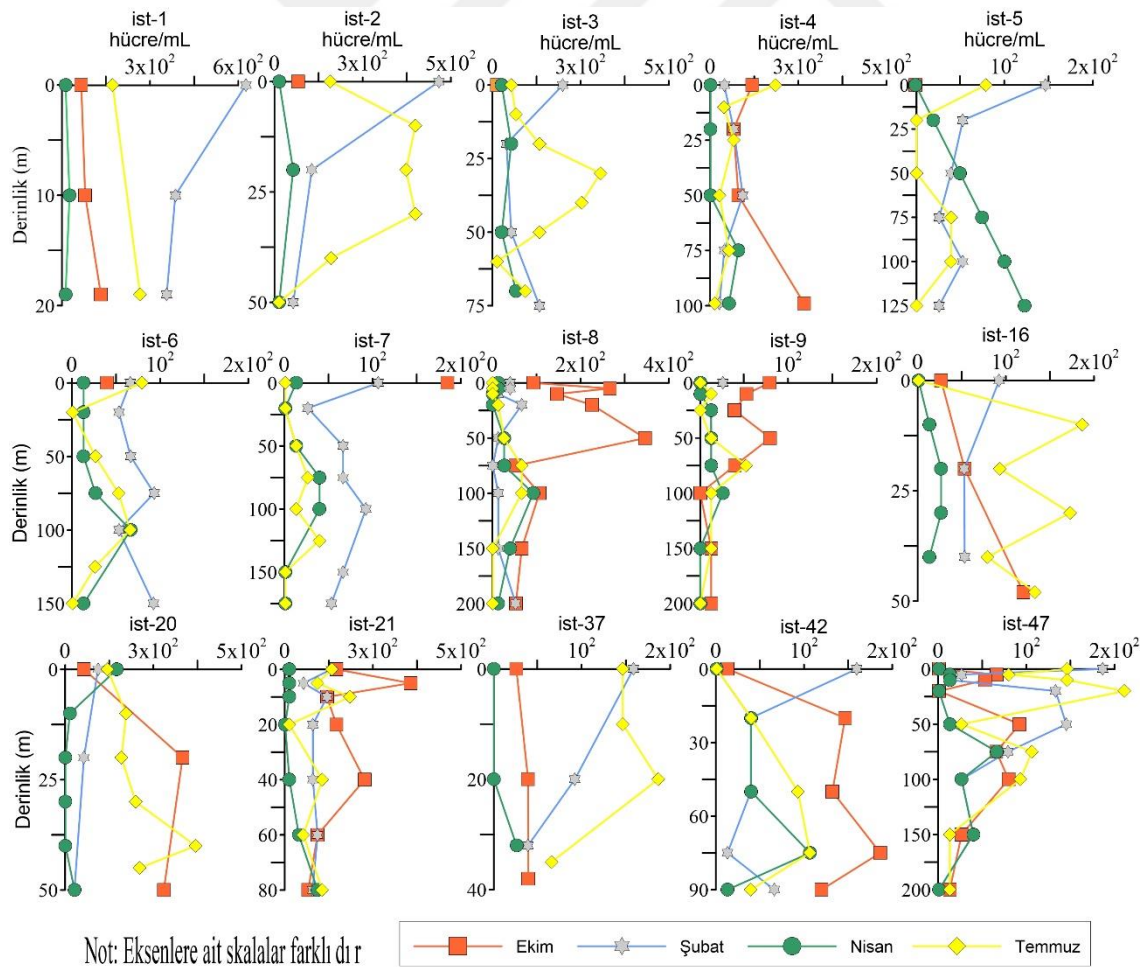
3.4.3. Piko-ökaryot bolluğunun değişimi

Bu çalışmada piko-ökaryot bolluğu bölgeye ve mevsime bağlı olarak 1 hücre/mL ile 12×10^2 hücre/mL arasında değişim göstermiştir ve daha önce aynı bölgede yapılan çalışmalar ile uyumluluk göstermektedir (Çizelge 3.10).

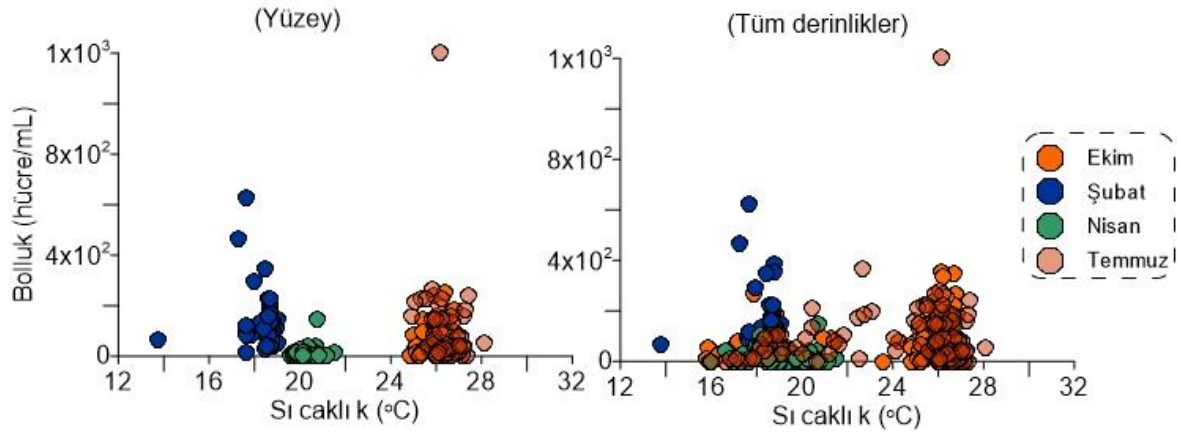
Piko-ökaryotlar oligotrofik koşullar altında görece daha büyük hücre çapına sahip olduklarından dolayı besin maddelerine ulaşmakta ve suya batmamakta prokaryotik pikoplanktana göre daha dezavantajlı konumdadırlar (Raven, 1998). Bundan dolayı besin tuzu miktarının daha bol olduğu kıyısız alanlarda, upwelling alanlarında daha baskın oldukları bildirilmiştir (Zubkov ve diğerleri, 2000; Frojan, Arbones, Zuniga, Castro ve Figuerias, 2014; Teira ve diğerleri, 2015; Otero-Ferrer ve diğerleri, 2018; Mena ve diğerleri, 2019). Literatürdeki sonuçlara benzer olarak, bu çalışmamızda piko-ökaryotların yüzeyde, kıyısız alanda, nehir etki alanında ve Göksu Nehri'nden taşınan suların bir süre beklediği Taşucu ve Yeşilovacık Körfezi civarında daha yoğun olarak bulunmuştur (Şekil 3.16, Şekil 3.25, Şekil 3.34). Fakat ekim ayında gözlemlenen tabakalaşma, öfotik zon içinde yer alan besin miktarında kuvvetli bir azalma eğrisine neden olduğu için bölgedeki pikoplankton topluluğunun (piko-ökaryot, heterotrofik bakteri, *Synechococcus*, *Prochlorococcus*) değişmesine neden olmaktadır (Latasa ve diğerleri, 2017; Mena ve diğerleri, 2019). Bu

durumun bir sonucu olarak bu dönemde piko-ökaryotlar yüzeyde açık sularda da yaygın olarak gözlemlenmiştir (Şekil 3.6). Özellikle açık sulardaki istasyonlarda (ist-37, ist-42, ist-47) en yüksek bolluk değerleri bu dönemde gözlemlenmiştir (Şekil 3.48).

Piko-ökaryot bolluğu yüzeyden derine gittikçe azalma eğiliminde olmakla beraber bunun doğru olmadığı çeşitli durumlar gözlemlenmiştir. Ekim ayında DKM derinliğinde ve temmuz ayında yaklaşık 20 metre derinlikte piko-ökaryot bolluğunun arttığı gözlemlenmiştir. Şubat ayında kış karışımı olaylarına bağlı olarak artan besin tuzu miktarı piko-ökaryotların bolluğunu da etkilemiştir. Özellikle kıyıdaki istasyonlarda (ist-1'den ist-9'a kadar) bu mevsimde yüzeydeki piko-ökaryot bolluğu yüksek oranda artmış fakat derinlikle beraber azalmıştır (Şekil 3.48). Nehir etki alanı içerisindeki istasyonlarda (ist-16, ist-20, ist-21), nehirden gelen besin tuzu içeren tatlı sular mevsime bağlı olarak 20 metre derinliğe kadar sokulmaktadır (Şekil 3.46). Bunun bir sonucu olarak, bu istasyonlardaki piko-ökaryot bolluğunda ilk 10 metre içerisinde artış gözlemlenmiştir (Şekil 3.48).

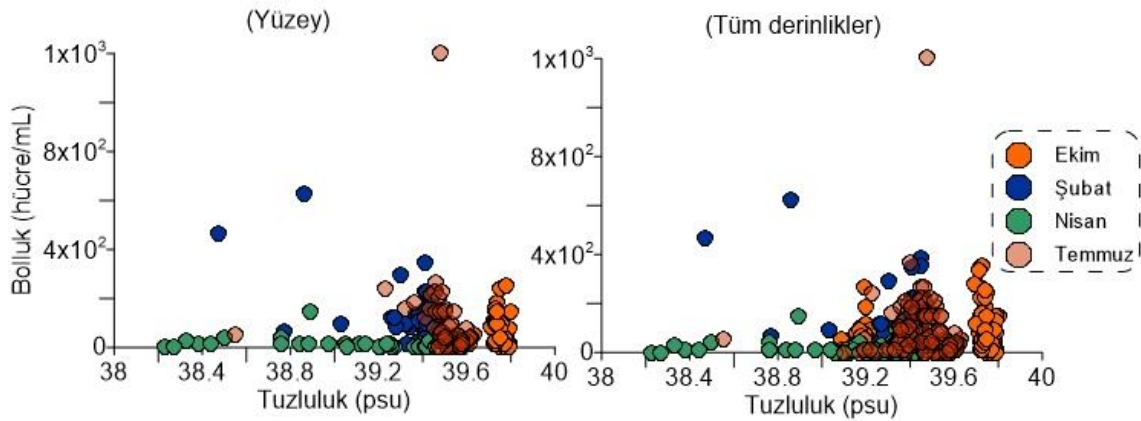


Şekil 3.48. Piko-ökaryot bolluğunun mevsimlere bağlı olarak su kolonunda değişimi



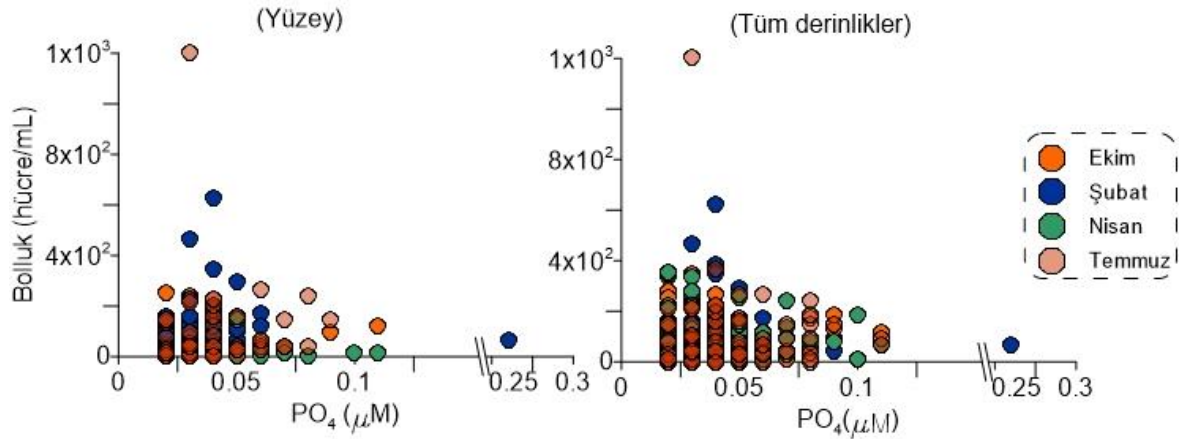
Şekil 3.49. Piko-ökaryot bolluğu ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

Pikoplanktonun dağılımını ve bolluğunu etkileyen en önemli çevresel parametreler sıcaklık, tuzluluk, ışık ve ortamdaki kullanılabilir besin tuzu miktarıdır (Zhao ve diğerleri, 2016). Çalışmamızda piko-ökaryotların bolluğu ile sıcaklık arasında birebir bir korelasyona rastlanmamıştır (Şekil 3.49, Çizelge 3.3). En yüksek bolluk değerleri sıcaklıkların en düşük ve en yüksek olduğu şubat ve ekim aylarında rastlanmıştır. Ekim ayındaki tabakalaşmanın etkisi ile besin tuzu miktarında meydana gelen kuvvetli eğim bolluğun artmasındaki temel neden iken (Mena ve diğerleri, 2019), şubat ayında kış karışımına bağlı olarak artan besin tuzu miktarıdır.

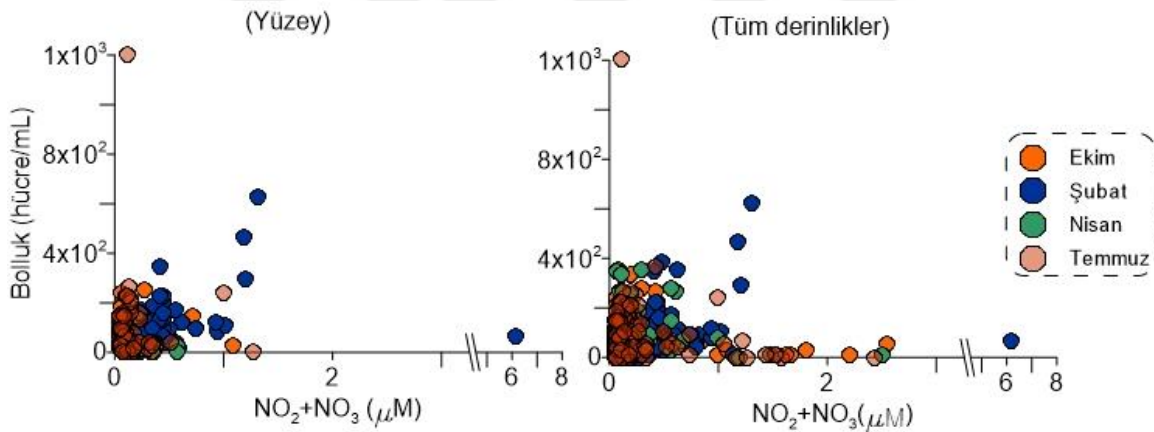


Şekil 3.50. Piko-ökaryot bolluğu ile tuzluluk arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

Nisan ayında piko-ökaryotlar genel olarak tatlı su girişinin fazla olduğu, tuzluluğun düşük olduğu bölgelerde daha bol bulunmuştur. Bu dönemde tuzluluk ile bolluk arasında ters orantılı bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 3.50, Çizelge 3.4). Bununla beraber, sıcaklık ve buharlaşmanın etkisi ile tuzluluğun yüksek olduğu temmuz ve ekim aylarında piko-ökaryot bolluğunda artış gözlemlenmiştir. Aynı dönemlerde gözlemlenen yaz tabakalaşmasının sonucu olarak piko-ökaryot bolluğunda artış gözlemlenmektedir (Mena ve diğerleri, 2019)



Şekil 3.51. Piko-ökaryot bolluğu ile PO_4 konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Kuzeydoğu Akdeniz’de birincil üretimi kısıtlayan temel faktörün PO_4 olmasından dolayı, ortamdaki PO_4 miktarının artması piko-ökaryot miktarını da pozitif şekilde etkilemiştir (Şekil 3.51, Çizelge 3.5).



Şekil 3.52. Piko-ökaryot bolluğu ile $NO_2 + NO_3$ konsantrasyonu arasındaki ilişki

Hem yüzeyde hem de su kolonunda NO_2+NO_3 konsantrasyonunun artışı piko-ökaryotların bolluğunu arttırmıştır (Şekil 3.52, Çizelge 3.5). Özellikle şubat ayında kış karışımı nedeniyle ortamdaki PO_4 miktarının da artması, bolluğu olumlu yönde etkilemiştir (Şekil 3.52). Bununla beraber, ortamda PO_4 konsantrasyonunun düşük olduğu dönemlerde NO_2+NO_3 konsantrasyonu artsa bile bunun bolluğa önemli derecede bir katkısı olmamıştır.

Piko-ökaryot bolluğu ile tüm çevresel etmenler arasındaki ilişkiyi anlamak için mevsimsel bazda Spearman R korelasyon analizi uygulanmıştır. Ekim ayında sıcaklığın artması ve tabakalaşmanın oluşmasına bağlı olarak piko-ökaryot bolluğu artış göstermiştir (Çizelge 3.3). Şubat ayında kış karışımının etkisi ile dipten gelen yüksek konsantrasyondaki besin tuzları, fotosentezde hızlıca tüketilmeye başlanmıştır. Bundan dolayı derinlik ile bolluk arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir (Çizelge 3.4) Nisan ayından artan yağışlara bağlı

olarak, özellikle kıyısal alanda tuzluluk azalmış ve besin miktarı artmıştır. Bu nedenle piko-ökaryot ve tuzluluk arasında negatif, nitrit+nitrat konsantrasyonu ile pozitif bir korelasyon gözlemlenmiştir. (Çizelge 3.5). Bölgedeki üretim çoğunlukla ortamdaki fosfat tuzları tarafından kısıtlandığından (Krom ve diğerleri, 1991) ve temmuz ayında ortamda yavaş yavaş termoklin oluşumu başladığından, bu dönemde PO₄ miktarı arttıkça piko-ökaryot miktarı da artmıştır (Çizelge 3.6).

Besin tuzu miktarı açısından ultra-oligotrofik olarak adlandırılan çalışma alanında, piko-ökaryot bolluğunun prokaryotik pikoplanktona kıyasla oldukça düşük olduğu bilinmektedir. Bu çalışma sonuçları da geçmişte bölgede yapılan çalışmalara benzerlik göstermiştir (Bayındırlı, 2007; Gazihan, 2010; Boran, 2017). Bununla beraber, piko-ökaryotlar daha büyük hücre çapına sahip oldukları için bölgedeki toplam biyokütleyle olan katkıları prokaryotik pikoplanktona göre daha yüksek olmaktadır (Worden, Nolan ve Palenik, 2004; Grop ve diğerleri, 2007; Massana, 2011). Dolayısıyla bölgede en az bolluk gösteren planktonik canlı grubu olmaları, onların besin ağına yaptıkları katkıyı birebir yansıtmamaktadır. Ne yazık ki bu çalışmada bu canlı türlerinin ortalama hacimlerine ait veri elde edilemediğinden, toplam biyokütleyle olan katkıları tayin edilememiştir.

Çizelge 3.9. Geçmiş yıllarda piko-ökaryot bolluğuna (hücre/mL) ait veriler

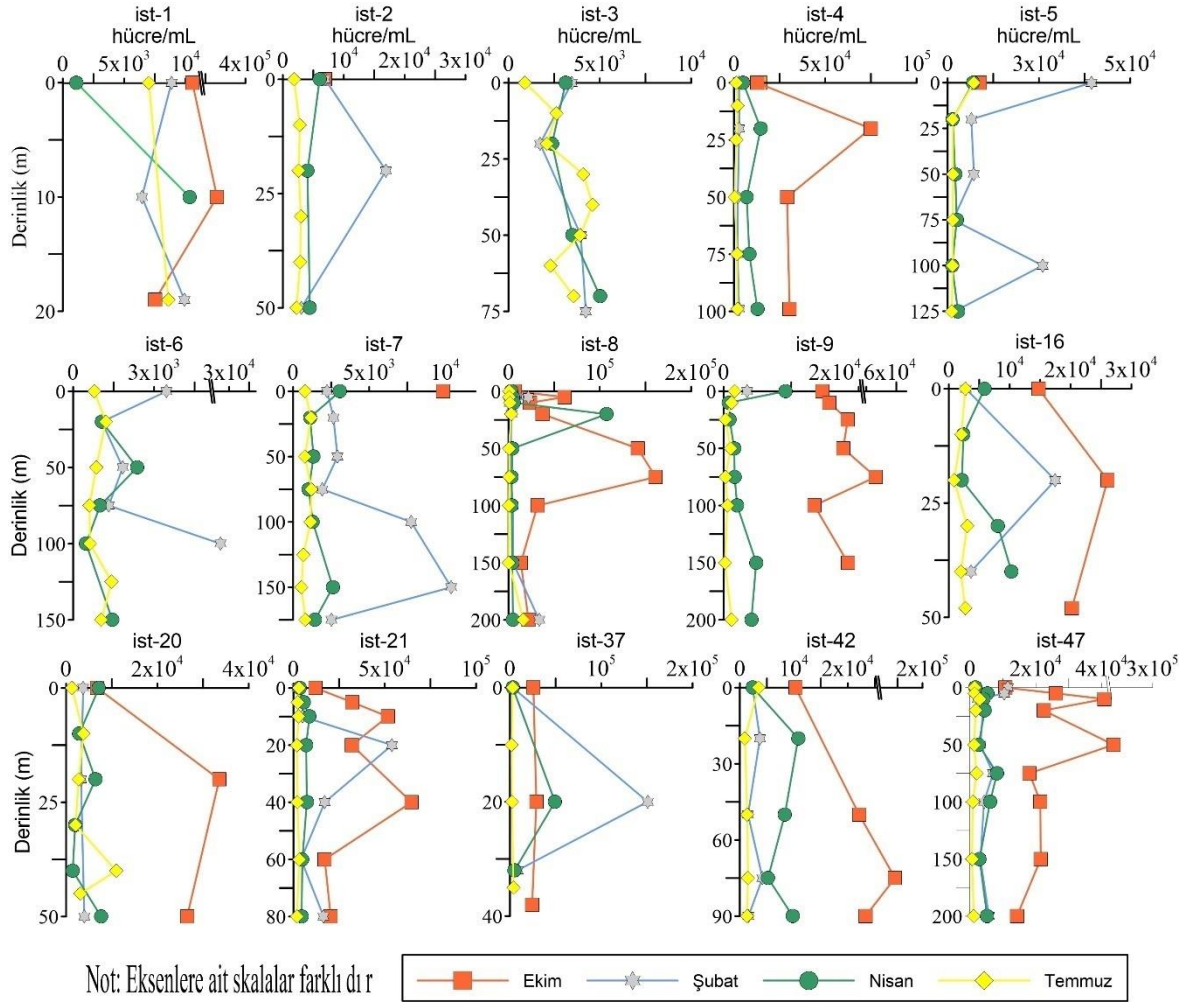
Bölge	Yıl	Bolluk	Kaynakça
Bu çalışma	2017-2018	1 -12x10 ²	-
Atlantik Okyanusu	2006-2015	7-12 x10 ³	Otero-Ferrer ve diğerleri, 2018
Akdeniz	2006-2015	2-9 x10 ³	
Palma Körfezi, Akdeniz	2001-2002	1-25 x10 ³	Alonso-Laita, Navarro, Duarte ve Agusti, 2005
Kuzey Alboran Denizi, Batı Akdeniz	2008-2012	9x10 ⁴	Amorim ve diğerleri, 2016
32. güney transekti boyunca (Güney Pasifik Okyanusu)	2003	2-12x10 ³	Grop ve diğerleri, 2007
Akdeniz	2014	960-1056	
Akdeniz	2015	816-928	Mena ve diğerleri, 2019
Akdeniz	2016	871-953	
Zmanja, Adriatik Denizi	2012	2,19-3,19x10 ³	Šolić ve diğerleri, 2015
Kuzeydoğu Akdeniz kıyıları	2014-2015	0,5-3x10 ⁴	Boran,2017
Kuzeydoğu Akdeniz açıkları	2014-2015	200-5000	

3.4.4. *Synechococcus* bolluğunun değişimi

Su kolonunda *Synechococcus* bolluğu mevsime ve bölgeye bağlı olarak 1×10^2 hücre/mL ile 34×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir ve geğmişte yapılan çalışmalar ile benzer sonuçlar bulunmuştur (izelge 3.11). Ortalama *Synechococcus* bolluğu ekim, nisan ve temmuz aylarında nerdeyse aynı iken, şubat ayında maksimuma ulaşmıştır.

