DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇAKALBURNU DALYANI'NDA (İZMİR KÖRFEZİ) PİKOPLANKTONUN BOLLUK VE BİYOKÜTLESİNDEKİ AYLIK DEĞİŞİMLER

Neslihan ERARSLANOĞLU

Ağustos, 2016

İZMİR

ÇAKALBURNU DALYANI'NDA (İZMİR KÖRFEZİ) PİKOPLANKTONUN BOLLUK VE BİYOKÜTLESİNDEKİ AYLIK DEĞİŞİMLER

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı,

Canlı Deniz Kaynakları Programı

Neslihan ERARSLANOĞLU

Ağustos, 2016

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

NESLİHAN ERARSLANOĞLU, tarafından **DOÇ. DR. GÜZEL YÜCEL GİER** yönetiminde hazırlanan **''ÇAKALBURNU DALYANI'INDA (İZMİR KÖRFEZİ) PİKOPLANKTONUN BOLLUK VE BİYOKÜTLESİNDEKİ AYLIK DEĞİŞİMLER''** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Güzel YÜCEL GİER

Yönetici

Prof. Dr. Ataç ÜZEL

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Aslı KAÇAR

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ayşe Okur

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans eğitimim sürecinde yol göstericiliği ve desteği için değerli danışmanım Güzel YÜCEL GİER'e, tez çalışmamdaki destekleri için Prof. Dr. Filiz KÜÇÜKSEZGİN, Doç. Dr. İdil ERDEN PAZI, Doç. Dr. Aslı KAÇAR, Yrd. Doç. Dr. Eyüp Mümtaz TIRAŞIN, Arş. Gör. Dr. Canan ERONAT, Öğr. Gör. Dr. Lütfi Tolga GÖNÜL ve Dr. Oya ALTAY'a,

Yapılan tez çalışmasının gerçekleşmesindeki rehberliği için Prof. Dr. Zahit UYSAL'a, yardımları için, Yar. Doç. Dr. Nebil YÜCEL, Araş. Gör. Ayşe GAZİHAN AKOĞLU, Leona SCHULZE ve mükemmel ev sahipliği için Ortadoğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne,

Ve en önemlisi bana olan inançları ve destekleri için aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Neslihan ERARSLANOĞLU

ÇAKALBURNU DALYANI'NDA (İZMİR KÖRFEZİ) PİKOPLANKTONUN BOLLUK VE BİYOKÜTLESİNDEKİ AYLIK DEĞİŞİMLER

ÖZ

Lagünler kıyısında yer aldıkları denizlerden, kum veya diğer sedimentler ile oluşan doğal ya da yapay setler ile ayrılmış, değişik sayıda ve boyuttaki kanallar ile denize bağlanan ve tuzlu suyun denizden giriş çıkışını sağlayan sulak alanlar olarak tanımlanmaktadır. Çakalburnu Dalyanı İzmir Körfezi'nin güneyinde alternatifi olmayan kıyısal bir sulak alandır. Dünya sularının %1'den daha küçük bir kısmını kapsayan lagünler biyolojik çeşitlilik ve birincil üretim açısından yeryüzünün en önemli ekosistemlerindendir. Kara ve deniz ekosistemleri arasında yer alan lagünler çevresindeki fiziksel ve kimyasal değişimlerden etkilenen kırılgan sistemlerdir. Çevresel değişikliklere karşı oldukça hassas olan mikroorganizmalar çevresel etkilerin ekosistem üzerindeki işleyişi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında besin zincirinin ekolojik verimliliğini belirleyen pikoplankton (*Synechococcus* ve heterotrofik bakteriler) bolluk ve biyokütle değişimleri Ekim 2014- Eylül 2015 tarihleri arasında aylık örneklemelerle incelenmiş, fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler ile ilişkileri irdelenmiştir. *Synechococcus* yüzey suyunda $7x10^2$- $1,9x10^5$ hücre/ml aralığında değişim göstermiştir. Heterotrofik bakteriler ise yüzey suyunda $7,0x10^4$-$3x10^7$ hücre/ml aralığında değişim göstermiştir. *Synechococcus* biyokütle değerleri 0,01-9,12 µgC/l, heterotrofik bakteriler biyokütle değerleri 1,95- 121,93 µgC/l aralığında yer almıştır. Parametrik olmayan Sperman korelasyon testi sonucunda heterotrofik bakteriler bolluk biyokütle değerleri, klorofil-a, sıcaklık ile pozitif korelasyon göstermiştir. *Synechococcus* ise heterotrofik bakteriler ek olarak orto fosfat değeri ile de pozitif korelasyon göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Çakalburnu Dalyanı, pikoplankton, *Synechococccus,* heterotrofik bakteriler