Su yüzeyindeki *Synechococcus* bolluğu mevsimsel olarak değişkenlik göstermiştir. Ekim'de *Synechococcus* yalnızca Taşucu Körfezi nlerindeki Göksu Nehri etki alanı içerisinde baskınken (şekil 3.8), nisan ve temmuz aylarında ise Göksu Nehri'nden gelen besin tuzunca zengin suların etkilediği Taşucu Körfezi kıyıları başta olmak üzere yüzey sularında yaygın olarak gözlemlenmiştir (şekil 3.25, şekil 3.36). Yüzeydeki *Synechococcus* bolluğunun en baskın olduğu dönem ise kiş karışım olaylarının gözlemlendiği şubat ayında gözlemlenmiştir (şekil 3.36). Su kolonundaki en düşük bolluk ise temmuzda gözlemlenmiştir (şekil 3.53).

Mevsimsel olarak bolluğu değişmesine rağmen *Synechococcus*, pikofitoplankton içerisinde en baskın olarak bulunan gruptur (izelge 3.2). *Synechococcus*'un mevsimden bağımsız olarak bölgede baskın olması, bölgede yaz ve kiş koşullarına adapte olmuş en az iki farklı ekotip olduğunu işaret etmektedir (Amorim ve diğerleri, 2016). Bu alanda yapılan genetik çalışmalar clade-II soyundan gelen türlerin genellikle düşük besin tuzu içeren sularda yaygın olduğunu gösterirken (Toledo ve Palenik 2003; Dufresne ve diğerleri, 2008; Scanlan ve diğerleri, 2009; Ostrowski ve diğerleri, 2010; Sohm ve diğerleri, 2015), clade-I and clade-IV soyundan gelenlerin Akdeniz'de kiş aylarında gözlemlenen düşük sıcaklık/yüksek besin tuzu ortamında daha bol bulunduğunu göstermiştir (Dufresne ve diğerleri, 2008; Mella-Flores ve diğerleri, 2011).

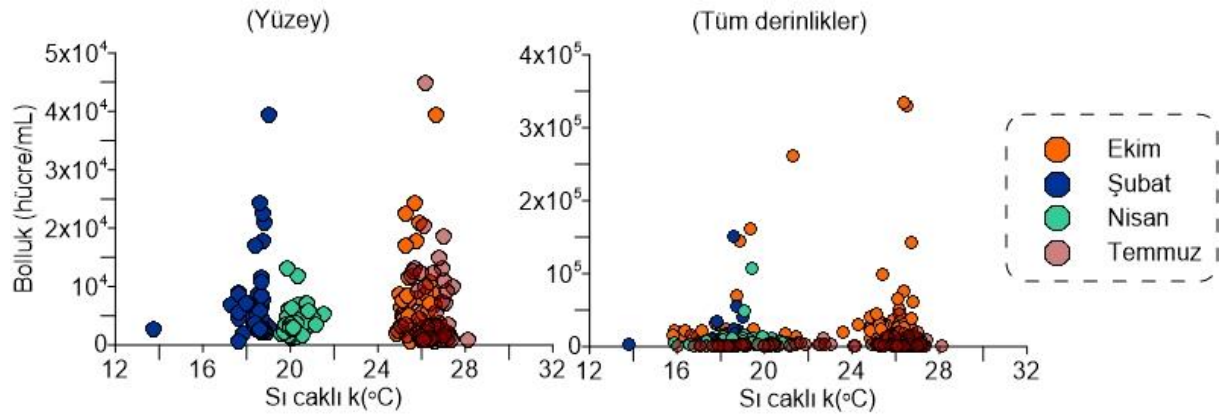


Şekil 3.53. *Synechococcus* bolluğunun mevsimlere bağlı olarak değişimi gösteren grafik

Su kolonundaki *Synechococcus* bolluğu artan derinlikle artmıştır. Özellikle ekim ayında dipdeki besin tuzlarının yüzeye göre daha fazla olduğu derin klorofil maksimuma yakın derinliklerde *Synechococcus* bolluğunda artış gözlemlenmiştir (Çizelge 3.2, Şekil 3.53). Daha önce yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara rastlanmıştır (Polat ve Uysal, 2009; Uysal ve Köksalan, 2006, 2017; Boran, 2017). Bu durum *Synechococcus*'da bulunan phycoerythrin pigmentinin düşük ışık koşullarına adapte olması sonucunda bu canlıların derin sularda nispeten daha fazla bulunan besin tuzlarından faydalanmasını kolaylaştırmasından kaynaklanmaktadır (Glover, Prézelin, Campbell ve Wyman, 1988).

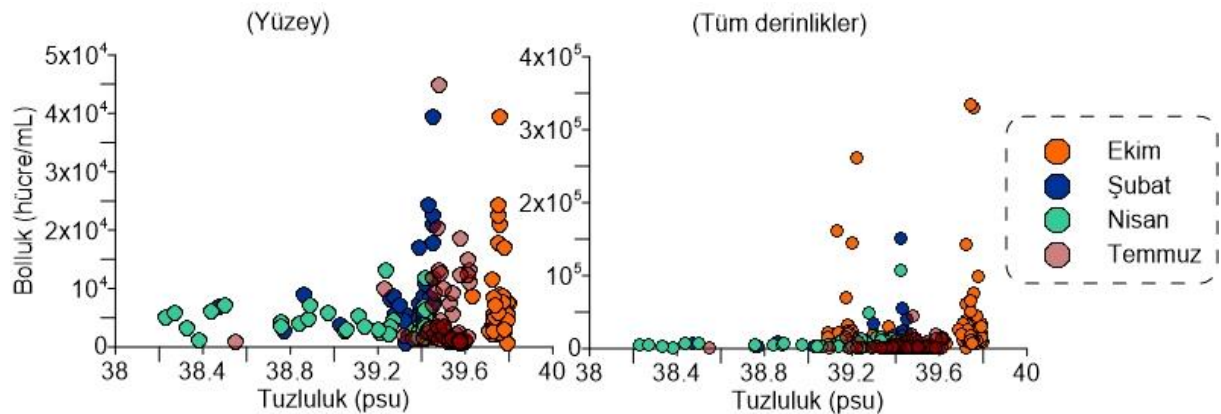
Synechococcus bolluğunun bölgesel dağılımı incelendiğinde, hem kıyısularda hem nehir etki alanında hem de açık sularda son derece yoğun olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 3.53). Besin tuzu konsantrasyonu, tuzluluk/sıcaklık değerleri ve akıntı dinamikleri farklı olmasına rağmen, bu üç alt bölgede *Synechococcus* bolluğunda belirgin bir farklılık gözlemlenmemiştir. Önceki çalışmalarda *Synechococcus*'un oligotrofik koşullarda

fitoplanktonu domine eden grup olduğu bildirilmiştir (Callieri ve Stockner, 2002; Uysal ve Köksalan, 2017). Ayrıca, kıyusal alanlarda ve besin tuzu yönünden zengin sularda da yoğun olarak bulunduğu rapor edilmiştir (Badylak ve Philips, 2004; Uysal ve Köksalan, 2017). Deniz ekosisteminde ayrı ayrı fikoeritin (phycoerythrin (PE)) ve fikosyanin (phycocyanin (PC)) içeren iki farklı tip *Synechococcus* varlık göstermektedir (Wood ve diğerleri, 1985). Fikoeritin içeren *Synechococcus*'un tuzluluğu yüksek sularda yaygın olarak bulunduğu, fikosyanin içeren *Synechococcus*'un ise tuzluluğu düşük sularda yaygın olarak bulunduğu bildirilmiştir (Murrell ve Lores, 2004; Wang, Wommack ve Chen, 2011). Çalışma alanında iki pigment türünü de içeren ekotiplerin varlığı *Synechococcus*'un farklı ortam koşullarında da baskın olabilmesinin nedeni olabilir.



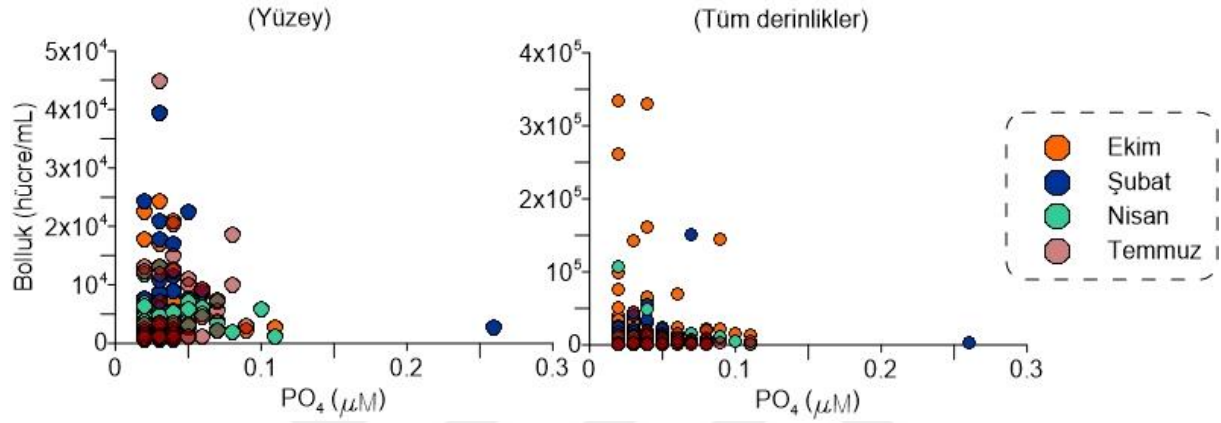
Şekil 3.54 *Synechococcus* ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

Synechococcus ile sıcaklık arasındaki ilişki incelendiğinde yüzeyde sıcaklık arttıkça bolluğun arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.54). Yüzeyde belirgin olan sıcaklığa bağlı değişim ise derinliklerde etkisini kaybetmiş ve mevsime bağlı değişim ayırt edici özelliğini yitirmiştir (Şekil 3.54). Bu durum bölgede farklı soylardan gelen ekotipler olabileceği ihtimalini desteklemektedir (Murrell ve Lores, 2004; Wang ve diğerleri, 2011).



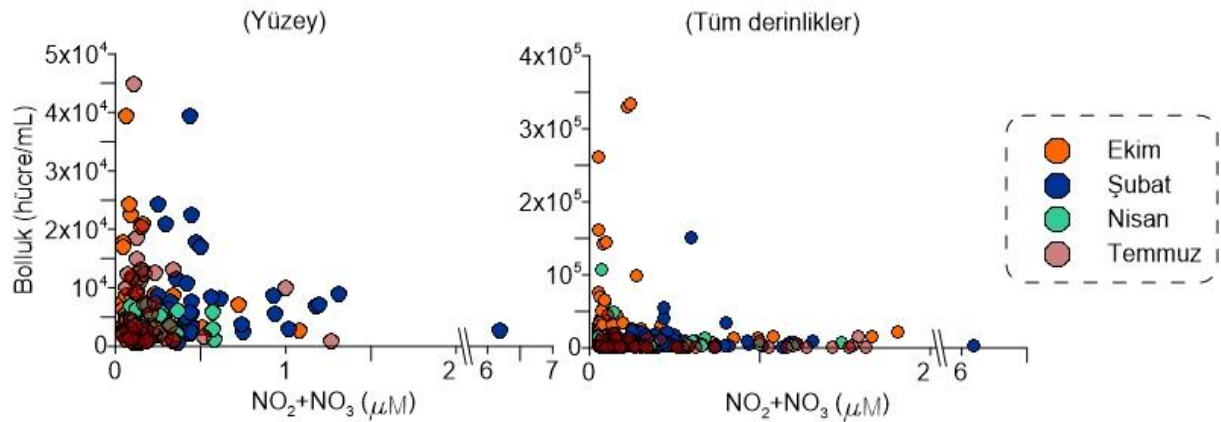
Şekil 3.55. *Synechococcus* ile tuzluluk arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

Tuzluluk ile *Synechococcus* bolluğu arasındaki ilişki incelendiğinde yağışların bol olduğu ve tuzluluğun görece azaldığı nisan ayında bolluk ile tuzluluk arasında negatif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.55, Çizelge 3.5.). Tuzluluğun yüksek olduğu bölgelerde *Synechococcus* bolluğu nispeten fazla iken, tuzluluğun düşük olduğu mevsimlerde de yoğun bolluk göstermesi ortamda farklı tuzluluk ve besin tuzu miktarına adapte olmuş türler bulunduğu fikrini desteklemektedir (Murrell ve Lores, 2004; Wang ve diğerleri, 2011).



Şekil 3.56. *Synechococcus* ile PO_4 konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

Üretimin PO_4 miktarından dolayı kısıtlı olduğu Kuzeydoğu Akdeniz’de PO_4 miktarı arttıkça *Synechococcus* bolluğu artmıştır. Fakat ekim ayında kuvvetli tabakalaşmanın ardından yüzeyde besin tuzları azalmışken, derin sularda nispeten daha yüksek miktarda besin tuzu bulunmaktadır. *Synechococcus* yüksek yüzey/hacim oranına sahip olduğundan derin sulardaki besin tuzundan daha kolay yararlanmaktadır. Bundan dolayı bu dönemde PO_4 miktarı azaldıkça, *Synechococcus* bolluğu artmıştır.



Şekil 3.57. *Synechococcus* ile NO_2+NO_3 konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi gösteren grafik

Ortamdaki (özellikle su yüzeyindeki) NO_2+NO_3 konsantrasyonunun nehirden gelen tatlı su girdisi ve kış karışımı olaylarından dolayı arttığı dönemlerde, azot tuzları ile bolluk arasında

kuvvetli bir pozitif korelasyon gözlemlenmiştir (Şekil 3.57, Çizelge 3.4, Çizelge 3.5). Ekim ayında ise kuvvetli tabakalaşmanın ardından besin tuzları yüzeyde azalmış ve sahip olduğu yüksek yüzey hacim oranı sahip olan ve düşük ışık koşullarına adapte olan (Glover ve diğerleri, 1988) *Synechococcus* daha avantajlı hale gelmiş ve derinlik arttıkça bolluğu artmıştır (Şekil 3.57, Çizelge 3.3).

Çevresel faktörler ile *Synechococcus* bolluğu arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamak için mevsimler bazında Spearman korelasyon analizi uygulanmıştır. Mevsimsel nütriklin oluşumunun çok belirgin olduğu ekim ayınca derinlik arttıkça PO₄ miktarı azalmıştır. Düşük besin miktarında besine ulaşma kabiliyetleri daha büyük hücrelere göre daha üstün olan *Synechococcus* (Raven, 1998), bu durumda avantajlı duruma geçmiştir. Bu nedenle bu dönemde derinlik ile arasında pozitif, PO₄ miktarı ile negatif bir ilişki bulunmaktadır (Çizelge 3.3). Şubat ayında kış karışımı olayları nedeniyle ortamdaki besin tuzu miktarı arttığından, bu dönemde besin tuzlarındaki artış *Synechococcus* bolluğunu olumlu yönde etkilemiştir (Çizelge 3.4). Nisan ayında Göksu Nehri'nden gelen yoğun yüzey akışı ortamı nitrit ve nitrat ile zenginleştirmiş ve tuzluluğu düşürmüştür. Bu nedenle bu dönemde bolluk ile tuzluluk arasında negatif, nitrit konsantrasyonu ile pozitif bir ilişki olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.5). Temmuz ayında mevsimsel nütriklin oluşumu gözlemlenmeye başladığından (Şekil 3.47), ortamdaki PO₄ miktarı derinliğe bağlı olarak azalmaya başlamıştır. Bu nedenle, bu dönemde bolluk ile derinlik arasında negatif, PO₄ miktarı ile pozitif bir ilişki saptanmıştır (Çizelge 3.6).

Synechococcus'un bolluğu gün içinde belli bir döngü içerisinde değişim göstermektedir (Sherry ve Uysal, 1995; Sherry ve Wood, 2001). Gece yarısından öğleye kadar otlama baskısı nedeniyle popülasyon azalmakta, öğle saatlerine gelindiğinde minimum seviyeye ulaşmaktadır. Öğle saatlerinden itibaren otlama baskısını geçecek şekilde bölünmeye başlayan *Synechococcus* geceye doğru en yüksek bolluğa ulaşır (Uysal, 2001). Başka bir deyişle istasyonların trofik koşullarının yanı sıra, istasyonda ölçümün hangi saat diliminde gerçekleştirildiği de elde edilen *Synechococcus* bolluğunu sonucunu önemli ölçüde etkilemektedir. Kıyı-açık istasyonlar arasında bazen gözlemlenen beklenmedik bolluk farklılıkları bu durum ile açıklanabilir.

Çizelge 3.10. Geçmişte bulunan *Synechococcus* bolluk (hücre/mL) değerleri

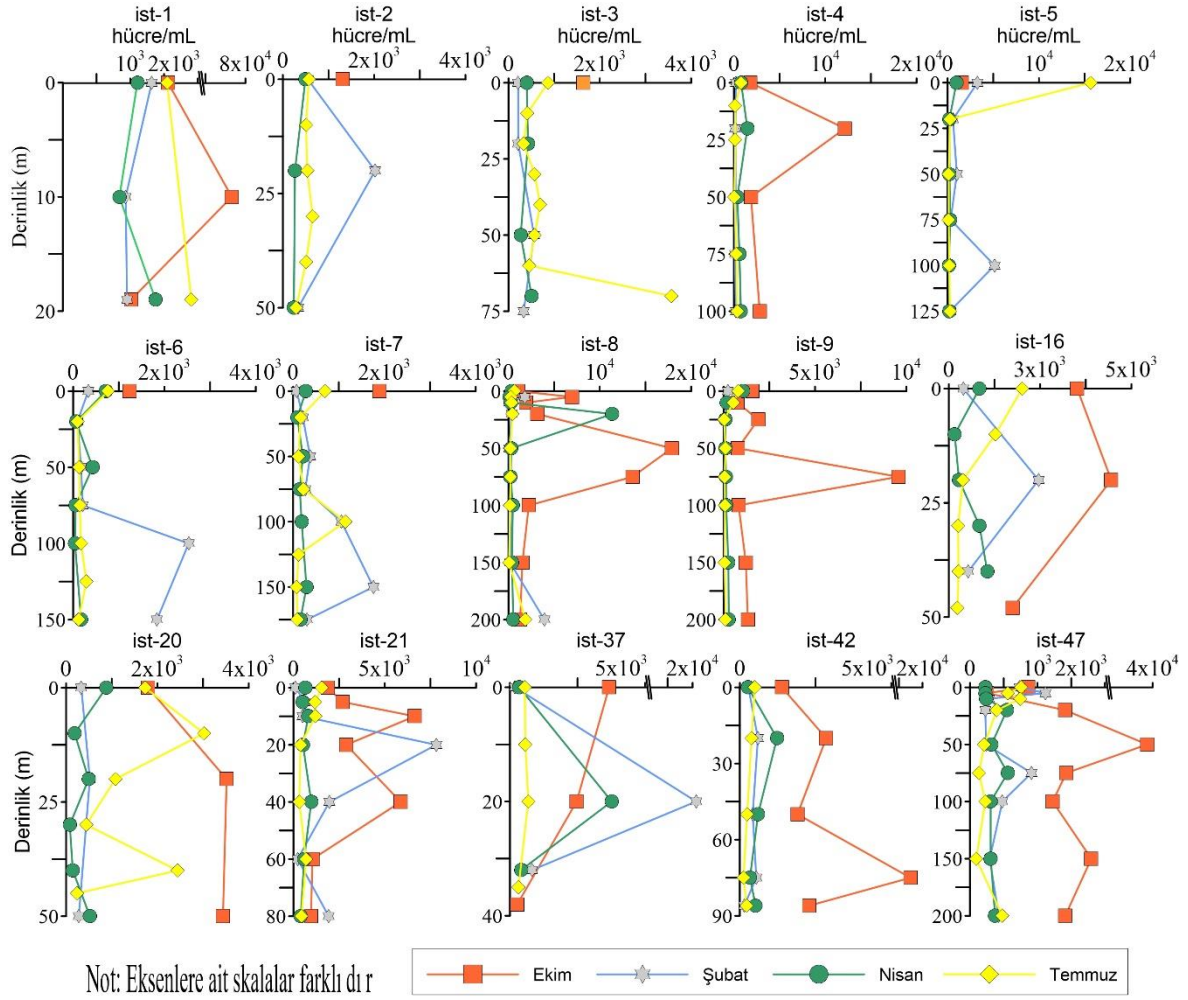
Bölge	Yıl	Bolluk	Kaynakça
Bu çalışma	2017-2018	$1 \times 10^2 - 34 \times 10^4$	-
Palma Körfezi, Akdeniz	2001-2002	$2-50 \times 10^4$	Alonso-Laita ve diğerleri, 2005
Kuzey Alboran Denizi, Batı Akdeniz	2008-2012	13×10^4	Amorim ve diğerleri, 2016
32. güney transekti boyunca (Güney Pasifik Okyanusu)	2003	$2-23 \times 10^3$	Grob ve diğerleri, 2007
Akdeniz boyunca	2006	$2,83 - 4,57 \times 10^4$	Lasternas, Agusti ve Duarte, 2010
Atlantik Okyanusu	2006-2015	$48-84 \times 10^3$	Otero-Ferrer ve diğerleri, 2018
Akdeniz	2006-2015	$9 \pm 156 \times 10^3$	
Akdeniz	2014	$12-15 \times 10^3$	Mena ve diğerleri, 2019
Akdeniz	2015	$10-12 \times 10^3$	
Akdeniz	2016	$7-8 \times 10^3$	
Adriatik Denizi kıyıları	2005	$1,3 \times 10^2 - 1,6 \times 10^5$	Šantić ve diğerleri, 2013
Adriatik Denizi açıkları	2005	$3,09 \times 10^3 - 6,3 \times 10^4$	
Zmanja, Adriatik Denizi	2012	$28-116 \times 10^3$	Šolić ve diğerleri, 2015
Kuzeydoğu Akdeniz kıyıları	2014-2015	$0,5-4 \times 10^5$	Boran, 2017
Kuzeydoğu Akdeniz açıkları	2014-2015	$0,5-3 \times 10^4$	
Kuzeydoğu Akdeniz kıyıları	2005-2006	4×10^5	Bayındırlı, 2007
Kuzeydoğu Akdeniz açıkları	2005-2006	2.1×10^5	
Kuzeydoğu Akdeniz	2008-2010	$0,01-12 \times 10^5$	Gazihan, 2010
İskenderun Körfezi, Kuzeydoğu Akdeniz	2004-2005	$0,79-23,09 \times 10^4$	Polat ve Uysal, 2009
Kuzeydoğu Akdeniz	1998	$9,6 \times 10^3 - 1,8 \times 10^4$	Uysal ve Köksalan, 2017
Karadeniz	1994	$9 \times 10^2 - 1.45 \times 10^5$	Uysal, 2006
Levant Baseni	1998	$6.4 \times 10^3 - 9.2 \times 10^4$	Uysal ve Köksalan, 2010
Kuzeydoğu Akdeniz	2002-2003	$9,58 \times 10^3 - 1,62 \times 10^5$	Uysal, 2019

3.4.5. *Prochlorococcus* bolluğunun değişimi

Bu çalışmada *Prochlorococcus* bolluğu bölgeye ve mevsime bağlı olarak 30 hücre/mL ile 2×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir fakat Akdeniz’de rapor edilen daha yüksek ya da daha düşük değerler mevcuttur (Çizelge 3.12). Ortalama *Prochlorococcus* miktarı ekim, nisan ve şubat aylarında aynı iken temmuz ayında en yüksek sayıya ulaşmıştır (Çizelge 3.2). Bu durum *Prochlorococcus* bolluğunun yaz aylarında önemli ölçüde arttığını bildiren diğer çalışmalar ile örtüşmektedir (Durand, Olson ve Chisholm, 2001; Worden ve diğerleri, 2004; Pan, Zhang, Zhang, Gasol ve Chao, 2005; Pan, Zhang ve Zhang, 2007).

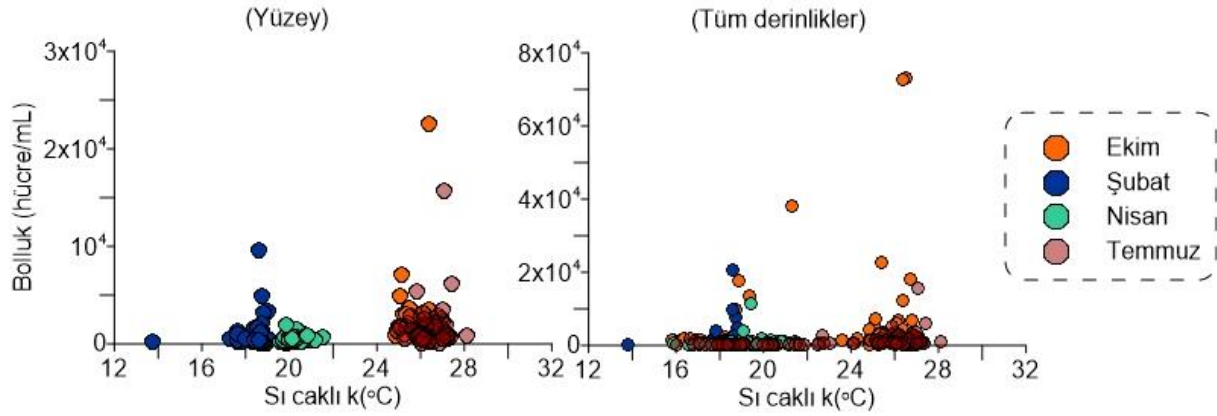
Su yüzeyindeki *Prochlorococcus* dağılımı mevsimlere bağlı olarak bölgesel farklılıklar göstermiştir. Ekim ayında *Synechococcus*’a benzer şekilde Göksu Nehri’nin etki alanı içerisindeki Taşucu Körfezi açıklarında yoğunlaşmıştır (Şekil 3.10). Şubat ayında kış karışımı sonucunda artan besin tuzu miktarına bağlı olarak açık sularda daha yaygın olarak gözlemlenmiştir (Şekil 3.18). Nisan ayında klo-*a* uydu görüntüsü Mersin Körfezi’nin verimli sularının akıntılarla çalışma alanına taşındığını göstermektedir (Şekil 3.23). Su yüzeyindeki *Prochlorococcus* bolluğu bu dönemde akıntıya paralel olarak yoğunluk göstermiş ve akıntının taşıdığı yüksek besin tuzu içeren suların etkilediği Yeşilovacık Körfezi’nde de yüksek bolluğa sebep olmuştur (Şekil 3.27). En yüksek *Prochlorococcus* bolluğuna temmuz ayında rastlanmasına rağmen, bu dönemde yüzeyde baskın oldukları bir bölge saptanamamıştır (Şekil 3.38).

Prochlorococcus’un su kolonunda değişimi incelendiğinde ekim ayında DKM’de bolluğun arttığı gözlemlenmiştir. Bu mevsimde *Prochlorococcus*’un su kolonundaki bolluk değişiminin *Synechococcus*’a yüksek oranda benzemesi iki grubun da yüksek yüzey/hacim oranına sahip olması sebebiyle görece derin sulardaki besin tuzlarına daha kolay erişebilmesinden kaynaklanmaktadır (Raven, 1998). Diğer dönemlerde ise düzenli bir eğilime rastlanmamıştır.



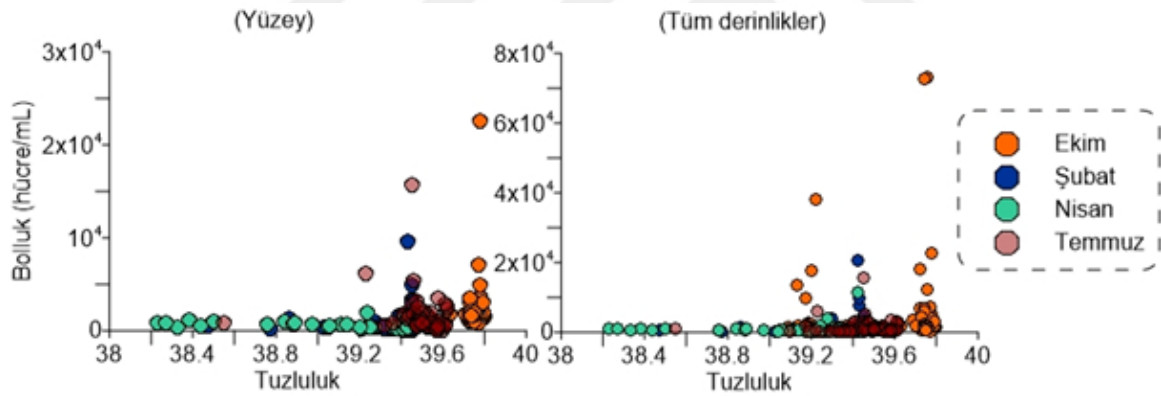
Şekil 3.58. *Prochlorococcus* bolluğunun mevsimlere bağlı olarak değişimi

Prochlorococcus üzerine yapılan genetik çalışmalara göre yapısında divinyl-klob/ divinyl-kloa oranı birbirinden farklı olan iki farklı alt grup olduğunu ortaya çıkarmıştır (Moore ve diğerleri, 1995; Partensky ve diğerleri, 1999). Bu durum popülasyonların ışığı hasat etme (light harvesting) kabiliyetleri arasında farklılık olmasına neden olmaktadır ve bundan dolayı düşük ışığa adapte olan ve yüksek ışığa adapte olan olmak üzere iki farklı popülasyona ayrılmışlardır (Partensky ve diğerleri, 1997). Düşük ışığa adapte olan grupların sahip oldukları yüksek divinyl-klob/ divinyl-kloa oranı, derin sulara sızan mavi ışıktan daha iyi bir şekilde faydalanmalarını sağlamaktadır (Ting, Rocap, King ve Chisholm, 2002). Çalışmamızda derinlik değişmesine rağmen *Prochlorococcus* miktarında değişme olmaması hatta Ekim ayında DKM’da bolluğun artması bölgede hem yüksek ışığa adapte olmuş hem de düşük ışığa adapte olmuş türlerin var olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Akdeniz’de iki tipin de var olduğu geçmiş çalışmalarda da bildirilmiştir (Mella-Flores ve diğerleri, 2011).



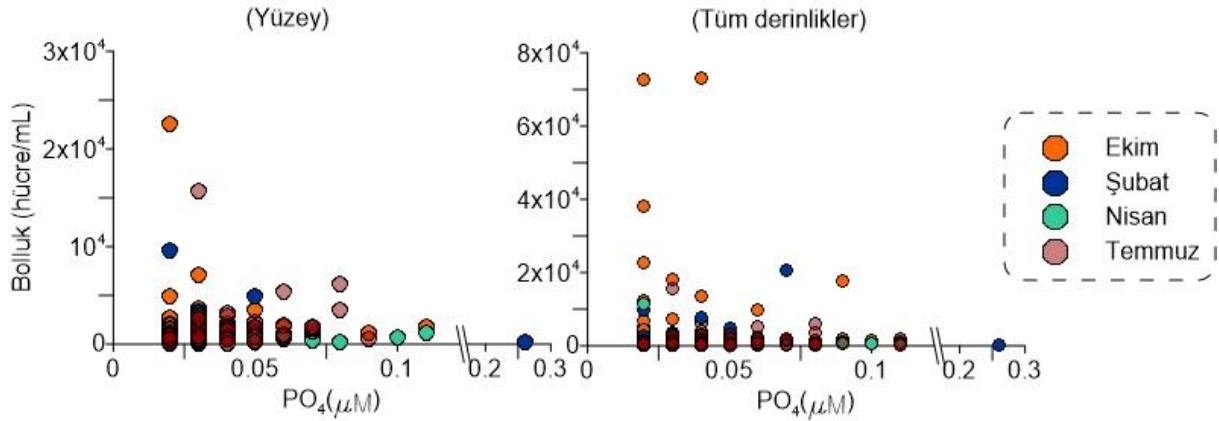
Şekil 3.59. *Prochlorococcus* ile sıcaklık arasındaki ilişki

Prochlorococcus'un sıcak sularda (24°C'nin üzerinde) baskın olduğu geçmişte yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Partensky, Blanchot ve Vaultot, 1999; Moore ve diğerleri, 1995; Johnson ve diğerleri, 2006; Zinser ve diğerleri, 2007; Kulk, Vries, van de Poll, Visser ve Buma, 2012;). Benzer şekilde, bizim çalışmamızda da su sıcaklığının yüksek olduğu Temmuz ve Ekim aylarında *Prochlorococcus* miktarı önemli ölçüde artmıştır (Şekil 3.59).



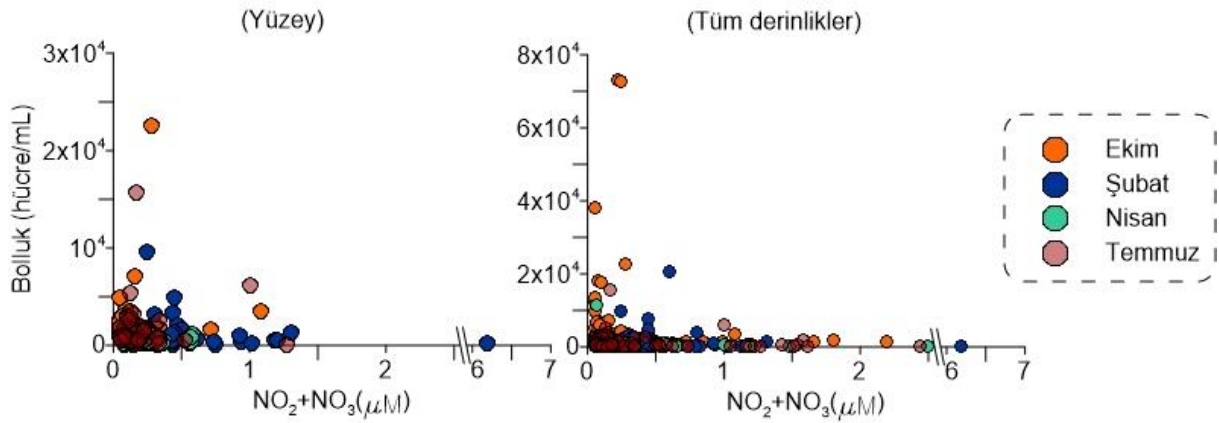
Şekil 3.60. *Prochlorococcus* ile tuzluluk arasındaki ilişki

Prochlorococcus ile tuzluluk arasında pozitif korelasyon bulunmuştur (Şekil 3.60. Çizelge 3.4-3.6). Yüzey akışının fazla olduğu ve tuzluluğun düştüğü Nisan ayında *Prochlorococcus* bolluğu çok düşükken, buharlaşmanın etkisi ile tuzluluğun arttığı yaz aylarında *Prochlorococcus* miktarı artmıştır (Şekil 3.60). Otoro-Ferrer (2018), benzer şekilde ışığın etkisi çıkarıldığında sıcaklığın *Prochlorococcus* üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu bildirmiştir.



Şekil 3.61. *Prochlorococcus* ile PO_4 konsantrasyonu arasındaki ilişki

Prochlorococcus bolluğu ortamdaki PO_4 miktarından etkilenmiştir (Şekil 3.61, Çizelge 3.4-3.6). Genellikle PO_4 miktarının arttıkça *Prochlorococcus* bolluğu artmıştır (Şekil 3.61).



Şekil 3.62. *Prochlorococcus* ile NO_2+NO_3 konsantrasyonu arasındaki ilişki

Prochlorococcus nitrati verimli bir şekilde kullanamadığından (Moore ve diğerleri, 2002), düşük besin tuzu içeren ortamlarda yüksek yüzey/hacim oranının getirdiği avantaj ile NH_4 gibi makro besinlere daha rahat ulaşabilmekte ya da organik azotu besin maddesi olarak kullanarak (Zubkov, Fuchs, Tarran, Burkill ve Aman, 2003) bu dezavantajlı durumdan kurtulmaktadır (Worden ve diğerleri, 2004). Buna bağlı olarak *Prochlorococcus* büyümesi N-kısıtlı olarak bildirilmektedir (Martiny ve diğerleri, 2013). Kış karışım olayları ile ortamdaki azot tuzlarının konsantrasyonunun arttığı Şubat ayında bolluk ile besin tuzu miktarı arasında pozitif ilişki tespit edilmiş olup (Çizelge 3.4), diğer mevsimlerde belirgin bir artış gözlemlenmemiştir.

Spearman Korelasyon analizi sonuçları incelendiğinde ekim ayında yüzey suyu sıcaklığının henüz soğumamasına bağlı olarak sıcaklık arttıkça *Prochlorococcus* bolluğu da artmıştır (Çizelge 3.3). Şubat ayında kış karışımına bağlı olarak su kolonunda homojen bir yapı

oluşmuştur. Bundan dolayı ortamdaki besin tuzu miktarı arttıkça, bollukta da artış meydana gelmiştir (Çizelge 3.4). Nisan ayında ortamdaki besin tuzu miktarı nehrin etkisi ile arttığından, ortamdaki çözünmüş besin tuzu miktarı arttıkça *Prochlorococcus* miktarı da artmıştır (Çizelge 3.5). *Prochlorococcus*'un ılıman sularda (24°C ve üzeri) daha baskın olduğu bilinmektedir (Moore ve diğerleri, 1995; Partensky ve diğerleri, 1999). Bunun bir sonucu olarak su sıcaklığının arttığı temmuz ayında *Prochlorococcus* bolluğu artış göstermiştir. Ayrıca, aynı dönemde nitrat miktarının azaldığı derin sularda bollukta artış tespit edilmemiştir. *Prochlorococcus*'un nitratı besin tuzu olarak kullanamaması sonucunda, diğer azot türlerinin daha çabuk ulaşması bu durum ile ilişkili olabilir (Moore, Post, Rocap ve Chisholm, 2002; Worden ve diğerleri, 2004).

Çizelge 3.11 Geçmişte bulunan *Prochlorococcus* bolluk (hücre/mL) değerleri

Bölge	Yıl	Bolluk	Kaynakça	
Bu çalışma	2017-2018	30- 2x10 ⁴	-	
Palma Körfezi, Akdeniz	2001-2002	2-60x10 ⁴	Alonso-Laita ve diğerleri, 2005	
Kuzey Alboran Denizi	2008-2012	14x10 ⁴	Amorim ve diğerleri,2016	
32. güney transekti (Güney Pasifik Okyanusu)	2003	5-122x10 ³	Grob ve diğerleri, 2007	
Akdeniz boyunca	2006	3,41-4,13× 10 ⁴	Lasternas ve diğerleri, 2010	
Atlantik Okyanusu	2006-2015	12-276 x10 ³	Otero-Ferrer ve diğerleri, 2018	
Akdeniz	2006-2015	2,2-6,6x10 ³		
Akdeniz	2014	729-951	Mena ve diğerleri, 2019	
Akdeniz	2015	523-619		
Akdeniz	2016	449-583	Šantić ve diğerleri, 2013	
Adriatik Denizi kıyıları	2005	1-4,7x10 ⁴		
Adriatik Denizi açıkları	2005	2.1 x 10 ³ -1.1 x 10 ⁴		
Zmanja, Adriatik Denizi	2012	27,9-58,3x10 ³	Šolić ve diğerleri, 2015	
Kuzeydoğu kıyıları	Akdeniz	2014-2015	0,5-4,5x10 ⁴	Boran, 2017
Kuzeydoğu açıkları	Akdeniz	2014-2015	0,5-2x10 ⁵	

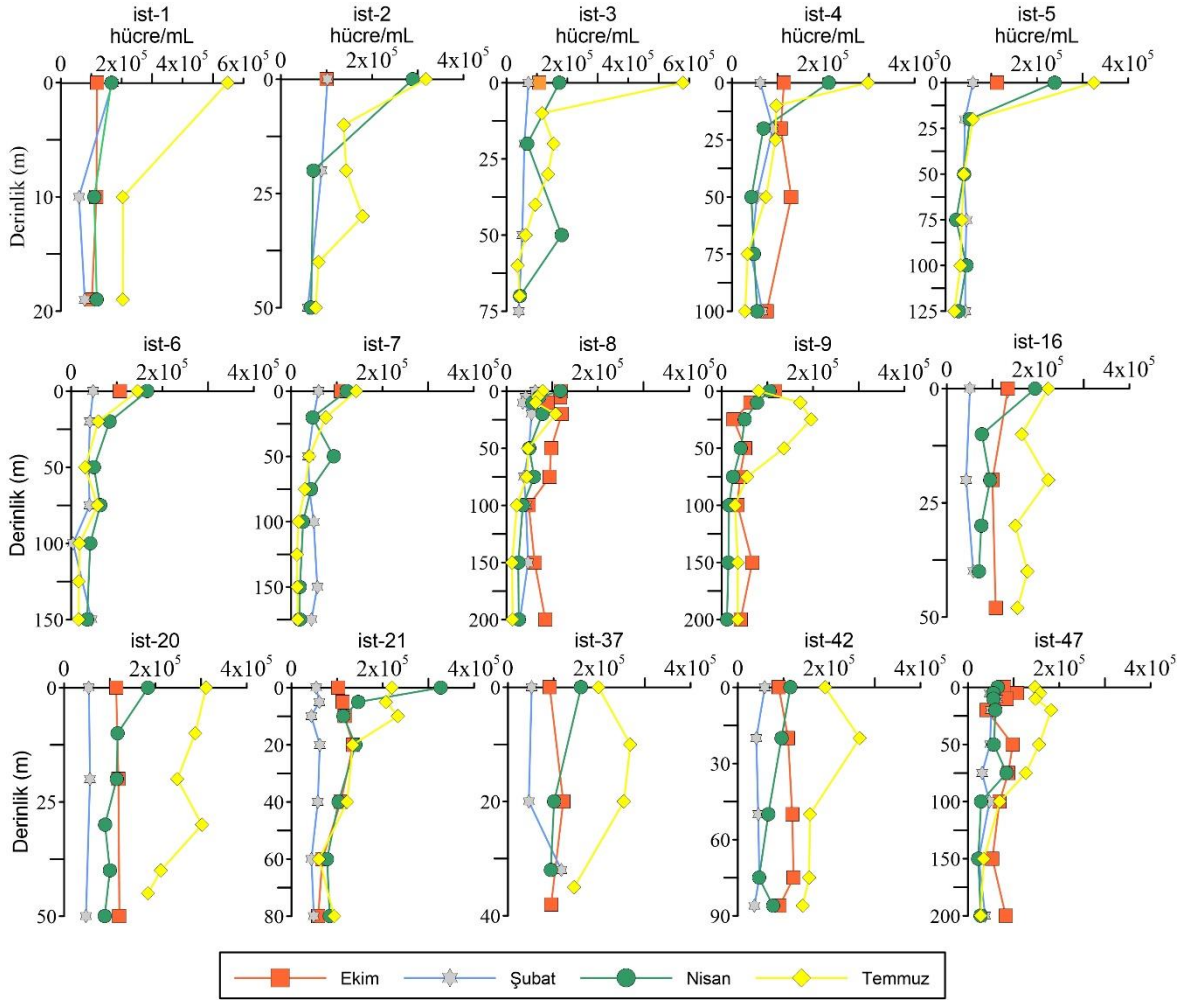
3.4.6. Heterotrofik bakteri bolluğunun değişimi

Çalışma alanındaki heterotrofik bakteri bolluğu mevsime ve bölgeye bağlı olarak $1,1 \times 10^4$ hücre/mL ile 33×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Ortalama heterotrofik bakteri bolluğu mevsimlere göre temmuz>nisan>ekim>şubat şeklinde sıralanmıştır. Temmuz ayında bakteri bolluğunun artması kış sonu-ilkbahar aylarında gözlemlenen diatom baskınlarının sonucunda ortamdaki ÇOK miktarının artması ve bu durumun heterotrofik bakterinin büyümesini desteklemesi ile açıklanabilir (Uysal, 2016).