MONHTLY CHANGES IN THE ABUNDANCE AND BIOMASS PICOPLANKTON OF ÇAKALBURNU LAGOON (IZMIR BAY)

ABSTRACT

Lagoons are defined as wetlands separated from the sea coasts on which they located are, by natural or artificial barriers that are formed from sand or other sediments and connected to the sea via channels in different number and size which provide to entrance and exit of the salt water from the sea. Çakalburnu Lagoon which has no alternative is a coastal wetland on the southern side of the Gulf of İzmir. Lagoons which cover less than 1% of the world's waters are the most important ecosystems of the earth in terms of biodiversity and primary production. Lagoons are fragile systems that are affected by physical and chemical changes around them and they are among terrestrial and marine ecosystems. Microorganisms which are quite sensitive to changes occurred by environmental factors are commonly used to determine the impact of environmental effects on the ecosystem functioning. Variations in the abundance and biomass of picoplankton (*Synechococcus* and heterotrophic bacteria), which specify the ecological productivity of the food chain, have been examined via monthly samplings between October 2014 and September 2015, furthermore, their relationship with physical, chemical and biological parameters has been researched within the scope of this thesis study. *Synechococcus* has ranged from $7x10^2$ to $1,9\ x10^5$ cell/ml in the surface water. On the other hand, heterotrophic bacteria have ranged from $7x10^4$ to $3x10^7$ in the surface water. Biomass values have ranged from 0,01 to 9,12 μgC/l for *Synechococcus* and from 1,95 to 121,93 μgC/l for heterotrophic bacteria. As a result of the nonparametric Sperman correlation test, the abundance and biomass values of heterotrophic bacteria, chlorophyll-a, have shown positive correlation with the temperature. In addition to heterotrophic bacteria, *Synechococcus* has also shown positive correlation with the ortho phosphate value.

Keywords: Çakalburnu lagoon, picoplankton, *Synechococcus*, heterotrophic bacteria

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT v
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
TABLOLAR LİSTESİ xiii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ……..……...1

1.1 Mikrobiyal Döngü 3
1.2 Siyanobakteri *Syenococcus* 5
1.3 Heterotrofik Bakteriler 7
1.4 Lagünlerin Genel Özellikleri 8
1.5 Çalışma Alanın Özellikleri 10
1.6 Pikoplankton (Heterotrofik bakteriler ve *Synechococcus*) ve Çakalburnu Dalyanı'na Ait Önceki Çalışmalar 13
1.7 Çalışmanın Önemi ve Amacı 15

BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE METOT 18

2.1 Çalışma Alanı 18
2.2 Örnekleme 19
2.3 Laboratuvar Çalışmaları 20
2.3.1 Pikoplankton (Heterotrofik bakteriler ve *Synechococcus*) Örneklerinin Filtrasyonu ve Muhafazası 20
2.3.2 Direkt Hücre Sayımı 20
2.3.3 Hücre Sayılarının Hesaplanması 21
2.3.4 Görüntü Analizi, Hücre Hacim ve Karbon İçeriği Hesaplanması 21
2.3.5 Kimyasal Parametrelerin Ölçülmesi 22

2.3.5.1 Çözünmüş Oksijen 22
2.3.5.2 Klorofil-*a* 22
2.3.5.3 Nitrat, Nitrit ve Amonyum Azotu 23
2.3.5.4 Ortofosfat Fosforu 23
2.3.5.5 Reaktif Silikat 24
2.3.6 İstatistiksel Analizler 24