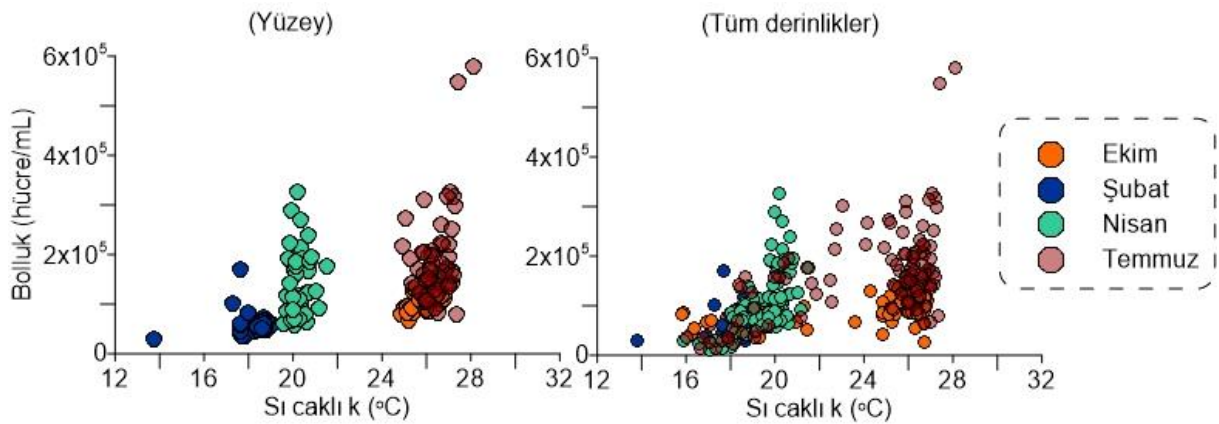
Yüzeydeki heterotrofik bakteri mevsimlere göre yüksek oranda değişiklik göstermiştir. Ekim ayında Mersin Körfezi batısı, Göksu Nehri etki alanı ve Taşucu Körfezi açıklarını kapsayan geniş bir alanda dağılım göstermiştir (Şekil 3.11). Nisan ayında ise yüzey akıntılarının etkisi ile Göksu Nehri etki alanı ve kıyısal alanlarda, besin tuzu miktarının görece yüksek olduğu bölgelerde, daha yaygın olarak gözlemlenmiştir (Şekil 3.29). Şubat ve temmuz aylarında ise heterotrofik bakteri dağılımında baskın herhangi bir bölge gözlemlenmemiştir (Şekil 3.20, Şekil 3.40).

Heterotrofik bakteri bolluğunun bölgedeki genel değişimi incelendiğinde, istasyonun bölgesel özelliklerinden (kıyı, açık, nehir etki alanı) bağımsız olarak en yüksek bolluğun temmuz ayında, en düşük bolluğun ise şubat ayında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.63). Ek olarak, piko-ökaryot dağılımına benzer şekilde kıyı ve nehir etki alanı içerisindeki istasyonlardaki bolluk, açık sulara oranla daha yüksek bulunmuştur (Şekil 3.63).

Heterotrofik bakteri bolluğunun derinliğe bağlı olarak değişimi incelendiğinde, derinlik arttıkça bolluğun azaldığı gözlemlenmiştir. Özellikle kıyısal alandaki istasyonlarda bakteri bolluğunun su kolonunun ilk 20 metresinde daha yoğun olduğu görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda da heterotrofik bakterinin suyun üst tabakasında daha yoğun olduğu bildirilmiştir (Zhao ve diğerleri, 2011). Farklı olarak, şubat ayında kış karışımının etkisi ile heterotrofik bakterinin su kolonundaki dağılımı homojendir.

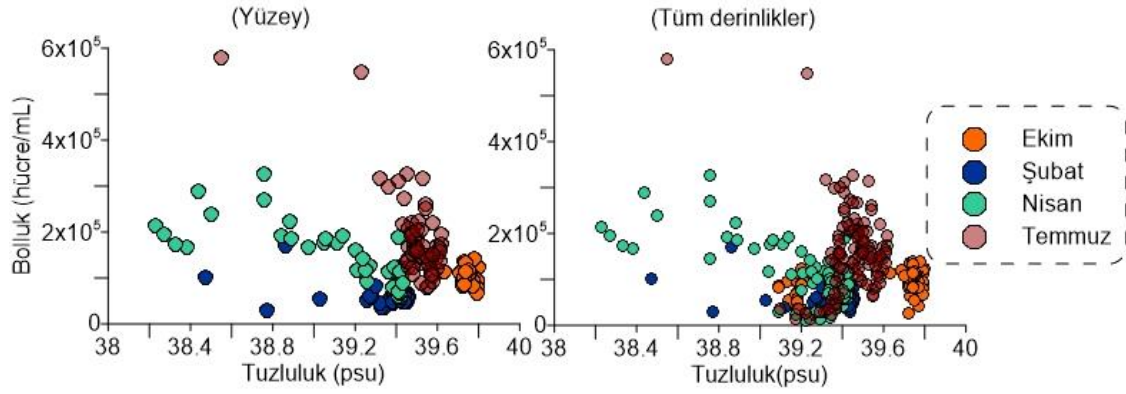


Şekil 3.63. Heterotrofik bakteri bolluğunun mevsimlere bağlı olarak değişimi



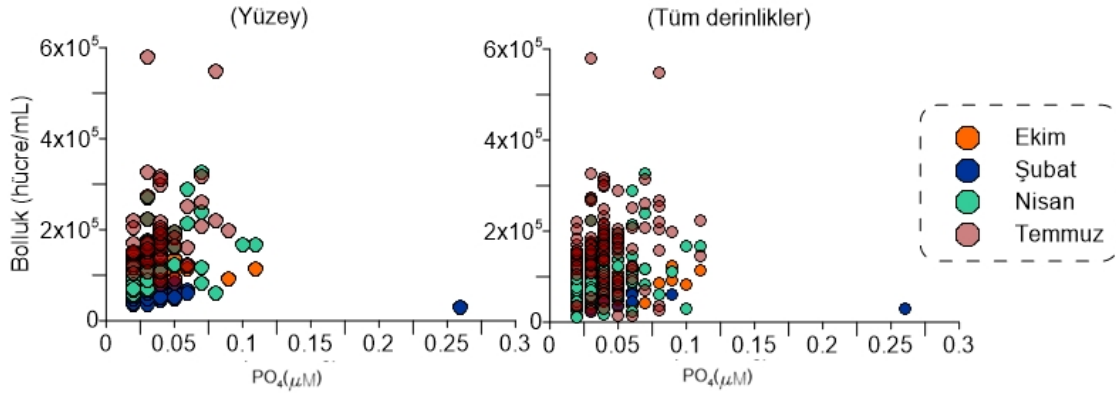
Şekil 3.64. Heterotrofik bakteri ile sıcaklık arasındaki ilişki

Su sıcaklığının heterotrofik bakteri dinamiklerine etkisi ototroflara göre daha fazladır (Pomeroy ve diğerleri, 1991; Šolić ve diğerleri, 2015). Bunun bir sonucu olarak su sıcaklığı arttıkça heterotrofik bakteri bolluğu artmıştır (Şekil 3.64). Spearman korelasyon analizi sonucunda da her mevsimde sıcaklık ile heterotrofik bakteri bolluğu arasında son derece kuvvetli pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir ($p < 0,01$).

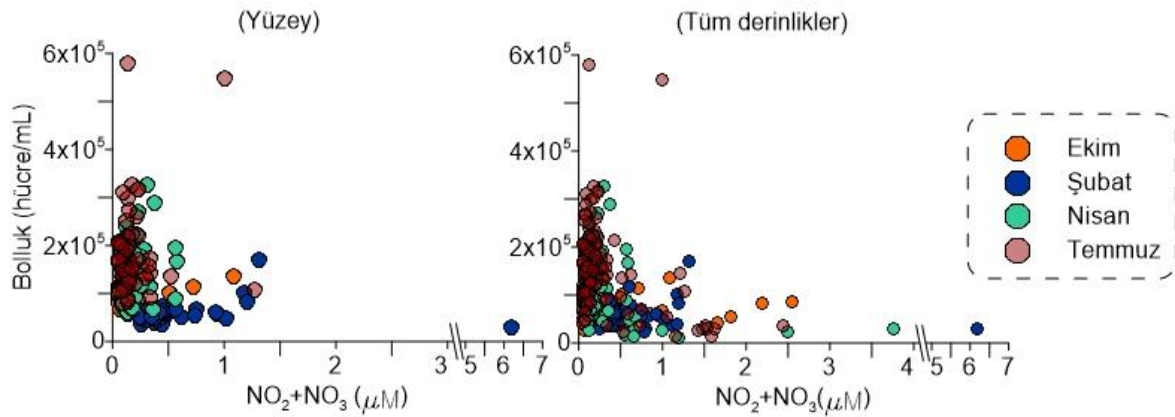


Şekil 3.65. Heterotrofik bakteri ile tuzluluk arasındaki ilişki

Ekim ayında tuzluluk arttıkça heterotrofik bakteri bolluğu artarken, nisan ayında azalmıştır (Şekil 5.65). Ekim ayında kuvvetli tabakalaşmanın etkisiyle artan fitoplankton bolluğu besin zinciri yoluyla etkilediği heterotrofik bakterinin de bolluğunun artmasına neden olmuş olabilir. Yağışın bol olduğu Nisan ve Şubat aylarında tuzluluğun azalması nehirden gelen su debisinin artması ve kış karışımı olayları sonucunda besin tuzu miktarı ve birincil üretim önemli oranda artmıştır. Buna bağlı olarak bakteri bolluğu da artış göstermiştir.



Şekil 3.66. Heterotrofik bakteri ile PO₄ konsantrasyonu arasındaki ilişki



Şekil 3.67. Heterotrofik bakteri ile NO₂+NO₃ konsantrasyonu arasındaki ilişki

Pikofitoplankton gibi heterotrofik bakteriler de büyümeleri için çözünmüş inorganik maddeleri kullanırlar (Kirchman, 2000). Bundan dolayı, her mevsimde PO_4 ve NO_2+NO_3 konsantrasyonu arttıkça heterotrofik bakteri bolluğu da artmıştır.

Heterotrofik bakteri bolluğu ile abiyotik koşullar arasındaki ilişki korelasyon analizi ile incelenmiştir. Bunun sonucunda heterotrofik bakteri bolluğunun her mevsimde sıcaklık ile pozitif, derinlik ile negatif ilişkili olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.3,3.4). Ek olarak, neredeyse bütün sezonlarda çözünmüş besin tuzları ile bolluk arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır (Çizelge 3.3-3.5). Ortamdaki besin tuzu miktarının Göksu Nehri'nden gelen sular ve kış karışımı nedeniyle arttığı şubat ve nisan aylarında heterotrofik bakteri bolluğu ile klo-*a* miktarı arasında pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir. Heterotrofik bakteri birincil üretim sonucu oluşan organik maddeyi kendi metabolik faaliyetleri için kullandığından (Cole ve diğerleri, 1988), fitoplankton bolluğunun ve üretiminin arttığı veya yoğun birincil üretim sonrası (post-bloom) dönemlerde heterotrofik bakteri bolluğunun da artması beklenen bir durumdur. Aynı zamanda bu durum bölgedeki alttan üste doğru kontrolü işaret etmektedir (Li, Head ve Harrison, 2004).

Çizelge 3.12. Geçmişte bulunan heterotrofik bakteri bolluk (hücre/mL) değerleri

Bölge	Yıl	Bolluk	Kaynakça
Bu çalışma	2017-2018	$11-330 \times 10^3$	-
32. güney transekti boyunca	2003	$2-8 \times 10^5$	Grob ve diğerleri, 2007
Akdeniz boyunca	2006	$7-8 \times 10^5$	Lasternas ve diğerleri, 2010
Ege denizi kıyısı, Akdeniz	1996-1997	$1-7 \times 10^6$	Mihalatou ve Moustaka-Goun, 2002
Zmanja, Adriatik Denizi	2012	$0,62-0,82 \times 10^6$	Šolić ve diğerleri, 2015
Kuzeydoğu Akdeniz kıyısal alan	2014-2015	$4-16 \times 10^5$	Boran, 2017
Kuzeydoğu Akdeniz açık sular	2014-2015	$1-7 \times 10^5$	
Kuzeydoğu Akdeniz kıyısal alan	2005-2006	$9,6 \times 10^6$	Bayındırlı, 2007
Kuzeydoğu Akdeniz açık sular	2005-2006	$8,1 \times 10^6$	
Kuzeydoğu Akdeniz	2008-2010	$1,3-130 \times 10^5$	Gazihan, 2010
Kuzeydoğu Akdeniz kıyısal alan	2008-2011	$3-139 \times 10^4$	Yücel, 2013
Kuzeydoğu Akdeniz açık sular	2008-2011	$1-88 \times 10^4$	
Kuzeydoğu Akdeniz	2002-2003	$5,85-40,6 \times 10^5$	Uysal, 2019

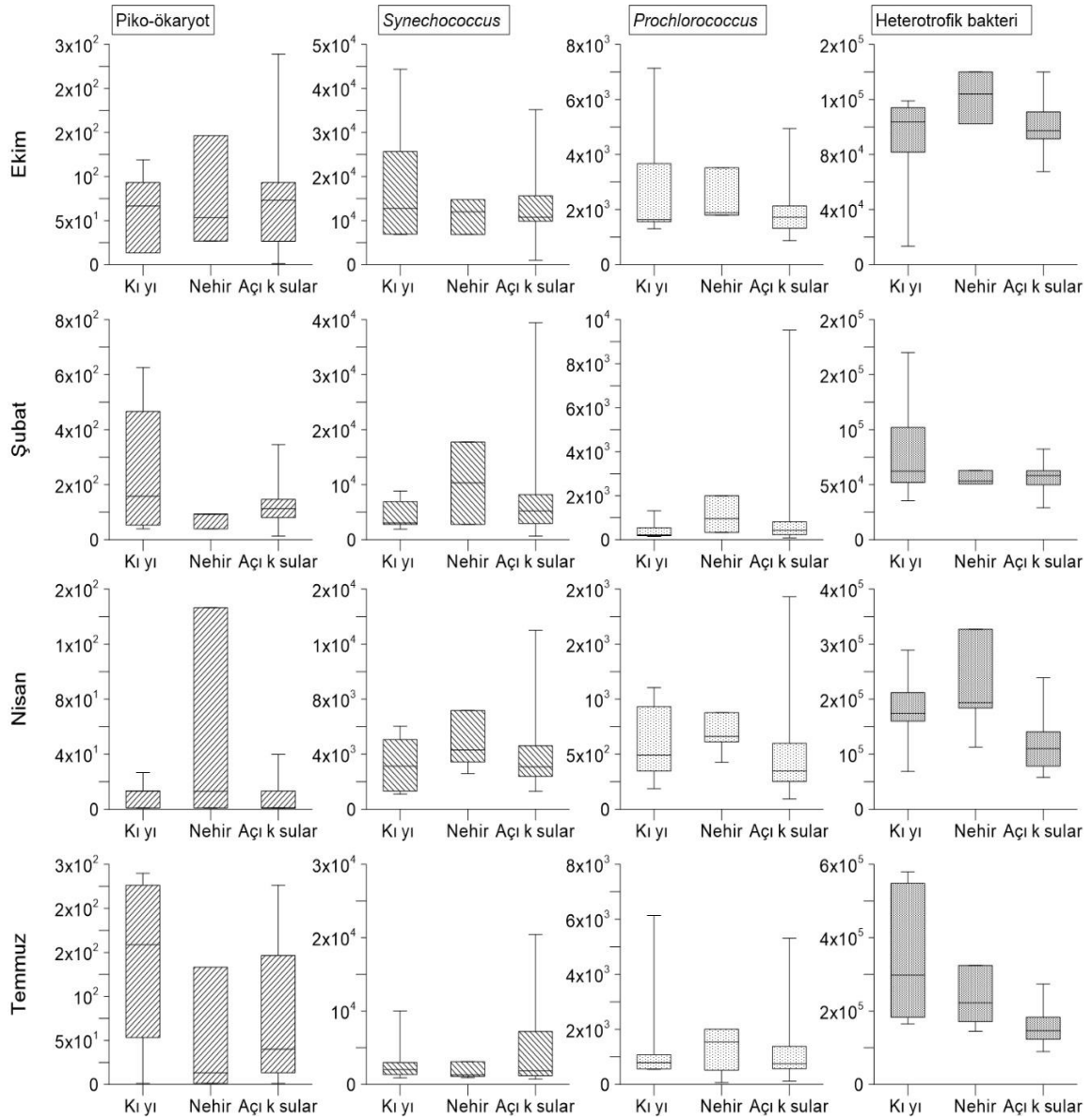
3.4.7. Göksu Nehri'nin pikoplankton bolluğuna etkisi

Pikoplankton bolluğunun ortam koşullarına göre değişimi incelendiğinde, piko-ökaryotların literatürdeki çalışmalara benzer şekilde besin tuzu yönünden zengin kıyusal ve açık sularda yaygın oldukları görülmüştür (Zubkov ve diğerleri, 2000; Frojan ve diğerleri, 2014; Teira ve diğerleri, 2015; Otero-Ferrer ve diğerleri, 2018, Mena ve diğerleri, 2019). *Synechococcus* bolluğunun bölgesel dağılımı incelendiğinde, hem kıyusal sularda hem nehir etki alanında hem de açık sularda gözlemlenmekle beraber; açık sularda daha baskın olduğu görülmektedir. Akdeniz'de *Synechococcus*'un hem oligotrofik hem ötrofik koşullar altında baskın olduğu başka çalışmalar da bulunmaktadır (Callieri ve Stockner, 2002; Badylak ve Philips, 2004; Uysal ve Köksalan, 2017). *Prochlorococcus*, *Synechococcus* dağılımına benzer şekilde hem verimli kıyusal sularda hem de oligotrofik sularda varlık göstermiştir. Göksu Nehri etki alanında ve kıyusal alanda bolluğu açık sulara oranla daha yüksektir. Heterotrofik bakteri bolluğunun ise kıyı ve nehir etki alanı içerisindeki istasyonlarda açık sulara oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.68). Bu sonuçlar Göksu Nehri'nden gelen besin tuzunun 4 plankton grubunun da bolluğunu olumlu yönde önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir.

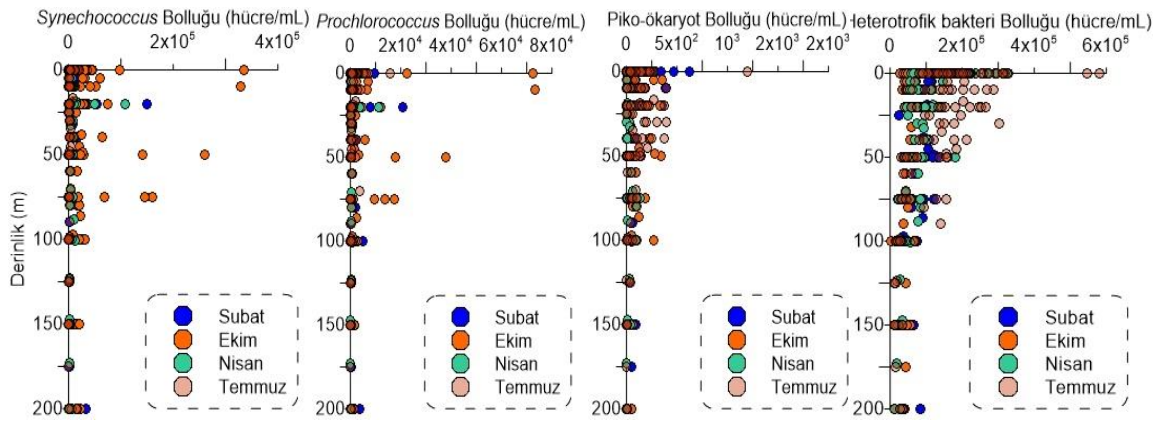
3.4.8. Pikoplankton kompozisyonunun değişimi

Pikoplanktonun su kolonundaki dağılımı ve kompozisyonu ışık, sıcaklık, tuzluluk, besin miktarı gibi abiyotik faktörlere ve nano ve mikropikoplankton tarafından avlanma ve virüsler ile zarar görme gibi biyotik faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Zhao ve diğerleri, 2016). Bu çevresel değişkenlere her pikoplanktonik gruba farklı tepkiler verdiği için su kolonundaki pikoplankton kompozisyonu mevsimsel ve mekânsal olarak değişiklik göstermektedir.

Prokaryotik pikoplankton sahip olduğu yüksek yüzey/hacim oranıyla oligotrofik koşullarda daha avantajlıdır (Raven, 1998). Buna bağlı olarak su kolonundaki prokaryotik pikoplanktonun (*Synechococcus* ve *Prochlorococcus*) mevsime ve derinliğe bağlı değişimi kendi arasında benzerlik gösterirken, ökaryotik grubun tepkilerinden farklılık göstermiştir (Şekil 5.21). Örnek olarak, tabakalaşmanın görüldüğü aylarda prokaryotik pikoplanktonun besin tuzu ve ışığın aynı anda görüldüğü derin sularda yüksek bollukta bulunurken (DKM oluşumu), piko-ökaryotların ve heterotrofik bakterinin bolluğu derinliğe bağlı olarak azalmıştır (Şekil 3.69).