BÖLÜM ÜÇ - BULGULAR 26

3.1 Fiziksel Parametreler 26
3.1.1 Sıcaklık 26
3.1.2 Tuzluluk 30
3.2 Kimyasal Parametreler 34
3.2.1 Çözünmüş Oksijen 34
3.2.2 Klorofil-a 38
3.2.3 Nitrit- Nitrat Azotu 42
3.2.4 Amonyum azotu 46
3.2.5 Ortofosfat Fosforu 50
3.2.8 Reaktif Silikat 54
3.3 Biyolojik Parametreler 58
3.3.1 *Synechococcus* 58
3.3.2 Heterotrofik bakteriler 66

BÖLÜM DÖRT - TARTIŞMA 75
BÖLÜM BEŞ – SONUÇ VE ÖNERİLER 93
KAYNAKLAR 94

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 *Synechococcus*'un farklı mikroskoplarda çekilmiş görüntüleri 5

Şekil 1.2 Epifloresan mikroskobunda çekilmiş *Synecococcus*'a ait görüntüler..... 6

Şekil 1.3 Taramalı elektron mikroskobunda farklı morfolojilere sahip heterotrofik bakterilere ait görüntüler 7

Şekil 1.4 Epifloresan mikroskobunda çekilmiş heterotrofik bakterilere ait görüntü ... 8

Şekil 1.5 Çalışma alanına ait görüntüler 11

Şekil 1.6 Çalışma alanının 1975-2016 yılları arasındaki değişimini gösteren uydu fotoğrafı (Google map)..... 12

Şekil 2.1 Çalışma alanı ve örnekleme istasyonları 18

Şekil 3.1 Sıcaklık değerlerinin (-♦-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 27

Şekil 3.2 Sıcaklık değerlerinin (-♦-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 28

Şekil 3.3 Tüm istasyonlarda ortalama sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimleri 29

Şekil 3.4 Sıcaklığın ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) 29

Şekil 3.5 Sıcaklık değerlerinin (-♦-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-), biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-), biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri..... 30

Şekil 3.6 Tuzluluk değerlerinin (-▲-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c)Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 31

Şekil 3.7 Tuzluluk değerlerinin (-▲-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 32

Şekil 3.8 Tüm istasyonlarda ortalama tuzluluk değerlerinin zamana bağlı değişimleri 33

Şekil 3.9 Tuzluluğun ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) 33

Şekil 3.10 Tuzluluk değerlerinin (-▲-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-), biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-), biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri 34

Şekil 3.11 Çözünmüş oksijen değerlerinin (-◊-)aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c)Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 35

Şekil 3.12 Çözünmüş oksijen değerlerinin (-◊-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 36

Şekil 3.13 Tüm istasyonlarda ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin zamana bağlı değişimleri 37

Şekil 3.14 Çözünmüş oksijenin ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) 37

Şekil 3.15 Çözünmüş oksijen değerlerinin (-◊-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri 38

Şekil 3.16 Klorofil-a değerlerinin (-▼-)aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 39

Şekil 3.17 Klorofil-a değerlerinin (-▼-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 40

Şekil 3.18 Tüm istasyonlarda ortalama klorofil-a değerlerinin zamana bağlı değişimleri 41

Şekil 3.19 Klorofil-a'nın ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) 41

Şekil 3.20 Klorofil-a değerlerinin (-▼-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri 42

Şekil 3.21 Nitrat-nitrit azotu değerlerinin (-○-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 43

Şekil 3.22 Nitrat-nitrit azotu değerlerinin (-○-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 44

Şekil 3.23Tüm istasyonlarda ortalama nitrat-nitrit değerlerinin zamana bağlı değişimleri 45

Şekil 3.24 Nitrat-nitrit azotu ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)..... 45

Şekil 3.25 Nitrat-nitrit azotu değerlerinin (-○-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri..... 46

Şekil 3.26 Amonyum azotu değerlerinin (-◄-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 47

Şekil 3.27Amonyum azotu değerlerinin (-◄-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 48

Şekil 3.28 Tüm istasyonlarda ortalama amonyum azotu değerlerinin zamana bağlı değişimleri 49

Şekil 3.29 Amonyum azotu ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)..... 49

Şekil 3.30 Amonyum azotu değerlerinin (-◄-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri..... 50

Şekil 3.31 Ortofosfat fosforu değerlerinin (-□-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 51

Şekil 3.32 Ortofosfat fosforu değerlerinin (-□-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 52

Şekil 3.33 Tüm istasyonlarda ortalama ortofosfat fosforu değerlerinin zamana bağlı değişimleri 53

Şekil 3.34 Ortofosfat fosforu ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)..... 53

Şekil 3.35 Ortofosfat fosforu değerlerinin (-□-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri 54

Şekil 3.36 Reaktif silikat değerlerinin (-►-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 55

Şekil 3.37 Reaktif silikat değerlerinin (-►-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 56

Şekil 3.38 Tüm istasyonlarda ortalama reaktif silikat değerlerinin zamana bağlı değişimleri 57

Şekil 3.39 Reaktif silikatın ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)..... 57

Şekil 3.40 Reaktif silikat değerlerinin (-►-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri..... 58

Şekil 3.41 *Synechococcus* (-●-) hücre sayısı değerlerinin aylık değişimleri; a) Ekim b)Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 59

Şekil 3.42 *Synechococcus* hücre sayısı değerlerinin (-●-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 60

Şekil 3.43 Tüm istasyonlarda ortalama *Synechococcus* hücre sayısı değerlerinin zamana bağlı değişimleri 61

Şekil 3.44 *Synechococcus* ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)..... 61

Şekil 3.45 *Syncehococcus* biyokütle değerlerinin (-■-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 63

Şekil 3.46 *Synechococcus* biyokütle değerlerinin (-■-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 64

Şekil 3.47 Tüm istasyonlarda ortalama *Synechococcus* biyokütle değerlerinin zamana bağlı değişimleri 65

Şekil 3.48 *Synechococcus* değişkeninin biyokütlesindeki ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) 65

Şekil 3.49 *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) ve biyokütle (-■-) değerlerinin heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-) ve biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimi 66

Şekil 3.50 Heterotrofik bakterilere ait hücre sayısı değerlerinin (-●-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 67

Şekil 3.51 Heterotrofik bakterilere ait hücre sayısı değerlerinin (-●-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 68

Şekil 3.52 Tüm istasyonlarda heterotrofik bakterilerin ortalama hücre sayısı değerlerinin zamana bağlı değişimleri 69

Şekil 3.53 Heterotrofik bakterilere ait hücre sayılarının ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) 69

Şekil 3.54 Heterotrofik bakterilere ait biyokütle değerlerinin (-■-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart 70

Şekil 3.55 Heterotrofik bakterilere ait biyokütle değerlerinin (-■-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül 71

Şekil 3.56 Tüm istasyonlarda heterotrofik bakterilerin ortalama biyokütle değerlerinin zamana bağlı değişimleri 71

Şekil 3.57 Heterotrofik bakterilerin biyokütlelerindeki ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) 72

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 Değişkenler arasında parametrik olmayan Sperman Rank Order korelasyon testi p <0.05 73