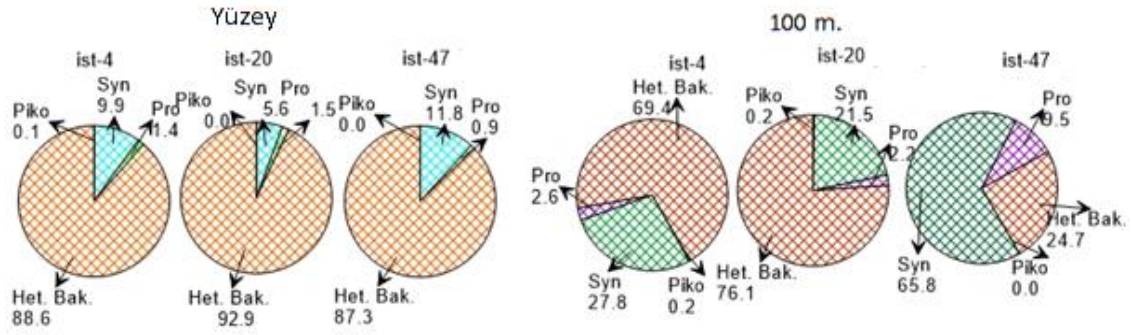
Şekil 3.68. Ortamın oligotrofik koşullarına bağlı olarak pikoplankton bolluğunda görülen değişimler (Eksenlere air skalalar farklıdır)



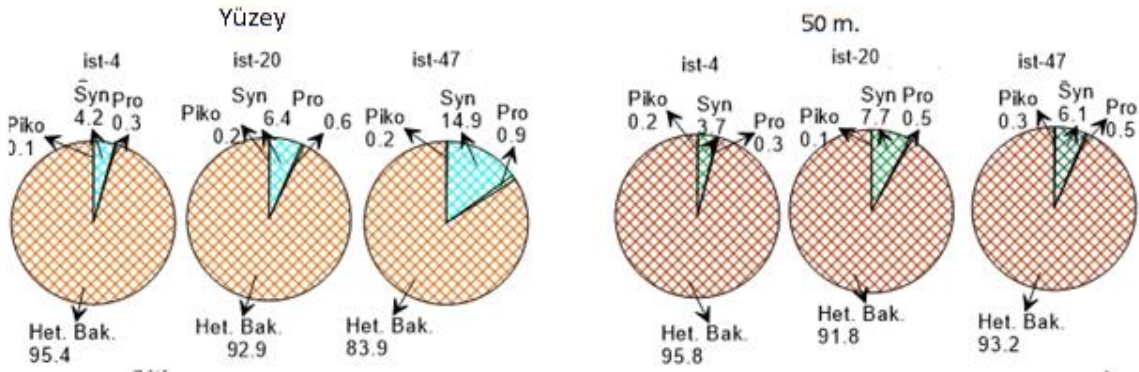
Şekil 3.69. Su kolonunda pikoplankton gruplarının mevsimlere bağlı olarak dağılımı

Bölgenin düşük besin tuzu içeren koşullarının bir sonucu olarak piko-ökaryotlar pikoplankton kompozisyonu içerisinde en düşük bolluğa sahip olan grup olmuştur. Onları sırasıyla *Prochlorococcus*, *Synechococcus* ve heterotrofik bakteri takip etmiştir. Mevsime bağlı olarak her grubun bolluğu değişirse de bu sıralama tüm sezonlarda aynı şekilde gözlemlenmiştir.

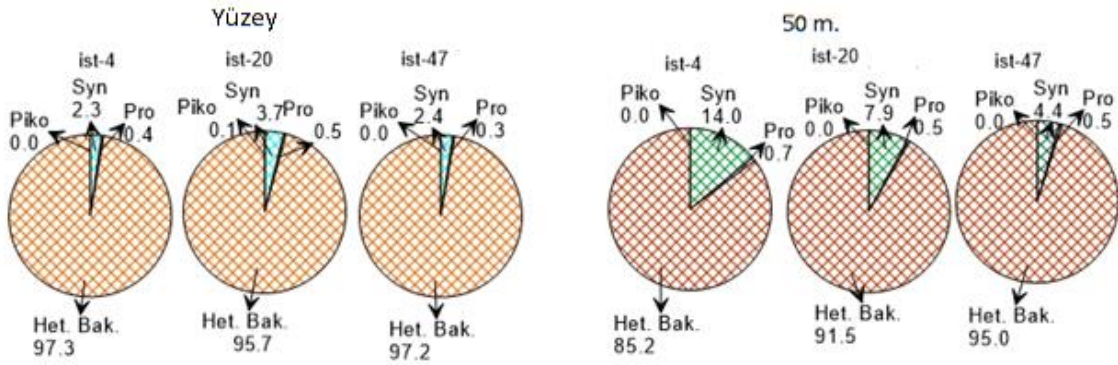
Heterotrofik bakterinin ortamdaki üreticilere oranı (*Prochlorococcus*, *Synechococcus* ve piko-ökaryotlar) bölgeye ve mevsime bağlı olarak 35 kata kadar ulaşmıştır (Şekil 3.70-3.73). Heterotrofik bakterinin üreticilere oranla bu kadar baskın olması ortamın oligotrofik olmasının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Li ve Harrison, 2001). Heterotrofik bakteriler bir yandan besin tuzlarına ulaşmak için pikofitoplanktonla rekabet ederken diğer yandan pikofitoplanktonun ürettiği organik madde üzerinden de beslenmektedir. Bu nedenle besin tuzunun sınırlı olduğu Doğu Akdeniz’de pikofitoplanktona göre daha avantajlıdır. Doğu Akdeniz’de yapılan önceki çalışmalarda (Tanaka ve diğerleri, 2007; Zoppini ve diğerleri, 2010; Siokou-Frangou ve diğerleri, 2010; Yücel, 2017; Sisma-ventura ve Rahav, 2019) da sistemin heterotrof bakteriler tarafından domine edildiği bildirilmiştir. Ayrıca, Powley, Krom ve Van Cappellen (2017)’nin yaptığı kütle denge hesaplamalarına göre Akdeniz’in heterotrofik sistem olduğu bildirilmiştir. Benzer sonuçlar Adriyatik Deniz’inde yürütülen çalışmalarda elde edilmiştir (Calvo-Díaz ve Mora, 2006; Šantic, Krstulovic, Solic, Ordulj ve Kus̃pivic, 2013; Šolić ve diğerleri, 2015).



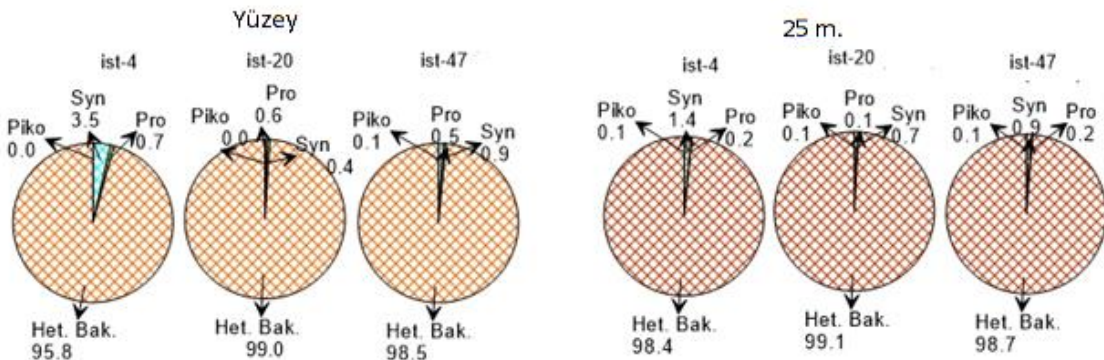
Şekil 3.70. Ekim ayı su kolonundaki pikoplankton kompozisyonu değişimi (0 ve 100 m.)



Şekil 3.71. Şubat ayı su kolonundaki pikoplankton kompozisyonu değişimi (0 ve 50m)



Şekil 3.72. Nisan ayı su kolonundaki pikoplankton kompozisyonu değişimi (0 ve 50m)

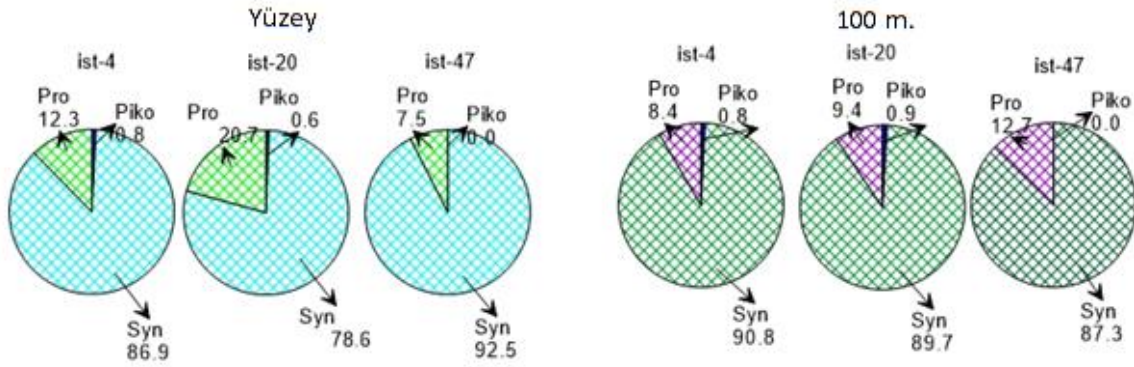


Şekil 3.73. Temmuz ayı su kolonundaki pikoplankton kompozisyonu değişimi (0 ve 25 m.)

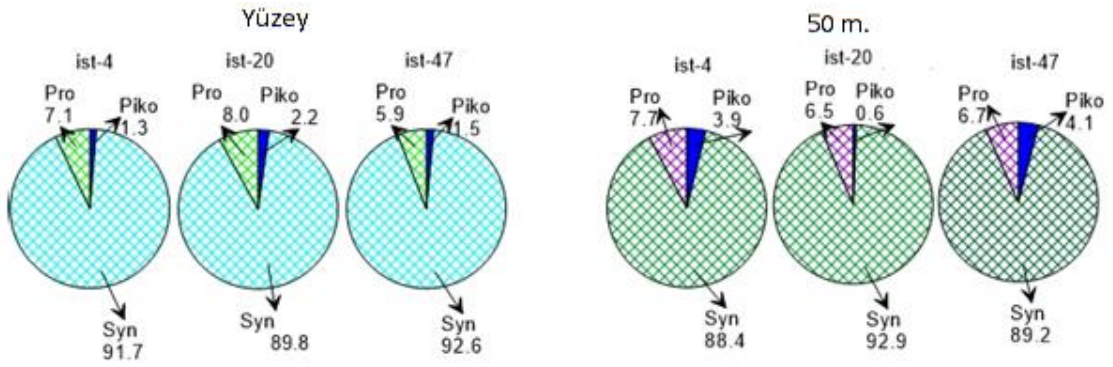
Pikoplankton kompozisyonunun kıyusal alanda (ist-4), nehir etki alanı içerisinde (ist-16) ve açık sularda (ist-47) mevsime bağlı olarak değişimi Şekil 3.70-3.73 arasında verilmiştir. Şubat, nisan ve temmuz aylarındaki kompozisyon incelendiğinde su kolonundaki heterotrofik bakteri bolluğunun %80 ile %99 arasında değiştiği gözükmektedir. Su kolonunda tabakalaşmanın çok keskin olduğu Ekim ayında *Synechococcus* kompozisyonu derin klorofil maksimumda %65 oranla domine ederken, *Prochlorococcus* ise toplam pikoplankton kompozisyonunun %10'unu oluşturmuştur. Bu durum özellikle *Synechococcus*'un tabakalaşma dönemlerinde öfotik zonun derin kısımlarında düşük miktarda bulunan besin tuzlarını verimli olarak kullanabilmesine bağlı gerçekleşmektedir. Bu durum nütriklin oluşumunun keskin olduğu dönemlerde *Synechococcus*'un su kolonunda daha baskın olmasını da açıklamaktadır (Agawin ve Agusti, 1997; Bauman ve diğerleri, 2011).

Synechococcus (0,8-1,5 µm) ve *Prochlorococcus* (0,6 µm) sahip oldukları farkı fizyolojik özellikler (Moore ve diğerleri, 1995) ve geliştirdikleri farklı evrim stratejeleri (Scanlan ve West, 2002) sonucunda birbirlerinden çok farklı coğrafik dağılımlara sahip olmuşlardır (Zubkov ve diğerleri, 2000). *Prochlorococcus* besin tuzu miktarının ciddi oranda düşük olduğu, görece sıcak sularda daha baskın iken, *Synechococcus* kıyusal alanlardaki ötrofik sulardan kutuplara, ultra-oligotrofik alanlara kadar dağılım göstermektedir (Johnson ve diğerleri, 2006; Otero-Fehler, 2018). *Synechococcus* ve *Prochlorococcus*'un çevresel değişkenlere yüzey ve su kolonunda benzer tepkiler verdikleri görülse de pikoplankton kompozisyonu içerisindeki dağılımları kendi içlerinde baskın olan alt türüne göre farklılık göstermiştir.

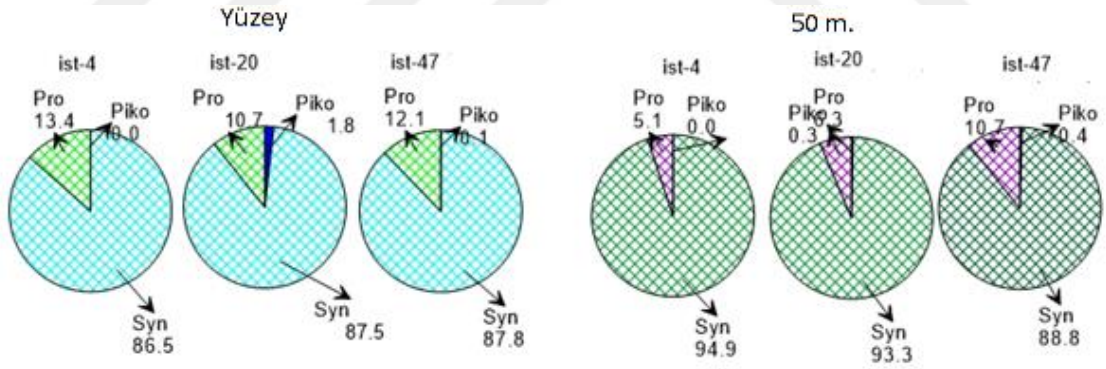
Synechococcus, *Prochlorococcus*'dan farklı olarak hem nitratı hem de amonyumu azot kaynağı olarak kullanabilmektedir (Moore ve diğerleri, 2002; Mulholland ve Lomas, 2008; Otero-Ferrer, 2018). Bunun bir sonucu olarak *Synechococcus* çok farklı koşullarda yaygın olarak gözlemlenmektedir (Moore ve diğerleri, 2002; Mulholland ve Lomas, 2008; Flombaum ve diğerleri, 2013). Özellikle, P-kısıtlı bölgelerde *Prochlorococcus*'a baskın gelip, bölgedeki ototrofik pikoplankton kompozisyonunu domine ettiği bildirilmektedir (Martiny ve diğerleri, 2009; Llabrés, Agusti, Alonso-Laita ve Herndl, 2010; Kevredis ve Galil, 2018). Bu tez çalışması sırasında elde edilen sonuçlar da geçmiş sonuçlar ile paralellik göstermektedir (Şekil 3.74-77).



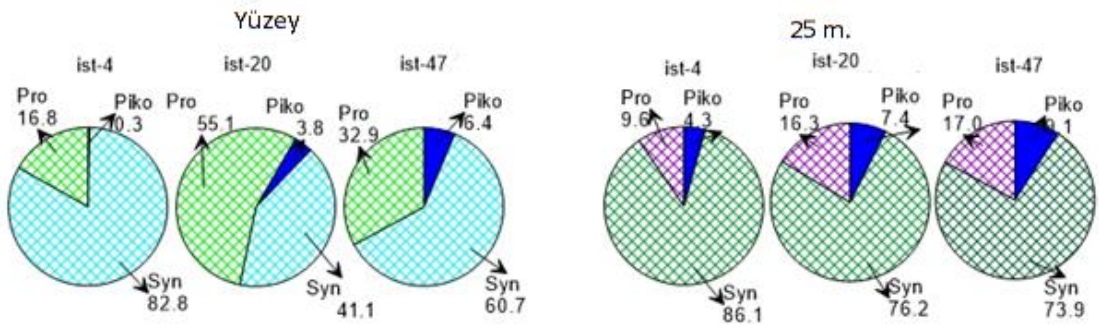
Şekil 3.74. Ekim ayı su kolonundaki pikofitoplankton kompozisyonu değişimi (0-100 m.)



Şekil 3.75. Şubat ayı su kolonundaki pikofitoplankton kompozisyonu değişimi (0-50 m.)



Şekil 3.76. Nisan ayı su kolonundaki pikofitoplankton kompozisyonu değişimi (0-50 m.)



Şekil 3.77. Temmuz ayı su kolonundaki pikofitoplankton kompozisyonu değişimi (0-25 m.)

Prochlorococcus su kolonundaki en düşük miktarı besin tuzu miktarının görece yüksek olduğu kış ayında gözlemlenmiştir zira *Prochlorococcus* düşük besin miktarında baskın olması ile bilinmektedir (Bouman ve diğerleri, 2011). Öte yandan, temmuz ayında pikofitoplankton kompozisyonu içerisinde en yüksek yüzdeye ulaşmış hatta yüzeyde kompozisyonun yarısını oluşturmuştur. Temmuz ayında yüzey suyu sıcaklığı ortalama olarak 21°C'dir ve kıyısal alanlarda bu değer 28°C'ye kadar ulaşmaktadır. *Prochlorococcus*, *Synechococcus*'a kıyasla daha sıcak sularda (24°C'nin üstünde) dominant olmaktadır (Moore ve diğerleri, 1995; Partensky ve diğerleri, 1996; 1999; Johnson ve diğerleri, 2006; Zinser ve diğerleri, 2007; Kulk ve diğerleri, 2012). Ayrıca *Prochlorococcus* yüksek ışık koşullarında hayatta kalmasını sağlayan zeaksantin (zeaxanthin) pigmenti içermektedir (Goericke, 1990; Yücel ve diğerleri, 2017; Kevredis ve Galil, 2018). Buna bağlı olarak foto-inhibasyona karşı daha dayanıklıdır. Sıcaklık ve yüksek ışığa karşı diğer gruplara göre daha dirençli olması nedeniyle Temmuz ayında *Prochlorococcus* önemli ölçüde artış göstermiştir (Şekil 3.77). Bu sonuca benzer olarak Flombaum ve diğerleri (2013), *Synechococcus* ve *Prochlorococcus*'un okyanuslardaki dağılımını incelediklerinde sıcaklık ve fotosentetik aktif radyasyon (PAR) (400-700 nm)'in onların kompozisyonunu ve dağılımını etkileyen temel faktörler olduğunu bildirmişlerdir.

Not olarak, bu kısımda pikoplankton kompozisyonu incelenirken türlerin bolluklarının kıyaslaması amaçlanmıştır. Karbon biyokütlesi üzerinden yapılacak olan hesaplamalar sonuçlara dair daha kapsamlı ve detaylı bilgi verecektir. Ne yazık ki, yapılan çalışmalarda hücrelere ait hacim ölçümleri yapılmadığında karbona dayalı biyokütle hesaplamaları gerçekleştirilememiştir.

3.4.9. Temel Bileşenler Analizi sonuçlarının yorumlanması

Mevsimsel Değişimi Belirleyen Etmenler

Pikoplankton kompozisyonunun mevsimlik değişimini etkileyen birincil faktörler (toplam varyansın %28'i) sıcaklık, NO₂+NO₃ ve Si konsantrasyonu ile derinlik olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, çalışma alanında gözlemlenen mevsimsel tabakalaşmanın pikoplankton kompozisyonunda gözlemlenen değişikliklerde ne kadar etkili olduğunu göstermektedir zira birincil çıkan bütün parametreler mevsimsel tabakalaşma ile ilişkilidir. Tabakalaşmanın ardından besin tuzlarının derinliğe bağlı olarak azalması ve uygun ışık koşullarında pikofitoplanktonun DKM'de baskın olması bu durumu uygun bir şekilde açıklamaktadır (Latasa ve diğerleri, 2017) Akdeniz'de daha önce yapılan çalışmalarda da

benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Otero-Ferrer ve diğerleri, 2018; Mena ve diğerleri, 2019). Ek olarak, sıcaklık bölgedeki prokaryotik pikoplanktonun dağılımını etkileyen temel faktör iken (Flamboum ve diğerleri, 2013.), besin tuzları konsantrasyonu da piko-ökaryotların dağılımını etkilemektedir (Otero-Ferrer ve diğerleri, 2018). Ortamdaki PO₄ konsantrasyonu ise tek başına toplam varyansın %8'ini açıklamıştır. Bölgede birincil üretimin P-kısıtlı olduğu düşünüldüğünde bu beklenen bir sonuçtur.

Bölgesel Değişimi Belirleyen Etmenler

Pikoplankton kompozisyonun bölgesel olarak değişimini açıklayan birincil varyans faktörü toplam varyansın %31'ini açıklamıştır. Bu anlamda tuzluluk, PO₄ konsantrasyonu, NO₂+NO₃ konsantrasyonu, Si konsantrasyonu, derinlik parametreleri çalışma alanındaki farklı trofik koşulları en iyi şekilde açıklayan parametreler olmuşlardır. Nehirin etkili olduğu tuzluluk oranı görece düşük kıyısız alanlar ile buharlaşmanın etkisi ile yüksek tuzluluğa sahip alanlar arasında pikoplankton kompozisyonu açısından farklılıklar gözlemlenmiştir. Piko-ökaryotların kıyısız alanlarda görece daha yüksek sayıda olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni P-kısıtlı hatta belli dönemlerde hem N-kısıtlı hem P-kısıtlı açık sularda (Yücel, 2013), prokaryotik pikoplanktonlarla baş edememeleri sonucu, besin tuzu yönünden daha zengin olan kıyısız alanlarda yoğunlaşmışlardır (Tanaka ve diğerleri, 2007)

3.5. Sonuçlar

Bu çalışmada piko-ökaryot bolluğu bölgeye ve mevsime bağlı olarak 1 hücre/mL ile 12x10² hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Yüzey sularında piko-ökaryot bolluğu kıyısız alanda, nehir etki alanı ile Taşucu ve Yeşilovacık Körfezleri civarında daha yüksek bulunmuştur. Ekim döneminde gözlemlenen tabakalaşma öfotik bölgede besin tuzu konsantrasyonunda ciddi bir gradyan oluşturmuş ve bu durum piko-ökaryot bolluğunun yüzeyde artış göstermesine neden olmuştur. Bundan dolayı hem açık istasyonlarda hem de kıyısız istasyonlarda homojen dağılım göstermiştir. Piko-ökaryot bolluğu yüzeyden derine doğru azalma eğiliminde olmakla beraber Ekim ayında DKM'da göreceli olarak arttığı tespit edilmiştir.

Su kolonunda *Synechococcus* bolluğu mevsime ve bölgeye bağlı olarak 1x10² hücre/mL ile 34x10⁴ hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Ortalama *Synechococcus* bolluğu Ekim, Nisan ve Temmuz aylarına nerdeyse aynı iken, Şubat ayında maksimuma ulaşmıştır. Bu dönemde kış karışım olaylarının etkisiyle yüzey sularında homojen bir dağılım göstermiştir.

Su kolonundaki *Synechococcus* bolluğu artan derinlikle beraber artmıştır. Ekim'de gözlemlenen kuvvetli tabakalaşmanın bir sonucu olarak *Synechococcus* bolluğu derin klorofil maksimuma yakın derinliklerde (75-100 metre civarı) en yüksek değerlerine ulaşmıştır.

Bu çalışmada *Prochlorococcus* bolluğu bölgeye ve mevsime bağlı olarak 30 hücre/mL ile 2×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Ortalama *Prochlorococcus* miktarı ekim, nisan ve şubat aylarında aynı iken temmuzda en yüksek sayıya ulaşmıştır. *Prochlorococcus*'un su kolonunda değişimi incelendiğinde ekim ayında DKM'da bolluğun arttığı gözlemlenmiştir. Nisan ve temmuz aylarında *Prochlorococcus* bolluğu ile derinlik arasında belirgin bir ilişkiye rastlanmamıştır. Bu dönemde su kolonundaki *Prochlorococcus* miktarı derinliğe bağlı değişmemiş, sabit kalmıştır. Kış dönemini temsil eden şubat ayında ise düzenli bir model oluşturmamakla beraber, nehir etki alanı içerisindeki istasyonlarda ve açık sularda bazı derinliklerde *Prochlorococcus* miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Çalışma alanındaki heterotrofik bakteri bolluğu mevsime ve bölgeye bağlı olarak $1,1 \times 10^4$ hücre/mL ile 33×10^4 hücre/mL arasında değişim göstermiştir. Ortalama heterotrofik bakteri bolluğu mevsimlere göre Temmuz>Nisan>Ekim>Şubat şeklinde sıralanmıştır. Heterotrofik bakteri bolluğunun derinliğe bağlı değişimi incelendiğinde, derinlik arttıkça bolluğun azaldığı gözlemlenmiştir.

Piko-ökaryotlar her dönemde pikoplankton kompozisyonundaki en az baskın tür olarak tespit edilmiş olup, bollukları Göksu Nehri mansabındaki istasyonlarda ve Göksu Nehri sularının Küçük Asya akıntısının etkisiyle bir süre tutulduğu Taşucu ve Yeşilovacık Körfezlerinde artış göstermiştir.

Bunun tam tersi olarak *Synechococcus* ötrofik bölgeden ve su kolonundaki derinlikten bağımsız şekilde fitopikoplankton içerisindeki en baskın grup olarak tespit edilmiştir. Bu durum bölgede hem PE içeren hem de PC içeren türlerin bölgede bir arada var olduğunu düşündürmektedir.

Prochlorococcus bolluğu ise mevsimlere ya da su kolonundaki derinliğe bağlı olarak önemli ölçüde değişim göstermemiştir. Ek olarak, ekim ayında gözlemlenen kuvvetli tabakalaşmadan dolayı DKM'de bolluğu artmıştır. Bu durum bölgede hem yüksek ışığa adapte olmuş hem de düşük ışığa adapte olmuş türlerin var olduğunu düşündürmektedir.

Pikoplankton kompozisyonu içerisinde en baskın bulunan tür heterotrofik bakteri olmuştur. Heterotrofik bakterinin ortamdaki üreticilere oranı (*Prochlorococcus*, *Synechococcus* ve piko-ökaryotlar) bölgeye ve mevsime bağlı olarak 35 kata kadar ulaşmıştır. Heterotrofik bakterinin üreticilere oranla bu kadar baskın olması sistemin oligotrofik olmasının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir

Pikoplankton kompozisyonunun mevsimlik değişimini etkileyen birincil faktörler (sıcaklık, NO_2+NO_3 ve Si konsantrasyonu ile derinlik olarak tespit edilmiştir. Bölgesel değişim incelendiğinde ortaya çıkan tuzluluk, PO_4 , NO_2+NO_3 ve Si dağılımları nehirlerden gelen tatlı su girdisinin pikoplankton bolluğu ve kompozisyonunu ciddi bir şekilde değiştirdiğini göstermektedir.



4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Zengin besin tuzu içeriği olan nehir suları Kuzeydoğu Akdeniz'e boşaldığında bölgede mevcut olan akıntı sistemiyle kuzey-kuzeybatı yönlü kıyı boyunca taşınmakta ve Küçük Asya akıntısının etkisi ile açıklara ulaşamamaktadır (Akpınar ve diğerleri, 2016). Bundan dolayı nehirlerden gelen besin tuzu bölgedeki kimyasal ve biyolojik dinamikleri önemli ölçüde etkilemektedir.

Fitoplanktonun okyanuslarda optimum koşullarda büyümesi ve çoğalması için gerekli olan N:P oranı düşünüldüğünde, kuzeydoğu Akdeniz sularının çoğu zaman optimum büyüme destekleyecek miktarda azot tuzu içerdiği ve Göksu Nehri'nden gelen yüksek PO₄ içeren suların etkisiyle P-kısıtlı Kuzeydoğu Akdeniz'de birincil üretimi arttırdığı görülmektedir.

Pikoplanktonun su kolonundaki ve bölgesel değişimi incelendiğinde, Göksu Nehri'nden gelen zengin besin tuzu içeren suların kıyısal alanda ve nehrin etki alanı içerisinde bolluğu önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Bu durumu teyit eder şekilde pikoplankton kompozisyonunun bölgesel değişimini etkileyen temel faktörlerin PO₄, NO₂+NO₃ ve Si konsantrasyonu ve derinlik olduğu belirlenmiştir.

Göksu Nehri'nden kuzeydoğu Akdeniz'e ulaşan sular ötrofikasyon riski açısından incelendiğinde kıyı sularının özellikle nitrit açısından hassas olduğu belirlenmiştir (Ayaz ve diğerleri, 2013). "Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik" kapsamında hassas alan olarak tanımlanan Göksu Nehri'nde su kalitesinin iyileştirilmesi için noktasal kıyı deşarjlarının durdurulması, arıtılmış atıksu deşarjlarının alıcı ortamın ötrofikasyon riski dikkate alınarak düzenlenmesi, iyi tarım uygulamaları yapılarak bölgeden nehir vasıtasıyla kıyı sularına ulaşan besin tuzu miktarının azaltılması gerekmektedir.

Göksu Nehri üzerinde yapılan hidroelektrik santrallerin nehirden kıyıya ulaşan Si miktarını azalttığı bildirilmektedir (Akçay ve Tuğrul, 2018). Alıcı ortama ulaşan Si/NO₃ oranındaki azalma alıcı ortamdaki diatom/dinoflagellat oranını etkilemekte (Tuğrul ve diğerleri, 2018) ve toksik etkilere neden olabilen dinoflagellat oranını arttırabilmektedir. Bu nedenle Bakanlıklar tarafından belirlenen "yüzeysel sularda izlenmesi gereken kalite elementleri" listesine akarsularda silisyum konsantrasyonunun takibinin de eklenmesi önerilmektedir.

Nehirden gelen besin tuzlarının bölgedeki birincil üretime olan etkisini anlamak için yapılan istatistiksel analizler, nehirden gelen PO₄ konsantrasyonu ile klorofil-*a* konsantrasyonu

arasında linear bir ilişki olduğunu ($p < 0,01$) ve NO_3 konsantrasyonu ile yüzey klorofil-*a* arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur ($p < 0,05$). Bununla beraber NO_2 ve NH_4 tuzları ile klorofil-*a* konsantrasyonu arasında direk bir ilişki tespit edilememiştir. Yüzey klorofil-*a* ve NO_3 konsantrasyonu arasında belirlenen ilişkinin kıyusal alanlarda kış ve bahar sonunda gözlemlenen diatom baskınlarıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle kıyusal sularda fitoplankton gruplarının PO_4 ve NO_3 alım kapasitesi (uptake affinity) ile ilgili daha detaylı çalışmalar yapılması bilime önemli katkılar sunacaktır.



KAYNAKÇA

- Ackerman, D., Schiff, K. (2003). Modeling storm water mass emissions to the southern California bight. *Journal of Environmental Engineering* 129, 308–317.
- Agawin, N. S., Agusti, S. (1997). Abundance, frequency of dividing cells and growth rates of *Synechococcus* sp.(cyanobacteria) in the stratified Northwest Mediterranean Sea. *Journal of plankton research*, 19(11), 1599-1615.
- Akçay, İ., Tuğrul, T. (2018). Riverine nutrient inputs to the Mersin Bay, northeastern Mediterranean. In: Özcan G, Tarkan AS, Özcan T (eds) International marine & freshwater sciences symposium proceedings. Kemer, Antalya, p 56-60
- Akpınar A., Yılmaz E., Bettina A.F., Salihoğlu B. (2016). Physical Oceanography of the Eastern Mediterranean Sea. The Turkish Part of Mediterranean Sea. (Eds, Turan C.,Salihoğlu B.,Özgür Özbek E.) pp 1-14, İstanbul
- Alonso-Laita, P., Navarro, N., Duarte, C. M., Agusti, S. (2005). Seasonality of picophytoplankton abundance and cell death in a Mediterranean Bay (Bay of Palma, Majorca Island). *Vie et Milieu*, 55(3-4), 177-184.
- Amorim, A.L., Leon, P., Mercado, J.M., Cortez, D., Gomez, F.,Putzeys, S.,Salles, S., Yebra, L. (2016). Controls of picophytoplankton abundance and composition in a highly dynamic marine system, the Northern Alboran Sea (Western Mediterranean). *J Sea Res* 112,13-22
- APHA., (2005). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (Eaton, A.D., Clesceri, L.S., rice, E.W., Greenberg, A.E. eds.) 21nd Edition, American Public Health Association. Washington, USA.
- Ay, C., Cantürk, Z. (2015). Flow sitometrinin mikrobiyoloji alanında kullanımı. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 30(3), 144-151
- Ayaz, S., Koyunluoğlu Aynur, Ş., Atasoy Aytış, E., Erdoğan, N., Metin, E., Doğan, Ö., Uyuşur, B., Haksevenler, B.H.G., Dilaver, M., Beşiktaş, M., Kalay, B., Aydöner, C., Sarıkaya, Ö., Akyol, O. (2013). Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi. Doğu Akdeniz Havzası Nihai Raporu. TUBITAK MAM. Gebze Kocaeli
- 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 ecology progress series*, 257-263.
- Badylak S. ve Phlips E.J. (2004) Spatial and temporal patterns of phytoplankton composition in a subtropical coastal lagoon, the Indian River Lagoon, Florida, USA. *Journal of Plankton Research*, 26, 1229–1247.
- Baith, K., Lindsay, R., Fu, G., McClain, C.R. (2001). SeaDAS, a data analysis system for ocean-color satellite sensors. *EOS Trans, AGU*, 82. pg 202.
- Baker, A. R., Weston, K., Kelly, S. D., Voss, M., Streu, P., Cape, J. N. (2007). Dry and wet deposition of nutrients from the tropical Atlantic atmosphere: Links to primary productivity and nitrogen fixation, *Deep-Sea Res. Pt. II*, 54, 1704–1720.
- Bayındırlı, C. (2007). Monthly changes in the abundance and biomass of pikoplankton (cyanobacteria *Synechococcus* & heterotrophic bacteria) in the Cilician Basin (Eastern

- Mediterranean) Ms. C. thesis, Institute of Marine Science, Middle East Tech. Univ, Mersin, Turkey
- Bettiol, C., Flaviano, C., Stefano, G., Molinaroli, E., Rossini, P., Zaggia, L., Zonta, R. (2005). Atmospheric and riverine inputs of metals, nutrients and persistent organic pollutants into the lagoon of Venice. *Hydrobiologica*, 550, 151-165.
- Beusen, A. H., Bouwman, A. F., Van Beek, L. P., Mogollón, J. M., Middelburg, J. J. (2016). Global riverine N and P transport to ocean increased during the 20th century despite increased retention along the aquatic continuum. *Biogeosciences*, 13(8), 2441-2451.
- Birkinshaw, S.J., Ewen, J. (2000). Nitrogen transformation component for SHETRAN catchment nitrate transport modelling. *Journal of Hydrology*, 230, 1–17.
- Boran, L.J. (2017) Natural and human induced nutrient impacts on phytoplankton communities in Mersin Bay, NE Mediterranean. Doktora tezi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mersin, Turkey
- Bouman, H.A., Ulloa, O., Barlow, R., Li, W. K., Platt, T., Zwirgmaier, K., Sathyendranath, S. (2011). Water-column stratification governs the community structure of subtropical marine picophytoplankton. *Environmental Microbiology Reports*, 3(4), 473-482.
- Buhvestova, O., Kangur, K., Haldna, M., ve Möls, T. (2011). Nitrogen and phosphorus in Estonian rivers discharging into Lake Peipsi: estimation of loads and seasonal and spatial distribution of concentrations. *Estonian Journal of Ecology*, 60(1), 18.
- Callieri C. ve Stockner J.G. (2002). Freshwater autotrophic picoplankton: a review. *Journal of Limnology*, 61, 1–14.
- Calvo-Díaz A. ve Mora'n X.A.G. (2006). Seasonal dynamics of picoplankton in shelf waters of the southern Bay of Biscay. *Aquatic Microbial Ecology*, 42, 159–174.
- Chen, C.T.A. (2009). Chemical and physical fronts in the Bohai, Yellow and East China Seas. *J. Mar. Syst.* 78, 394–410.
- Cirik, S. ve Gökpinar, Ş. (2008). Plankton Bilgisi ve Kültürü. Ege Üniversitesi Yayınları. Bornova/İzmir
- Cole, J.J., Findlay, S. ve Pace, M.L. (1988). Bacterial production in fresh and saltwater ecosystems: a cross-system overview. *Marine Ecology Progress Series*, 43, 1–10.
- Çetinkaya, G. (1996). Göksu Deltası Tarım alanlarında kullanılan tarımsal kimyasalların Oluşturduğu Çevresel Etkiler. Ms. S. Thesis, C.Ü. Fen Bil. Ens. Peyzaj Mimarlığı Anabilimdalı, Adana.
- Dagg, M., Benner, R., Lohrenz, S., Lawrence, D. (2004). Transformation of dissolved and particulate materials on continental shelves influenced by large rivers: plume processes. *Cont. Shelf Res.* 24, 833–858.
- Daniel, H. (2004). A Review and Applications of Flow Cytometry. Department of Chemistry”, University of Illinois at Urbana-Champaign. In: Kanev, M., Muranlı, F.G. (2016). Flow sitometri ve kullanım alanları. *Sakarya University Journal of Science*, 20(1): 33-38.
- Internet: DEKOSİM. URL:<http://dekosim.ims.metu.edu.tr/115Y629/115y629page4.htm> Son Erişim Tarihi: 24.10.2019

- Demirel Z., Özer Z., Özer O. (2011). Investigation and modeling of water quality of Göksu River (Cleados) in an international protected area by GIS.TOJSAT: *The online journal of Science and Technology*, 1(1): 7-17
- Doğan-Sağlamtimur, N., Tuğrul, S. (2004). Effect of riverine nutrients on coastal water ecosystems: a case study from the northeastern Mediterranean shelf. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13, 1288-1294.
- Internet: Doney, S. (2014). Marine chemistry lecture notes on primary production. URL: <https://ocw.mit.edu/courses/earth-atmospheric-and-planetary-sciences/12-742-marine-chemistry-fall-2006/lecture-notes/lec14.pdf>. Son erişim tarihi: 24.08.2020
- Internet: DSİ. (2019). Rasatlar Bilgi Sistemi. URL: <http://svtbilgi.dsi.gov.tr/Bilgi.aspx?istasyon=D17A053%20KARGICAK%20G%C3%96KSU%20N>. Son Erişim Tarihi: 09.12.2019
- Internet: DSİ. (2020). DSİ 6. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü Akredite Deney Listesi. URL: <https://secure.turkak.org.tr/kapsam/Scope/PublicHTML/148?sube=2733&language=0> Son Erişim Tarihi: 04.09.2019
- Ducklow, H.W., Purdie, D.A., Williams, P.J.L. ve Davis, J.M. (1986). Bacterioplankton: a sink for carbon in a coastal marine plankton community. *Science*, 232, 865–867.
- Dufresne, A., Ostrowski, M., Scanlan, D.J., Garczarek, L., Mazard, S., Palenik, B.P., Paulsen, I.T., de Marsac, N.T., Wincker, P., Dossat, C., Ferreira, S., Johnson, J., Post, A.F., Hess, W.R., Partensky, F. (2008). Unravelling the genomic mosaic of a ubiquitous genus of marine cyanobacteria *Genome Biol.*, 9:R9 doi: 10.1186/gb-2008-9-5-r90
- Durand, M.D., Olson, R.J., Chisholm, S.W. (2001). Phytoplankton population dynamics at the Bermuda Atlantic time-series station in the Sargasso Sea. *Deep Sea Res. Part II*, 48, 1983–2003
- Ediger, D., Yilmaz, A. (1996). Characteristics of deep chlorophyll maximum in the Northeastern Mediterranean with respect to environmental conditions. *Journal of Marine Systems*, 9(3-4), 291-303.
- Eker, E., Kıdeys, A.E. (2000) Weekly variations in phytoplankton structure of a harbour in Mersin Bay (north-eastern Mediterranean) *Turk J Bot*, 24(1), 13-24
- EMCC. Eastern Mediterrenean climate center. URL: <http://www.emcc.mgm.gov.tr/archive-view.aspx?y=2014&m=02> Son Erişim Tarihi:08.01.2020
- Estrada, M. (1996) Primary production in the northwestern Mediterranean, *Sci. Mar.*, 60(2), 55–64.
- Fernandez, C., Gonzalez-Doncel, M., Pro, J., Carbonell, G. ve Tarzona, J.V. (2010). Occurrence of pharmaceutically active compounds in surface waters of the Henares-Jarama-Tajo river system (Madrid, Spain) and a potential risk characterization. *Science of the Total Environment*, 408, 543–551.
- Flombaum, P., Gordillo, R. A., Zabala, L. L., Jiao, N., Karl, D. M., Li, W. K., Lomas, M.W., Veneziano, D., Vera, C. S., Vrugt, J. A., and Martiny, A. C. (2013). Present and future global distributions of the marine Cyanobacteria *Prochlorococcus* and *Synechococcus*, *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 110, 1–12

- Frame, E.R., Lessard, E.J. (2009). Does the Columbia River plume influence phytoplankton community structure along the Washington and Oregon coasts? *J. Geophys. Res.*, 114. <http://dx.doi.org/10.1029/2008JC004999>.
- Frojan, M., Arbones, B., Zuniga, D., Castro, C. G., ve Figueiras, F. G. (2014). Microbial plankton community in the Ria de Vigo (NW Iberian upwelling system): impact of the culture of *Mytilus galloprovincialis*, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 498, 43–54, <https://doi.org/10.3354/meps10612>.
- Gazihan, A. (2010). 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. Master Tezi. Deniz bilimleri Enstitüsü. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mersin, Turkey
- Glover, H.E., Prézelin, B.B., Campbell, L., Wyman, M. (1988). Pico-and ultraplankton Sargasso Sea communities: variability and comparative distributions of *Synechococcus* spp. and algae. *Mar Ecol Prog Ser*, 49, 127-139.
- Goericke, R. (1990). Pigments as ecological tracers for the study of the abundance and growth of marine phytoplankton. Doktora tezi, Harvard Univ, USA
- Goldman, J., McCarthy, J. ve Peavey, D. (1979). Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. *Nature* 279, 210–215 doi:10.1038/279210a0
- Grasshoff, K, Ehrhardt, M, Kremling, K .(1983). Methods of Seawater Analysis. Verlag Chemie, Weinheim, 237 pp.
- Grob, C., Ulloa, O., Li, W. K. W., Alarcón, G., Fukasawa, M., and Watanabe, S. (2007). Picoplankton abundance and biomass across the eastern South Pacific Ocean along latitude 32.5°S. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 332, 53–62. doi: 10.3354/meps332053
- Guasto, J. S., Rusconi, R., and Stocker, R. (2012). Fluid Mechanics of Planktonic Microorganisms, *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 44, 373–400, <https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-120710-101156>
- Guerzoni, S., Chester, R., Dulac, F., Herut, B., Loye-Pilot, M. D., Measures, C., Migon, C., Molinaroli, E., Moulin, C., Rossini, P., Saydam, C., Soudine, A., and Ziveri, P. (1999). The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean sea., *Prog. Oceanogr.*, 44, 147–190.
- Jeffrey, S.W., Mantoura, R.F.C. ve Wright, S.W. (1997). Phytoplankton pigments in oceanography: Guidelines to modern methods. UNESCO Publishing Paris, s 37-84, ISBN 9231032755.
- Jiang, Z.B., Liu, J.J., Chen, J.F., Chen, Q.Z., Yan, X.J., Xuan, J.L., Zeng, J.N. (2014). Responses of summer phytoplankton community to drastic environmental changes in the Changjiang (Yangtze River) estuary during the past 50 years. *Water Res.* 54, 1–11.
- Johnes, P. J. (2007). Uncertainties in annual riverine phosphorus load estimation: impact of load estimation methodology, sampling frequency, baseflow index and catchment population density. *Journal of Hydrology*, 332(1-2), 241-258.
- Johnson A.R. ve Wichern D.W. (2007). Applied Multivariate Statistical Analysis. 6th Edition. Pearson Prentice Hall. New Jersey

- Johnson, Z.I., Zinser, E.R., Coe, A., Mcnulty, N.P., Woodward, E.M.S., Chisholm, S.W. (2006). Niche partitioning among *Prochlorococcus* ecotypes along ocean-scale environmental gradients. *Science*, 311:737–1740 doi: 10.1126/science.1118052
- Kalaycı, Ş. (2016). SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, 7. Baskı. Asil Yayın Dağıtım. ANKARA
- Kanev, M. Muranlı, F.G. (2016). Flow sitometri ve kullanım alanları. *Sakarya University Journal of Science*, 20(1), 33-38.
- Kangur, K. ve Möls, T. (2008). Changes in spatial distribution of phosphorus and nitrogen in the large north-temperate lowland Lake Peipsi (Estonia/Russia). *Hydrobiologia*, 599, 31–39.
- Kevrekidis, K. Galil, B S.(2018). Dynamics of picoplankton community from coastal waters to open sea in Central Adriatic. *Mediterranean Marine Science*, 15(1), 179-188.
- Kılıç, E. ve Yücel, N. (2019). Determination of Spatial and Temporal Changes in Water Quality at Asi River Using Multivariate Statistical Techniques. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19, 727-737. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_9_02
- Kılıç, E., Akpınar, A., Yücel, N . (2018). The Asi River's Estimated Nutrient Load and Effects on the Eastern Mediterranean. *Aquatic Sciences and Engineering*, 33 (2) , 61-66. DOI: 10.18864/ase201810
- Kirchman, D. L. (2000). Uptake and regeneration of inorganic nutrients by marine heterotrophic bacteria, *Microb. Ecol.*, 28, 255–271
- Koçak, M., Kubilay, N., Tuğrul, S., Mihalopoulos, N. (2010). Atmospheric nutrient inputs to the northern Levantine basin from a long-term observation: sources and comparison with riverine inputs. *Biogeosciences*. 7(12), 4037-4050.
- Koçak, M., Nimmo, M., Kubilay, N., ve Herut, B. (2004). Spatiotemporal aerosol trace metal concentrations and sources in the Levantine basin of the eastern Mediterranean, *Atmos. Environ.*, 38, 2133–2144.
- Krom, M. D., Kress, N., Brenner, S., and Gordon, L. (1991). Phosphorous limitation of primary productivity in the Eastern Mediterranean Sea, *Limnol. Oceanogr.*, 36, 424–432
- Krom, M. D., Thingstad, T. F., Brenner, S., Carbo, P., Drakopoulos, P., Fileman, T. W., Flaten, G.A.F, Groom, S., Herut, B., Kitidis, V., Kress, N., Law, C.S., Liddicoat, M.I., Mantoura, R.F.C., Pasternak, A., Pitta, P., Polychronaki, T., Psarra, S., Rassoulzadegan, F., Skjoldal, E.F., Spyres, G., Tanaka, T., Tselepides, A., Wassmann, P., Wexels Riser, C., Woodward, E.M.S., Zodiatis, G., Zohary, T. (2005). Summary and overview of the CYCLOPS P addition Lagrangian experiment in the Eastern Mediterranean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 52(22-23), 3090-3108.
- Kubilay, N., Nickovic, S., Moulin, C., and Dulac, F.(2000). An illustration of the transport and deposition of mineral dust onto the eastern Mediterranean, *Atmos. Environ.*, 34, 1293–1303,
- Kulk, G., de Vries, P., van de Poll, W.H., Visser, R.J.W., Buma, A.G.J. (2012). Temperature-dependent growth and photo physiology of prokaryotic and eukaryotic oceanic