Tablo 4.1 Kimyasal parametrelere ait diğer çalışmalar 80

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

Denizel bakterilerin kantitatif olarak tahminini sağlayan yöntemin geliştirilmesinin öncesinde, bakterilerin, okyanus ve denizlerde nadir olarak bulunduğu öngörülmekteydi. Dolayısıyla bakteriler, okyanus ve deniz besin ağının önemsiz bir parçası olarak kabul edilmekteydi (Gazihan Akoğlu, 2011). 1970'li yıllarda epifloresan mikroskobu ve floresan özelliğe sahip DNA boyaları gibi yeni yöntemler sayesinde, sucul ortamlarda pikoplanktonun (*Synechococcus* ve heterotrofik bakteriler) bolluğu vurgulanarak bakterilerin bolluk ve biyokütlelerinin hesaplanabilmesine olanak sağlanmış ve bu denizel mikrobiyoloji alanında devrim yaratmıştır (Francisco, Mah ve Rabin, 1973; Hobbie, Daley ve Jasper, 1977; Porter ve Feig, 1980). 1983 yılında ise Azam ve arkadaşları tarafından tanımlanan "mikrobiyal döngü" kavramı ile de besin zincirindeki yerlerinin tam olarak anlaşılması sağlanmıştır. Bu çalışmanın ardından günümüze kadar bakteri, siyanobakteri, virüs, siliat ve planktonik sistem birçok çalışmanın odak noktası olmuştur (Murphy, 1985; Nielsen ve Kiorboe, 1994; Bratbak ve ark ., 1995; Tuomi ve Kuuppo, 1999). Pikoplanktonlar okyanus ve denizlerde biyokimyasal döngüleri yöneten anahtar bileşenler olup, (Pomeroy, 1974; Cho ve Azam, 1990) biyokütlelerinin balık ve memelilerin toplam biyokütlesini geçtiği ve besin zinciri için hayati rol oynadıkları yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Pomeroy, Williams, Azam ve Hobbie, 2007). Pikoplanktonlar ayrıca azot fiksasyonu, nitrifikasyon, denitrifikasyon, ve remineralizasyon gibi ekolojik süreçlerde de önemli rol oynamaktadır (Valiela, 1995). Fitoplanktonik organizmalar bu özellikleri sayesinde zooplanktondan başlayarak, sucul ekosistemdeki tüm hayvansal organizmaların beslenmesine doğrudan veya dolaylı olarak katkı sağladıklarından dolayı büyük öneme sahiptir. Pikoplanktonun toplam birincil üretime en az %10 değerinde katkı sağladığı, bu değerin bazı sucul ortamlarda, %80-90'a varan bir orana sahip olduğu bildirilmiştir (Harris, 1986). Pikoplanktonlardan heterotrofik bakteriler organik madde miktarına bağlı olarak genellikle ötrofik lagünlerde 10^{10} hücre l^{-1}, kıyısal alanlarda 10^{9} hücre l^{-1}ve açık denizde 10^{8} hücre l^{-1} seviyesinde bulunmuştur (Ducklow ve Carlson, 1992).

Lagünler, yoğun bakteri ve plankton topluluklarını, besin zincirindeki birincil üretim artışlarını desteklemesi nedeniyle aşırı derecede üretken ortamlardır (Billen ve Garnier, 1997; Cunha ve ark., 2003; Lopes ve ark., 2005; Cunha ve ark., 2000). Kıyısal lagünler yüzey alanı olarak okyanusların çok küçük bir bölümünü (%1'den az) kaplamasına rağmen, bu alanlar yüksek biyoçeşitlilik ve birincil üretim özellikleri ile karakteristiktir (Cognetti ve Maltagliati, 2000). Hem ekolojik hem de ekonomik olarak oldukça önemli etkileri bulunmaktadır (Nixon, 1982).

Lagünler deniz ve karasal ortamların her ikisinden etkilenen sucul ekosistemlerdir (Barnes, 1980; Knoppers, 1994). Kıyı stabilizasyonu, sediman ve besin tutma kapasitesi, su kalitesini iyileştirme, zengin biyoçeşitlilik ve biyokütle rezervuarları sağlamak gibi önemli katkıları bulunmaktadır (Levin ve ark., 2000; Moss, 2000). Lagünlerde birincil üretim, mekansal ve zamansal değişikliklerden etkilenen dinamik bir süreçtir. Bununla birlikte besin elementlerinin miktarı ve formları besin zincirindeki birincil üretimden başlayarak son halkaya kadar tüm zinciri doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla lagün gibi sulak alanların etkili ve verimli kullanımı için ekosistemleri etkileyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin araştırılması gerekmektedir (Karadeniz, 1995; Çağırankaya ve Köklüoğlu, 2013). Besin ağının ekolojik verimliliğini belirleyen pikoplankton dinamiği üzerine yapılan araştırmalar, lagüner ekosistemi tanımlamak ve besin zincirinin fonksiyonunu anlamak açısından önem taşımaktadır (Billen ve Garnier, 1997; Cunha ve ark., 2003; Lopes ve ark., 2005; Cunha ve ark., 2000; Karadeniz,1995).

Türkiye'nin kıyı bölgelerinin ve denizlerinin kirlilik, plansız kullanım ve yapılaşma sonucunda doğal kaynak zenginliğini kaybettiği ve birçok bölgede kıyı sularının (özellikle körfezlerin ve lagünlerin) uluslararası standartlara göre, kirlilik oranının yüksek olduğu belirtilmektedir (TBMM Çevre Komisyonu Raporu, 1999). Lagünleri koruyabilmek için ilk olarak alandaki işleyişi çok iyi kavramak gerekmektedir. Bunun için ise lagünlerdeki besin zincirini iyi tanımak gereklidir (Çağırankaya ve Köklüoğlu, 2013). Lagünlerde bakterilerin besin zincirinde birincil üreticiler açısından kıyaslandığında su kolonunda element döngüsü açısından çok önemli bir rol oynadığı çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur (Kirchman ve ark.,1982; Williams, 1981). Bu sebeplerden dolayı özellikle lagünler gibi hassas

ekosistemlerde bu organizmaların tespiti ve periyodik olarak izlenmesi lagüner ekosistemlerdeki besin zincirini tanımlamada oldukça önemlidir (Çevik ve ark., 2008).

1.1 Mikrobiyal Döngü

Mikrobiyal döngü tanımı ilk olarak Azam ve ark. tarafından 1983'te yapılmıştır. Tanıma göre mikrobiyal döngü heterotrofik bakteriler, siyanobakteri (*Synechococcus ve Prochlorococcus*), pikoökaryotlar ve protistleri içermektedir. Son yıllarda mikrobiyal döngünün tarifi genişletilmiş olup virüsler de dâhil olmak üzere, heterotrofik bakteriler, piko ve nano siyanobakteri, anoksik, aerobik-anaerobik fototrofik bakteri, heterotrofik flagellatlar, hetetrofik diatomlar ve mikrozooplanktonları içeren bir grup olarak tanımlanmıştır. Bu tanıma göre 0,2-2 µm hücre çapına sahip olan bakteriler pikoplankton olarak adlandırılır. Pikoplanktonlar su kolonunda bulunan fototrofik siyanobakteri ve heterotrofik bakterileri içerir ve mikrobiyal besin ağının temelini oluşturur (Van den Hoek ve ark., 1995; Sieburth, 1984). Küçük boyutlarına rağmen onlar sucul planktonik ekosistemin önemli bir bileşenleridir ve biyojeokimyasal süreçlerde büyük rol oynarlar. Pikoplanktonlar tüm sucul ortamlarda fitoplankton biyomas ve birincil üretimine önemli katkıda bulunur (Stockner, 1988). Biyomaslarının tüm balık ve memeli canlıların toplam biyomasını büyük ölçüde geçtiği ve besin zinciri için hayati rol oynadıkları ortaya konmuştur (Pomeroy ve ark., 2007).

Öfotik tabakada ototrofik üretimin büyük kısmı, mikrobiyal döngü içinde mikroorganizmalar ile okside edilmektedir (Legendre ve Le Févre, 1995; Lugioyo ve ark., 2007). Pikoplanktona dâhil olan organizmalar denizlerde ve tatlı su göllerinde yaygın olarak bulunur. Yüzey sularında siyanobakteriler 10^7 l^{-1}, heterotrofik bakteriler 10^9 l^{-1} seviyesindedir (Fogg, 1986, 1987; Nagata 1988; Stockner, 1988; Kudoh ve ark., 1990; Caron ve ark., 1991; Campbell ve Vaulot, 1993).

Mevsimsel değişim gösteren alanlarda nutrient konsantrasyonunun düşmesi ile birlikte pikoplankton sistemi yenilenme sürecinden yeniden üretime geçer ve yüzdesi baharda başlayarak yaz boyunca artış gösterir (Jochem, 1988; Kuosa, 1991).

Genellikle *Synechococcus* ve heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyokütle değerleri en yüksek sayıya yaz ve sonbahar aylarında ulaşır (Li, 1998).