- picophytoplankton. *Mar Ecol Prog Ser*, 466, 43–55 doi: 10.3354/meps09898
- Lalli, C., Parsons, T.R. (1997). Biological oceanography: an introduction. Butterworth-Heinemann.
- Lännergren, C. (1979). Buoyancy of natural populations of marine phytoplankton. *Marine Biology*, 54(1), 1-10.
- Lasternas, S., Agustí, S., Duarte, C. M. (2010). Phyto-and bacterioplankton abundance and viability and their relationship with phosphorus across the Mediterranean Sea. *Aquatic Microbial Ecology*, 60(2), 175-191.
- Latasa, M., Cabello, A. M., Morán, X. A. G., Massana, R., Scharek, R. (2017). Distribution of phytoplankton groups within the deep chlorophyll maximum. *Limnology and Oceanography*, 62(2), 665-685.
- Laznik, M., Stålnacke, P., Grimvall, A., & Wittgren, H. B. (1999). Riverine input of nutrients to the Gulf of Riga—temporal and spatial variation. *Journal of Marine Systems*, 23(1-3), 11-25.
- Ledoux, E., Gomez, E., Monget, J.M., Viavattene, C., Viennot, P., Ducharne, A., Benoit, M., Mignolet, C., Schott, C., Mary, B. (2007). Agriculture and groundwater nitrate contamination in the Seine basin. The STICS–MODCOU modelling chain. *Science of the Total Environment*, 375(1-3), 33-47.. doi:10.1016/j.scitotenv.2006.
- Lei L. (2013). Assessment of Water Quality Using Multivariate Statistical Techniques in the Ying River Basin, China. PhD Thesis of University of Michigan.
- Li, W.K.W. (1998). Annual average abundance of heterotrophic bacteria and *Synechococcus* in surface ocean waters. *Limnol. Oceanogr.* 43: 1746-1753.
- Li, W.K.W. ve Harrison, W.G. (2001). Chlorophyll, bacteria and pico-phytoplankton in ecological provinces of the North Atlantic. *Deep-Sea Research II*, 48, 2271–2293
- Li, W.K.W., Head, E.J.H., Harrison, W.G. (2004). Macroecological limits of heterotrophic bacterial abundance in the ocean. *Deep-Sea Res*, I 51:1529–1540
- Li, W.K.W., Zohary, T., Yacobi, Y.Z., Wood, A.M. (1993). Ultraphytoplankton in the eastern Mediterranean Sea: towards deriving phytoplankton biomass from flow cytometric measurements of abundance, fluorescence and light scatter. *Mar. Ecol. - Prog. Ser.*, 102: 79-87 doi: 10.3354/meps102079
- Llabrés , M., Agustí, S., Alonso-Laita, P., Herndl, G.J. (2010). *Synechococcus* and *Prochlorococcus* cell death induced by UV radiation and the penetration of lethal UVR in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 399, 27-30.
- MacIsaac, J. J., Dugdale, R. C., Barber, R. T., Blasco, D. ve Packard, T. T. (1985). Primary production cycle in an upwelling center. Deep Sea Research Part A. *Oceanographic Research Papers*, 32(5), 503-529.
- Magazzu, G., Decembri, F. (1995) Primary production, biomass and abundance of phototrophic picoplankton in he Mediterranean Sea: a review. *Aquat Microb Ecol*, 9, 97–104
- Malanotte-Rizzoli, P., Manca, B.B., Ribera d'Alcala, M., Theocharis, A., Brenner, S., Budillon, G. ve Özsoy, E. (1999). The Eastern Mediterranean in the 80s and in the90s: the big transition in the intermediate and deep circulations. *Dynamics of Atmospheres*

- and Oceans*, 29(2–4), 365–395.
- Marchi, L., Borga, M., Preciso, E. ve Gaume, E. (2010). Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management. *Journal of Hydrology*, 394: 118–133
- Margalef, R. (1963). El ecosistema pelágico de un área costera del Mediterráneo occidental. Mem. real Acad. Ci. Artes Barcelona, 35: 1-48. In: M. Estrada, “Primary production in the northwestern Mediterranean,” *Sci. Mar.*, 60(2),55–64, 1996.
- Marie D., Partensky F., Jacquet S. Vaultot, D. (1996). Enumeration and cell cycle analysis of natural populations of marine picoplankton by flow cytometry using the nucleic acid stain SYBR Green I. *Applied and environmental microbiology*, 63(1), 186-193.
- Markaki, Z., Loye-Pilot, M. D., Violaki, K., Benyahya, L., ve Mihalopoulos, N.(2010) Variability of atmospheric deposition of dissolved nitrogen and phosphorus in the Mediterranean and possible link to the anomalous seawater N/P ratio, *Mar. Chem.*, 120, 187–194.
- Markogianni, V., Varkitzi, I., Pagou, K., Pavlidou, A., & Dimitriou, E. (2017). Nutrient flows and related impacts between a Mediterranean river and the associated coastal area. *Continental Shelf Research*, 134, 1-14.
- Martiny, A.C., Huang, Y., Li, W. (2009). Occurrence of phosphate acquisition genes in *Prochlorococcus* cells from different ocean regions. *Environmental Microbiology*, 11(6), 1340- 1347.
- Martiny, A.C., Pham, C.T.A., Primeau, F.W., Vrugt, J.A., Moore, J.K., Levin, S.A., Lomas, M.W. (2013). Strong latitudinal patterns in the elemental ratios of marine plankton and organic matter. *Nature Geoscience*, 6, 279-283
- Massana, R. (2011). Eukaryotic picoplankton in surface oceans. *Annu. Rev. Microbiol*, 65, 91–110. doi: 10.1146/annurev-micro-090110-10 2903
- Mella-Flores, D., Mazrd, S., Humily, F., Partensky, F., Mahé, F., Bariat, L., Courties, C., Marie, D., Ras, J., Mauriac, R., Jeanthon, C., Bendif, E.M., Ostrowski, M., Scanlan, D.J., Garczarek, L. (2011) Is the distribution of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* ecotypes in the Mediterranean Sea affected by global warming? *Biogeosci. Discuss.*, 8:4281-4330 doi:10.5194/bg-8-2785-2011
- Mena, C., Reglero, P., Hidalgo, M., Sintes, E., Santiago, R., Martín, M., Moyà, G., Balbín, R. (2019). Phytoplankton Community Structure Is Driven by Stratification in the Oligotrophic Mediterranean Sea. *Frontiers in Microbiology*, 10 (1968): 1-15
- Meybeck, M., Dürr, H., Roussennac, S. ve Ludwig, W. (2007). Regional seas and their interception of riverine fluxes to oceans, *Mar. Chem.*, 106, 301–325.
- Mihalatou, H. M. ve Moustaka-Gouni, M. (2002). Pico-, Nano-, Microplankton Abundance and Primary Productivity in a Eutrophic Coastal Area of the Aegean Sea, Mediterranean. *International Review of Hydrobiology: A Journal Covering all Aspects of Limnology and Marine Biology*, 87(4), 439-456.
- Minero, C., Chiron, S., Falletti, G., Maurino, V., Pelizzetti, E., Ajassa, R., Carlotti, M.E. ve Vione, D. (2007). Photochemical processes involving nitrite in surface water samples. *Aquatic Sciences*, 69(1). 71-85.

- Moore, L. R., Post, A. F., Rocap, G. ve Chisholm, S. W. (2002). Utilization of different nitrogen sources by the marine cyanobacteria *Prochlorococcus* and *Synechococcus*, *Limnol. Oceanogr.*, 47, 989–996, <https://doi.org/10.4319/lo.2002.47.4.0989>.
- Moore, L.R, Goericke, R., Chisholm, S.W. (1995). Comparative physiology of *Synechococcus* and *Prochlorococcus*: influence of light and temperature on growth pigments fluorescence and absorptive properties. *Mar. Eco!. Prog. Ser.*, 116, 259-275.
- Moschonas, G., Gowen, R. J., Paterson, R. F., Mitchell, E., Stewart, B. M., McNeill, S., ... & Davidson, K. (2017). Nitrogen dynamics and phytoplankton community structure: the role of organic nutrients. *Biogeochemistry*, 134(1-2), 125-145.
- Moutin T., Raimbault, P. (2002). Primary production , carbon export and nutrients availability in western and eastern Mediterranean Sea in early summer 1996 (MINOS cruise),” *J. Mar. Sci.*, vol. 33, pp. 273–288
- Mulholland, M. R. ve Lomas, M. W. (2008). Nitrogen uptake and assimilation, in: Nitrogen in the Marine Environment, edited by: Capone, D., Bronk, D., Mulholl, M., and Carpenter, E., Elsevier, 2 Edn., 303–384, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372522-6.00007-4>.
- Munn, C.B. (2004). *Marine Microbiology : Ecology and Applications*. Taylor & Francis, s 147-165
- Murrell, M.C. ve Lores, E.M. (2004). Phytoplankton and zooplankton seasonal dynamics in a subtropical estuary: importance of cyanobacteria. *Journal of Plankton Research*, 26, 371–382
- NASA Goddard Space Flight Center, Ocean Biology Processing Group. (2014). Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS) Ocean Color Data, NASA OB.DAAC, Greenbelt, MD, USA. http://doi.org/10.5067/ORBVIEW-2/SEAWIFS_OC.2014.0. Alınma Tarihi: 1/03/2020. Maintained by NASA Ocean Biology Distibuted Active Archive Center (OB.DAAC), Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD.
- Nielsen, J.N. (1912). Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters. Rep. Dan. Oceanogr. Exped. 1908-1910, 77-192.
- Nixon, S. W. (1995). Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41(1), 199-219.
- Ogwueleka, T.C. (2015). Use of multivariate statistical techniques for the evaluation of temporal and spatial variations in water quality of the Kaduna River, Nigeria. *Environmental monitoring and assessment*, 187(3), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4354-4>
- Oğuz T., Tuğrul S. (1998). Denizlerimizin Genel Oşinografik Özelliklerine Toplu bir bakış. Türkiye Denizlerinin ve Çevre alanlarının Jeolojisi. (Editor N. Görür), s1-21, İstanbul
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2016). Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete Sayı: 29927 (Mükerrer)
- Ortenzio, F.D. ve Alcal, M.R.(2009). On the trophic regimes of the Mediterranean Sea : a satellite analysis, *Biogeosciences*, vol. 6, pp. 139–148.
- Ostrowski, M., Mazard, S., Tetu, S.G., Phillippy, K., Johnson, A., Palenik, B., Paulsen, I.T., Scanlan, D.J. (2010). PtrA is required for coordinate regulation of gene

- expression during phosphate stress in a marine *Synechococcus*. *ISME J*, 4, 908-921.
- Otero-Ferrer, J. L., Cermeño, P., Fernández-Castro, B., Gasol, J. M., Anxelu, X., Morán, G. (2018). Factors controlling the community structure of picoplankton in contrasting marine environments. *Biogeosci. Discuss.* 15, 6199–6220. doi: 10.5194/bg-15-6199-2018
- Ounissi, M., Bouchareb, N. (2013). Nutrient distribution and fluxes from three Mediterranean coastal rivers (NE Algeria) under large damming. *Comptes Rendus Geoscience*, 345(2), 81-92.
- Özsoy, E., Hecht, A., Unluata, U., Brenner, S., Sur, H.I., Bishop, J. ve Oguz, T. (1993). A synthesis of the Levantine Basin circulation and hydrography, 1985-1990. *Deep- Sea Research Part II*, 40(6), 1075–1119.
- Pan, L.A., Zhang J., Zhang, L.H. (2007). Picophytoplankton, nanophytoplankton, heterotrophic bacteria and viruses in the Changjiang Estuary and adjacent coastal waters. *J. Plankton Res.*, 29, 187-197
- Pan, L.A., Zhang, L.H., Zhang J., Gasol, J.M. ve Chao M. (2005). On-board flow cytometric observation of picoplankton community structure in the East China Sea during the fall of different years. *FEMS Microb. Ecol.*, 52, 243–253.
- Partensky, F., Blanchot, J., Lantoiné, F., Neveux, J., Marie, D. (1996). Vertical structure of picophytoplankton at different trophic sites of tropical northeastern Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res*, I 43, 1191–1213
- Partensky, F., Blanchot, J., Vaulot, D. (1999). Differential distribution and ecology of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* in oceanic waters: a review. *Bulletin-Institut Oceanographique Monaco-Numero Special*, 19, 457-476.
- Partensky, P., La Roche, J., Wyman K., Falkowski, G. (1997). - The divinyl- chlorophyll a/b complexes of two strains of the oxyphototrophic marine prokaryote *Prochlorococcus*: characterization and response to changes in growth irradiance. - *Photosynth. Res.*, 51, 209-222.
- Painter, S. C., Patey, M. D., Tarran, G. A., & Torres-Valdés, S. (2014). Picoeukaryote distribution in relation to nitrate uptake in the oceanic nitracline. *Aquatic Microbial Ecology*, 72(3), 195-213.
- Pinardi, N., ve Masetti, E. (2000). Variability of the large scale general circulation of the Mediterranean Sea from observations and modelling: a review, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 158, 153–173
- Polat, S. (2002). Nutrients, chlorophyll-*a* and phytoplankton in the Iskenderun Bay (Northeastern Mediterranean). *Mar Ecol (Berlin)* 23(2), 115-126 doi: 10.1046/j.1439-0485.2002.02753.x
- Polat, S. (2006). Size-fractionated distribution of the phytoplankton biomass in the Iskenderun Bay, North-Eastern Mediterranean Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(5), 417-423
- Polat, S. (2010). Abundance and distribution patterns of phytoplankton in the coastal waters of northeastern Mediterranean. In: *Phytoplankton responses to Mediterranean environmental changes*. CIESM workshop monographs, Tunis, 40:29-32.

- Polat, S., Avşar, D., Işık, O., Çiçek, E. (2000) Interrelationships between phytoplankton abundance and physico-chemical parameters in Yumurtalık Bight, northeastern Mediterranean. *J. Fish. Aquat. Sci.* 17 (3-4), 129-142
- Polat, S., Işık, O. (2002). Phytoplankton distribution, diversity and nutrients at the North-eastern Mediterranean coast of Turkey (Karataş-Adana). *Turk J Bot*, 26(2), 77-86.
- Polat, S., Piner, M.P. (2002). Nutrients and phytoplankton in the Babadillimanı Bight, northeastern Mediterranean coast of Turkey. *Indian J Mar Sci*, 31(3), 188-194.
- Polat, S., Sarıhan, E., Koray, T. (2000). Seasonal changes in the phytoplankton of the Northeastern Mediterranean (Bay of Iskenderun). *Turk J Bot*, 24(1), 1-12.
- Polat, S., Uysal, Z. (2009). Abundance and biomass of picoplanktonic *Synechococcus* (Cyanobacteria) in a coastal ecosystem of the northeastern Mediterranean, the Bay of Iskenderun. *Mar Biol Res*, 5(4), 363-373 doi: 10.1080/17451000802512275
- Pomeroy, L.R., Wiebe, W.J., Deibel, D., Thompson, R.J., Rowe, G.T. ve Pakulski, J.D. (1991). Bacterial responses to temperature and substrate concentration during the Newfoundland spring bloom. *Marine Ecology Progress Series*, 75, 143–159.
- Pozarowski, P. Grabarek, J. Darzynkiewicz, Z. (2003). Flow cytometry of apoptosis. *Current protocols in cell biology*, 21(1), 18-8.
- Powley H. R., Krom M. D., Van Cappellen P. (2017). Understanding the unique biogeochemistry of the Mediterranean Sea: insights from a coupled phosphorus and nitrogen model. *Glob. Biogeochem. Cycles* 31 1010–1031. 10.1002/2017GB005648
- Quilbé, R., Rousseau, A. N., Duchemin, M., Poulin, A., Gangbazo, G., ve Villeneuve, J. P. (2006). Selecting a calculation method to estimate sediment and nutrient loads in streams: application to the Beaurivage River (Québec, Canada). *Journal of Hydrology*, 326(1-4), 295-310.
- Raven, J. A. (1998). The twelfth Tansley Lecture. Small is beautiful: the picophytoplankton, *Funct. Ecol.*, 12, 503–513. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00233.x>, 1998.
- Redden, A.M., Kobayashi, T., Suthers, I., Bowling, L., Rissik, D, Newton G. (2009). Plankton Processes and the Environment. *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. (Eds. Suthers, I. M., & Rissik, D). CSIRO publishing. s,159-196.
- Robinson, A.R. ve Golnaraghi, M. (1994). The physical and dynamical oceanography of the Mediterranean Sea. *Ocean Processes in Climate Dynamics: Global and Mediterranean Examples*, 1993: 255–306.
- Robinson, A.R., Golnaraghi, M., Leslie, W.G., Artegiani, A., Hecht, A., Lazzoni, E., Michelato, A., Sansone, E., Theocharis, A., Ünlüata, Ü. (1991). The eastern Mediterranean general circulation: features, structure and variability. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 15(3–5), 215–240.
- Šantić D., Krstulović N., Šolić M., Ordulj M. and Kušpilić G. (2013). Dynamics of prokaryotic picoplankton community in the central and southern Adriatic Sea (Croatia). *Helgoland Marine Research*, 67, 471–481.
- Sağlamtimur, N. D. ve Tuğrul, S. (2008). Doğu Akdeniz'de Akarsu Etkisindeki Kıyısal

- Bölge Sularının Özelliklerinin Açık Denizdekiler ile Karşılaştırılması. *Ekoloji*, 17(68), 17-23.
- Scanlan, D.J. ve West, N.J. (2002). Molecular ecology of the marine cyanobacterial genera *Prochlorococcus* and *Synechococcus*, *FEMS Microbiol. Ecol.*, 40, 1–12, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2002.tb00930.x>
- Scanlan, D.J., Ostrowski, M., Mazard, S., Dufresne, A., Garczarek, L., Hess, W.R., Post, A.F., Hagemann, M., Paulsen, I., Partensky, F. (2009). Ecological genomics of marine picocyanobacteria *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 73: 249-299 doi: 10.1128/MMBR.00035-08
- Shamrukh, M., Corapcioglu, M., Hassona, F. (2001). Modeling the effect of chemical fertilizers on ground water quality in the Nile Valley Aquifer, Egypt. *Ground Water*, 39 (1), 59–67.
- Sharma, S. (1996). *Applied Multivariate Techniques*, John Wiley & Sons Inc. New York
- Singh, K.P., Malik, A. and Sinha, S. (2005). Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti River (India) using multivariate statistical techniques-a case study. *Analytica Chimica Acta*, 538(1), 355-374.
- Sherry, N. D. and 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 1995, Breckenridge, CA., USA.
- Sherry, N. D., & 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 II: Topical Studies in Oceanography*, 48(6-7), 1263-1283.
- Sisma-Ventura, G., & Rahav, E. (2019). DOP stimulates heterotrophic bacterial production in the oligotrophic southeastern Mediterranean coastal waters. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1913.
- Singh, K.P., Malik, A., Sinha, S. (2005). Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti River (India) using multivariate statistical techniques-a casestudy. *Analytica Chimica Acta*, 538(1), 355-374. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.02.006>
- Siokou-Frangou, U., Christaki, M. G., Mazzocchi, M., Montresor, M., Ribera D'Alcala, D., Zingone, A. (2010). Plankton in the open mediterranean Sea: A review. *Biogeosciences*, vol. 7, no. 5, pp. 1543–1586
- Smith, V.H., Tilnan, G.D., Nekola, J.C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs of freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100, 179-196
- Sohm, J.A., Ahlgren, N.A., Thomson, Z.J., Williams, C., Moffett, J.W., Saito, M.A., Webb, E.A., Rocap, G. (2015). Co-occurring *Synechococcus* ecotypes occupy four major oceanic regimes defined by temperature, macronutrients and iron. *ISME J.* 10:333-335
- Šolić, M., Krstulović, N., Šantić, D., Šestanović, S., Ordulj, M., Bojanić, N., Kušpilić, G. (2015). Structure of microbial communities in phosphorus-limited estuaries along the eastern Adriatic coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(8), 1565-1578.

- Song, M.Y., Leprieur, F., Thomas, A., Lek-Ang, S., Chon, T.S., Lek, S. (2009). Impact of agricultural land use on aquatic insect assemblages in the Garonne river catchment (SW France). *Aquatic Ecology*, 43: 999–1009.
- Stalnacke, P., Grimvall, A., Sundblad, K., Tonderski, A. (1999). Estimation of riverine loads of nitrogen and phosphorus to the Baltic Sea, 1970–1993. *Environmental Monitoring and Assessment*, 58(2), 173-200.
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. (1972). A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. *Fish Res. Board. Can.*, 167, Ottawa.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. Corine Projesi. Alınma Adresi: <https://corinecbs.tarimorman.gov.tr/> Alınma tarihi: 10.12.2019
- Tanaka, T., Zohary, T., Krom, M.D., Law, C.S., Pitta, P., Stella, S., Woodward, E.M.S., Flaten, G.A.F., Skjoldal, E.F., Zodiatis, G. (2007). Microbial community structure and function in the Levantine Basin of the eastern Mediterranean. *Deep-Sea Res I*. 54:1721-1743 doi:10.1016/j.dsr.2007.06.008
- Teira, E., Hernando-Morales, V., Fernández, A., Martínez-García, S., Álvarez-Salgado, X. A., Bode, A., and Varela, M. (2015). Local differences in phytoplankton-bacterioplankton coupling in the coastal upwelling off Galicia (NW Spain), *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 528, 53–69, <https://doi.org/10.3354/meps11228>.
- Tett, P., Droop, M. R., Heaney, S. I. (1985). The Redfield ratio and phytoplankton growth rate. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 65(2), 487-504.
- Ting, C. S., Rocap, G., King, J., & Chisholm, S. W. (2002). Cyanobacterial photosynthesis in the oceans: the origins and significance of divergent light-harvesting strategies. *Trends in microbiology*, 10(3), 134-142.
- Toledo, G., Palenik, B. (2003). A *Synechococcus* serotype is found preferentially in surface marine waters. *Limnol. Oceanogr.*, 48:744-1755, doi:10.4319/lo.2003.48.5.1744
- Treguer, P., Nelson, D. M., Van Bennekom, A. J., DeMaster, D. J., Leynaert, A., Queguiner, B. (1995). The silica balance in the world ocean: a reestimate. *Science*, 268(5209), 375-379.
- Tuğrul, S., Özhan, K., Akçay, I. (2018). *Environ Sci Pollut Res.* <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2529-6>.
- Tuğrul, S., Uysal, Z., Erdoğan, E. Yücel, N. (2011). Changes of eutrofication indicator parameters (TP, DIN, Chl-a and TRIX) in the cilician basin (Northeast Mediterranean). *Ekoloji*, 20(80), 33-41.
- Tuğrul, S., Yücel, N., Akçay, I. (2016). Chemical oceanography of north eastern Mediterranean. In: The Turkish part of the Mediterranean Sea; Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance. (Turan, C., Salihoğlu, B., Özbek, E.O and Öztürk, B). Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication No: 43, Istanbul, Turkey, 15-29.
- Turgut, C. (2003). The contamination with organochlorine pesticides and heavy metals in surface water in Kucuk Menderes River in Turkey, 2000–2001. *Environment International*, 29: 29–32.