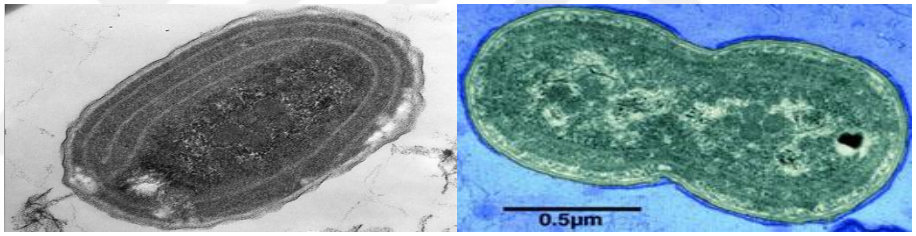
"Mikrobiyal döngü" rekabet ve avlanma gibi ekolojik ilişkilere dayalı dinamik bir yapıdadır (Azam ve ark., 1983). Fitoplankton tarafından sentezlenen organik madde bakteri için substrat kaynağıdır. Bakteri bu besin elementlerini remineralizyon ile fitoplanktonun fotosentezde tekrar kullanabileceği forma dönüştürür. Pikoplanktonun sucul ekosistemde mevcudiyetini düzenleyen sistemi yukarıdan aşağıya kontrol eden (sıcaklık, nütrient ve substrat oranı) faktörler ve aşağıdan yukarıya kontrol eden (özellikle otlama ve viral lizis) faktörlerdir (Almeida ve ark., 2001; Schultz ve ark., 2003; Ameryk ve ark., 2005; Wilhelm ve ark., 2002; Taira ve ark., 2009). Büyüme oranları avlanma etkisi, nanoflagellatlar tarafından otlanmaları ile dengelenir (Sanders ve ark., 1992; Zubkov ve ark., 2000a; Vaqué ve ark., 2002; Tsai ve ark., 2005, 2008). Ayrıca bakterilerin su kolonundaki artışını dengeleyen bir diğer faktör olzn virüsler bakterilerin %10-40 oranında parçalanmasına sebep olur ve parçalanma sırasında hücresel içeriği salınım yoluyla biyokimyasal döngüyü değiştirir (Fuhrman, 1999; Suttle, 2007; Brum ve ark., 2014).

Plankton kömüniteleri, heterotrofik bakteriler ve ototrofik fitoplankton biyokütle arasındaki nispi denge ekolojik dinamiklerde önemli bir göstergedir (Odum, 1971). Mikroorganizmalar çevresel etkenlerden dolayı oluşan değişikliklere karşı oldukça hassastır ve çevresel etkilerin ekosistem işleyişi üzerindeki etkisini belirlemek için yaygın olarak kullanılırlar (Gazihan Akoğlu, 2011).

Tüm bu sebeplerden dolayı pikoplankton dinamiğine dair yapılan araştırmalar, denizel ekosistemi tanımlamak ve besin zincirinin fonksiyonunu anlamak açısından önem taşımaktadır.

1.2 Siyanobakteri *Synechococcus*

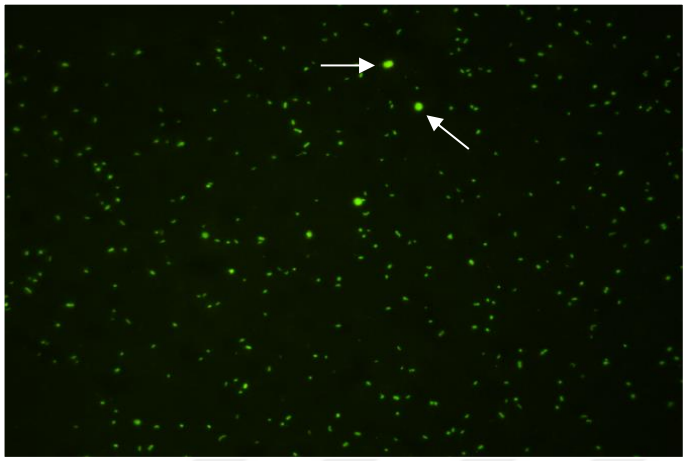
Fotosentetik pikoplanktonu, pikoplanktonik ökaryotlar ile siyanobakteri türüne ait *Prochlorococcus* ve *Synechococcus* temsil eder (Falkowski ve Raven, 1997). Tek hücreli siyanobakterilerin keşfi, deniz mikro yaşamının deniz ekosistemindeki kompozisyonuna ve işleyişine olan görüşümüzü kökten değiştirmiştir. Fotosentetik pikoplanktonlar arasında yer alan *Synechococcus* ilk kez 1979'da tanımlanmıştır (Johnson ve Sieburth, 1979; Waterbury ve ark., 1979). Basit ve tek hücreli fikoeritrin içeren siyanobakteri ile çubuk benzeri hücreler genellikle *Synechococcus* olarak sınıflandırılan gram negatif bakterilerdir (Van den Hoek, ve ark., 1995; Perkins, ve ark., 1981; Waterbury ve ark., 1979, 1986; Johnson ve Sieburth, 1979). Bu türün hücre büyüklüğü 1 µm'den daha küçük değerler ile 2-3 µm gibi daha büyük değerler arasında değişebilir ve su derinliğinin artması ile hücre büyüklüğü de artar (Kimor ve ark.,1992; Kuparinen ve Kuosa, 1993; Köksalan, 2000).