- Tüfekçi, V., Kuzyaka, E., Tüfekçi, H., Avaz, G., Günay, A. S., & Tuğrul, S. (2013). Determination of limited nutrients in the Turkish coastal waters of the Mediterranean and Aegean Seas. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 19(3), 299-311.
- Uysal, Z. (2001). Chroococcoid cyanobacteria *Synechococcus* spp. in the Black Sea: pigments, size, distribution, growth and diurnal variability. *Journal of Plankton Research*, 23(2), 175-190.
- Uysal, Z. (2006). Vertical distribution of marine cyanobacteria *Synechococcus* spp. in the Black, Marmara, Aegean, and eastern Mediterranean seas. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53(17-19), 1976-1987.
- Uysal, Z. (2016). Bacterioplankton, Cyanobacteria, Phytoplankton. The Turkish Part of Mediterranean Sea. (Eds, Turan C., Salihoğlu B., Özgür Özbek E.) pp: 79-93, İstanbul
- Uysal, Z. (2019). Cross-shelf temporal and spatial changes in bacterial and cyanobacterial (*Synechococcus* sp) assemblages in the Cilician basin (Northeastern Mediterranean). *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(11A), 8583-8590.
- Uysal, Z., Köksalan, I. (2010). *Synechococcus* dynamics in the Levantine basin shelf waters (Northeastern Mediterranean). *Mediterr Mar Sci* 1108-393X11(2): 277-294 doi:10.12681/mms.77
- Uysal, Z., Köksalan, I. (2017). Short term temporal & spatial fluctuations in marine cyanobacterium *Synechococcus* abundance in oligotrophic deep shelf waters (Northeastern Mediterranean). *Fresenius environmental bulletin*, 26(8): 5115-5124
- Uysal, Z., Köksalan, İ. (2006). The annual cycle of *Synechococcus* (cyanobacteria) in the northern Levantine Basin shelf waters (Eastern Mediterranean). *Mar Ecol* 27(3):187-197 doi: 10.1111/j.1439-0485.2006.00105.x
- Uysal, Z., Latif, M.A., Özsoy, E., Tuğrul, S., Kubilay, N., Beşiktepe, Ş.T., Beşiktepe, Ş.(2008). Kilikya Baseni Kıyısız Ekosisteminde Dolaşım, Taşınım ve Ötrofikasyon Araştırmaları. TUBITAK Proje No : 104Y277. Mersin
- Uysal, Z., Tuğrul, S., Çevik, C., Koçak, M., Yücel, N., Örek, H. & Örek, Y.A. (2019). Impact assessment of HydroElectric Power Plants (HEPP) to marine ecosystems. Tubitak project number 116Y125. 271 pp. Erdemli, Mersin
- Wang, K., Wommack, K.E. ve Chen, F. (2011). Abundance and distribution of *Synechococcus* spp. and cyanophages in the Chesapeake Bay. *Applied and Environmental Microbiology*, 77, 7459–7468.
- Wang, Y., Wang, P., Bai, Y., Tian, Z., Li, J., Shao, X. ve Li, B.L. (2013). Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques: a case study of the Songhua River Harbin region. China. *Journal of Hydro-Environment Research*, 7(1):30-40.
- Wood, A.M., Horan, P.K., Muirhead, K., Phinney, D.A., Yentsch, C.M., Waterbury, J.B. (1985). Discrimination between types of pigments in marine *Synechococcus* spp. by scanning spectroscopy, epifluorescence microscopy, and flow cytometry. *Limnology and Oceanography*, 30, 1303–1315.
- Worden, A. Z., Nolan, J. K., Palenik, B. (2004). Assessing the dynamics and ecology of marine picophytoplankton: the importance of the eukaryotic component. *Limnol.*

Oceanogr. 49, 168–179. doi: 10.4319/lo.2004.49.1.0168

- Worden, A.Z. (2008). Ecology and diversity of picoeukaryotes. *Microbial Ecology of Oceans*. (Eds:Kirchman D.) 2nd Edition. John Wiley & Sons. USA
- Worden, A. Z., Lee, J. H., Mock, T., Rouz e, P., Simmons, M. P., Aerts, A. L., ... & Foulon, E. (2009). Green evolution and dynamic adaptations revealed by genomes of the marine picoeukaryotes *Micromonas*. *Science*, 324(5924), 268-272.
- Yentsch, C.M., Horan, P.K., Muirhead, K., Dortch, Q., Haugen, E., Legendre, L., Murphy, S.L., Perry, M.J., Phinney, D.A., Pomponi, A.S., Spinrod, R.W., Wood, M. (1983). Flow cytometry and cell sorting: a technique for analysis and sorting of aquatic particles. *Limnology and Oceanography*, 28(6): 1275-1280.
- Yıldırım,  ., Güler, C., Kurt, M.A., Geçgel, C. (2018). Göksu Nehri Akış Yolu Boyunca Ana Element Değişimlerinin İncelenmesi. HİDRO'2018: Ulusal Hidrojeoloji ve Su Kaynakları Sempozyumu, 27-29 Eylül 2018, Beytepe, Ankara
- Yılmaz, A. ve Tuğrul, S. (1998). The effect of cold-and warm-core eddies on the distribution and stoichiometry of dissolved nutrients in the northeastern Mediterranean. *Journal of Marine Systems*, 16(3-4), 253-268.
- Yücel, N. (2013). Monthly changes in primary and bacterial productivity in the North – Eastern Mediterranean shelf waters. Doktora Te Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Deniz Bilimleri Enstitüsü, Mersin
- Yücel, N., Uysal, Z. (2017). Kuzeydoğu Akdenizde Kıyısıl ve Aık Sularda Fitoplankton Dinamikleri. *Yunus Araştırma B lteni*. 1: 29-40.
- Yücel, N. (2017). Seasonal and spatial variation of bacterial production and abundance in the northern Levantine Sea. *Mediterranean Marine Science*, 18(1), 97-106. doi:<https://doi.org/10.12681/mms.1627>
- Yücel, N., Uysal, Z., Tuğrul, S. (2017). Variability in phytoplankton pigment composition in Mersin Bay. *Aquatic Science and Engineering*, 32(1):49-70 doi: 10.18864/TJAS201705
- Yücel, N. (2018). Spatio-temporal variability of the size-fractionated primary production and chlorophyll in the Levantine Basin (northeastern Mediterranean). *Oceanologia*, 60(3): 288-304.
- YSYY. (2015). Y zeysel Su Kalitesi Yönetimi Y netmeliği. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Resmi Gazete. Sayı : 29327
- Zavatarelli, M. and Mellor, G. L. (1995). Anumerical study of the Mediterranean Sea circulation, *J. Phys. Oceanogr.*, 25, 1384–1414, 1995
- Zhao, L., Zhao, Y., Xu, J., Zhang, W., Huang, L., Jiang, Z., ... & Xiao, T. (2016). Distribution and seasonal variation of picoplankton in Sanggou Bay, China. *Aquaculture Environment Interactions*, 8, 261-271.
- Zhao, Y., Zhao, L., Xiao, T., Zhao, S., Xuan, J., Li, C., & Ning, X. (2011). Spatial and temporal variation of picoplankton distribution in the Yellow Sea, China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 29(1), 150-162.
- Zinser, E.R., Johnson, Z.I., Coe, A., Karaca, E., Veneziano, D., Chisholm, S.W. (2007). Influence of light and temperature on *Prochlorococcus* ecotype distributions in the

Atlantic Ocean. *Limnol Oceanogr* 52: 2205–2220 doi: 10.4319/lo.2007.52.5.2205

Zoppini, A., Amalfitano, S., Fazi, S., Tuğrul, S., Uysal, Z. et al., (2010). Carbon flow mediated by microbial communities in the eastern Mediterranean Sea. p. 417. In: 39th CIESM Congress, 10-14 May 2010. Venice, Italy

Zubkov, M. V., Sleigh, M. A., Burkill, P. H., and Leakey, R. J. G.(2000). Picoplankton community structure on the Atlantic Meridional Transect: A comparison between seasons, *Prog. Oceanogr.*, 45, 369–386, [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(00\)00008-2](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(00)00008-2)

Zubkov, M. V., Fuchs, B. M., Tarran, G. A., Burkill, P. H., & Amann, R. (2003). High rate of uptake of organic nitrogen compounds by *Prochlorococcus* cyanobacteria as a key to their dominance in oligotrophic oceanic waters. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(2), 1299-1304.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Kılıç, Ece



GÖREV ALDIĞI ARAŞTIRMA PROJELERİ

- HES'ler (Hidroelektrik Santralleri) ve Deniz Ekosistemlerine Olası Etkileri. TÜBİTAK, 116Y125 numaralı araştırma projesi. (Doktora tez çalışmalarım bu projeden desteklenmiştir)
- Asi Havzasındaki Su Kalitesinin Çok Değişkenlik İstatiksel Yöntemler Kullanılarak Değerlendirilmesi, Mustafa Kemal Üniversitesi,14781 nolu araştırma projesi (Yardımcı Araştırmacı) (2015-2017)
- İskenderun, Mersin ve Antalya Körfezlerindeki ağır metal birikiminin çevreye etkilerinin araştırılması ve kıyaslanması (Yardımcı Araştırmacı) (2016-2018)
- Daha Mavi İskenderun Körfezi Projesi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeler Birimi 2018-YP-01 numaralı proje, (Yardımcı Araştırmacı)(2018-2020)
- “Hayatımızı ve Kültürümüzü Şekillendiren Su: Ekosistemler, Biyoçeşitlilik ve Koruma”. TÜBİTAK 4004 Doğa Eğitimi ve Bilim Okulları Programı. Rehber. (17.7.2019-28.7.2019)

YAYINLAR LİSTESİ

- KILIÇ E. (2020) Göksu Nehri su kalitesinin su kalite endeksi yöntemi ile uzun süreli izleme verileri kullanılarak değerlendirilmesi. *Marine and Life Sciences*, 2(1): 5-12
- YILMAZ A.B.,CAN M.F.,YANAR A., KILIÇ E. (2020) Assessment of accumulation and potential health risk of Cr, Mn, Fe, Cu, and Zn in fish from North-Eastern Mediterranean Sea. *Pollution*, 6(3): 501-514
- KILIÇ E.,UYSAL Z.,TUGRUL S.,YÜCEL N. (2020) Spatio-temporal distribution of picophytoplankton (pico-eukaryotes, Synechococcus and Prochlorococcus) abundance in the Northeastern Mediterranean. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(07A):6134-6146
- KILIÇ E. YÜCEL N. (2019). Determination of spatial and temporal changes in water quality at Asi River using multivariate statistical techniques. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 19(9), 727-737
http://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_9_02
- KILIÇ E. (2018). Impact of Syrian Civil war on the water quality of Turkish part of Orontes River. *Pollution*, 4(3): 503-513
DOI: 10.22059/poll.2018.250998.382

- KILIÇ, E., AKPINAR, A., YÜCEL, N. (2018). The Asi River's Estimated Nutrient Load and Effects on the Eastern Mediterranean. *Aquatic Sciences and Engineering*, 33(2): 61-66. DOI: 10.18864/ASE201810
- KILIÇ E., CAN M.F. (2017). Determination of Spatiotemporal Variations in Heavy Metal Concentration through Orontes River. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 5(9): 1086-1093. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i9.1086-1093.1298>

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan Bildiriler :

Sözlü Olarak Sunulan Bildiriler:

- KILIÇ E.,YÜCEL N.,UYSAL Z. (2020). Kuzeydogu Akdeniz Kiyilarında Heterotrofik Bakteri Bollugunun Mevsimsel Degisimi. 3rd International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences, 19-20 Mart, Ankara
- KILIÇ E.,YÜCEL N. (2020). Göksu Nehri'nden Kuzeydogu Akdeniz'e Dökülen Suların Su Kalitesinin Degerlendirilmesi. 3rd International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences 19-20 Mart, Ankara
- KILIÇ E,YÜCEL N,UYSAL Z (2019). Annual variation in the abundance of prokaryotic picoplankton (Synechococcus and Prochlorococcus) in the Northeastern Mediterranean. International Biodiversity Ecology Sciences Symposium, 26-28 Eylül, İstanbul/Turkiye
- SEREFLISAN H.,KILIÇ E. (2019). Beneficial Roles of Freshwater Mussels in the Ecosystem. INTERNATIONAL BIODIVERSITY ECOLOGY SCIENCES SYMPOSIUM (BIOECO2019), 26-28 Eylül, İstanbul/Turkiye
- KILIÇ E.,ARSLAN M. T.,HAZNEDAR B. (2018). Water Quality Prediction of Asi River Using Fuzzy Based Approach. 3rd International Congress on Applied Ichthyology Aquatic Environment. 8-11 November, Volos,Greece
- KILIÇ E., YÜCEL N. (2018). Determination of Nutrient Input Coming from Domestic Wastewater Treatment Plants into the Iskenderun Bay. 3rd International Congress on Applied Ichthyology Aquatic Environment. 8-11 November, Volos,Greece
- YÜCEL N.,KILIÇ E.,UYSAL Z. (2018). Abundance and Distribution of Picoplankton in the Northeastern Mediterranean Sea. International Marine and Freshwater Sciences Symposium. 18-21 October, Antalya
- KILIÇ E. Estimation of Water Quality Variation in Turkish Part of Orontes River Resulting From Syrian Civil War. International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences. 26-27 April, Ankara
- KILIÇ E., AKPINAR A., YÜCEL N. (2017).Estimation of Nutrient Load Coming from Asi River to İskenderun Bay. International İskenderun Bay Symposium. 11-13 October, Hatay

- KILIÇ E. (2017). Identification Of Environmental Indicators For The Iskenderun Bay Using Pressure-State-Response Framework. International İskenderun Bay Symposium. 11-13 October, Hatay
- UYSAL Z., YÜCEL N., TUGRUL S., KILIÇ E. (2017) Water Masses with similar Physicochemical Characteristics Observed in Mediterranean. International İskenderun Bay Symposium. 11-13 October, Hatay
- ÖZYILMAZ A., KILIÇ E., DEMİRCİ S., ARICA Ç.Ş. (2017) Intakes of Omega 3 Fatty Acids by consuming seafood caught from Mediterrian Sea. International Advanced Researches and Engineering Congress. 16-18 November, Osmaniye
- ÖZYILMAZ A., KILIÇ E., DEMİRCİ S., ARICA Ç.Ş. (2017) Some Omega 3 Fatty Acids of freshwater fish species across Anatolia. International Advanced Researches and Engineering Congress. 16-18 November, Osmaniye
- KILIÇ E. (2017). Evaluation of water quality in Asi watershed using multivariate statistics. 2nd International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICOCEE 2017), Nevşehir
- KILIÇ E., M.F. CAN. (2016). Investigation of Iskenderun Urban Wastewater Treatment Plant In Terms Of Population Projection and Agricultural Irrigation Potential. International Conference on Natural Science and Engineering, Kilis

Poster Olarak Sunulan Bildiriler

- KILIÇ E. Evaluation of Water Quality in Orontes River using Water Quality Index. International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences. 26-27 April, Ankara
- ÖZYILMAZ A., KILIÇ E., DEMİRCİ S., ARICA Ç.Ş., Micoogulları I. (2017) Fatty Acid Components of seafood cought along the Black Sea. International Congress of Health and Environment. 23-25 October, Adana
- ÖZYILMAZ A., KILIÇ E., DEMİRCİ S. (2017) Fatty acid contents of some freshwater fish from Anatolia: A review. Ist International Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries, 4-6 October, Eğirdir
- KILIÇ E., CAN M.F. (2016). Some Multivariate Statistical Techniques in assesment of Spatio-Temporal Changes in Water Quality: A Review. International Symposium on Fisheries and Aquatic Science (FABA 2016), Antalya
- CAN M.F., KILIÇ E. (2016). Changes in Heavy Metal Concentrations through Orontes River.1st International Mediterrian Science and Engineering Congress (IMSEC,2016), Adana

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan Bildiriler :

- YILMAZ A.B.,DEMIRCI A., UYGUR N.,SIMSEK E.,YANAR A.,AKAR Ö., KILIÇ E., AYAN O.A. (2019). Iskenderun Körfezi Plastik Atık Değerlendirmesi. 2. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, 11-13 Aralık, Ankara
- KILIÇ E., M.F. CAN. (2015). Yüzey Suları ile Taşınan Yayıllı Kirliliğin Sucul Ekosistemler Üzerine Olan Etkisinin Modellenmesi. 18. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, İzmir

KATILINAN BİLİMSEL TOPLANTILAR

- Croucher Summer Course on Climate change and Marine Ecosystems. 1-5 July 2019. Hong Kong
- 3rd International Congress on Applied Ichthyology Aquatic Environment. 8-11 November 2018 Volos,Greece
- International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences. 26-27 April, Ankara
- International Advanced Researches and Engineering Congress.16-18 November, Osmaniye
- 2nd International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICOCEE 2017), Nevşehir
- 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC,2016), Adana
- International Symposium on Fisheries and Aquatic Science (FABA 2016), Antalya
- International Conference on Natural Science and Engineering, Kilis, 2016
- 18. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu , İzmir, 2015
- Asi Havzası Yönetim Toplantısı, Antakya Belediyesi Toplantı Salonu, 2014
- International İstanbul Carbon Summit, 2014, İstanbul

GÖREV ALINAN BİLİMSEL TOPLANTILAR

- 3rd National / 1st International workshop on Gamete Biology in Aquaculture. SUGAMET 2018. 19-21 Eylül 2018. Sempozyum Sekreteri
- International Biodiversity & Ecology Sciences Symposium. BIOECO2019. 26-28 September Eylül 2019. İstanbul. Sempozyum Sekreteri

DİZİN

A

Akış sitometri · 45, 51

B

besin tuzu yükü · viii, ix, 9, 13, 17,
18, 26, 31, 37, 44, 106
birincil üretim · 3, 5, 7, 23, 36,
107, 126, 127

D

Devlet Su İşleri · xiv
DSİ · ix, xiv, 10, 11, 27, 32, 142

F

fitoplankton · 1, 3, 7, 8, 29, 38,
46, 105, 112, 126, 127,
137,153

G

Göksu Nehri ·
8,30,47,50,65,72,101,125,156
157

H

heterotrofik bakteri · viii, x, xiv,
45,46,50, 53,56, 59, 65, 66,
74, 76, 84, 85, 94, 95, 96, 97,
102, 108, 124, 125, 126, 127,
128, 130, 132, 136, 137, 139

K

kış karışımları · 23
klorofil-*a* · i, vi, viii, ix, x, xiii, 5, 6,
9, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 22,
23, 24, 25, 33, 34, 35, 36, 37,
38, 39, 44, 45, 49, 58, 68, 78,
87, 96, 97, 98, 138
Küçük Asya akıntısı · 6, 36, 37,
44, 47

Kuzeydoğu Akdeniz · i, ii, 6, 8, 9,
11, 15, 26, 29, 31, 32, 33, 37,
38, 44, 45, 47, 48, 68, 104,
106, 108, 111, 113, 116, 118,
119, 123, 128, 138

M

Mikrobiyal döngü · 3, 9

N

N/P · 29, 44, 106, 108, 146
NH₄ konsantrasyonu · 14
NH₄ yükü · 15, 99
NO₂ konsantrasyonu · 14, 135,
138
NO₂ yükü · 15, 99
NO₃ konsantrasyonu · ii, xi, 14,
27, 106, 111, 117, 122, 127
NO₃ yükü · 15

O

organik karbon · xiv, 3
ötrofik · 8, 26, 32, 45, 46, 47,
108, 128, 133, 138, 139
Ötrofikasyon · 7

P

Pearson korelasyon analizi · 13
peridinin · xiv, 2
piko-ökaryotlar · 46, 96, 108,
110, 112, 130, 136, 139
pikoplankton · i, vii, xi, 1, 2, 3, 45,
46, 47, 48, 53, 54, 59, 78, 88,
105, 108, 128, 129, 130, 131,
132, 133, 134, 135, 137, 138,
139, 141
plankton kompozisyonu · 46
PO₄ konsantrasyonu · ii, xi, 14,
26, 44, 106, 111, 116, 122,
126, 135, 138
PO₄ yükü · 15, 38, 99
Prochlorococcus · i, ii, iii, iv, vi,
vii, viii, x, xi, xii, xiv, 45, 46, 50,
51, 52, 53, 56, 59, 63, 64, 72,
73, 74, 82, 83, 84, 92, 93, 94,
96, 97, 99, 102, 103, 108, 112,

119, 120, 121, 122, 123, 128,
130, 132, 133, 134, 136, 139,
143, 144, 146, 147, 148, 150,
154, 156

R

Redfield oranı · 3, 29, 30, 106

S

siyanobakteri · 45
Siyanobakteri · 45
Spearman's Korelasyon Analizi ·
viii, 54
Synechococcus · i, ii, iii, iv, vi, vii,
viii, x, xi, xii, xiv, 45, 46, 50, 51,
52, 53, 56, 59, 61, 62, 63, 70,
71, 72, 80, 81, 82, 90, 91, 92,
96, 97, 98, 99, 102, 103, 108,
112, 113, 114, 115, 116, 117,
118, 119, 128, 130, 132, 133,
134, 136, 139, 140, 141, 143,
145,146, 147, 148, 149, 150,
151, 152, 153, 156

T

Temel Bileşenler Analizi · vii, 55,
98, 135

U

Uydu görüntüleri · i, 9, 36, 138

Y

yüzey/hacim oranı · 45

Z

zeaxanthin · xiv, 2, 134



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