Şekil 1.1 Synechococcus'un farklı mikroskoplarda çekilmiş görüntüleri (Kana ve Gilbert, 1987; John Waterbury)

Epifloresans mikroskobu *Synechococcus*'un keşfinde önemli rol oynamıştır (Johnson ve Sieburth, 1979; Waterbury, ve ark., 1979). Su örneklerinin incelenmesi için kullanılan floresan mikroskobu uygulamaları bakterilerin deniz suyundaki bolluk seviyelerini ortaya çıkarmıştır (Hobbie ve ark., 1977). Fotoğraf analiz programı ise bakterilerin boyut ve biyokütleleri hakkında daha fazla bilgi edinmeyi sağlamıştır (Sieracki ve ark., 1985). Bu bakteriler birincil üretime önemli katkı sağlarlar. Siyanobakteri ve proklorofitlerin baskın katılımcısı olduğu fotosentetik pikoplankton (*Synechococcus* ve *Prochlorococcus*) okyanus ve göllerde karbon döngüsünde önemli rol oynamaktadır (Waterbury ve ark., 1979; Johnson ve Sieburth, 1979; Joint ve ark., 1986; Stockner, 1988; Chisholm ve ark., 1988; Olson ve ark., 1990).

Synechococcus atmosferdeki azotu fikse etme özelliği ile deniz ekosisteminde önemli bir yere sahiptir.



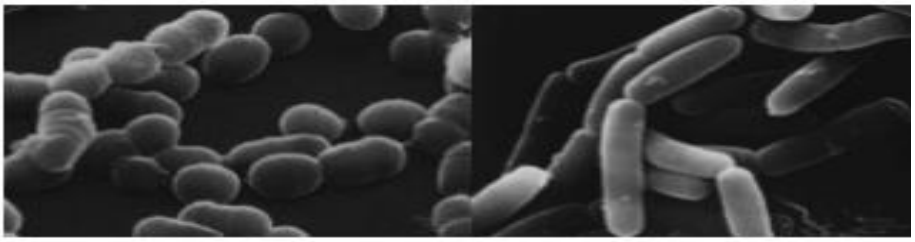
Şekil 1.2 Epifloresan mikroskobunda çekilmiş *Synecococcus*'a ait görüntü

Synechococcus tropik sulardan, kutup bölgelerine kadar çok geniş bir dağılıma sahiptir. Besince fakir ve zengin karışım sularının her ikisinde de genellikle baskın pikoplanktondur (Waterbury, 1986; Partensky ve ark., 1999; Legendre ve ark., 1999; Vincent, 2000; Zubkov ve ark., 2000b). *Synechococcus* genellikle ılıman ve tropik bölgelerde öfotik tabakada, yüzey ve kıyı sularında 10^6 - 10^8 hücre l^{-1} seviyesinde bulunmaktadır (Waterbury ve ark., 1986). *Synechococcus* su kolonunda %50'yi aşan oranda birincil üretime katkı sağlamaktadır (Uysal ve ark., 1998; Li, 1998). *Synechococcus*'un doğadaki bolluğu bir dizi fiziksel ve biyolojik faktörün etkileşimin sonucudur. Işık miktarı ve kalitesi, su sıcaklığı, besini kullanabilirliği büyümeyi etkileyen faktörler iken otlama ve viral lizis ise popülasyon büyümesini dengede tutan faktörlerdir (Lantoine ve Neveux, 1997; van den Hoek, ve ark., 1995; Christaki ve ark., 2002).

Synechococcus'lar pigment konsantrasyonlarını arttırarak veya azaltarak bulundukları çevreye adapte olur (Kurt, 2002). Besin alımı açısından, *Synechococcus* nitrat, nitrit, amonyum, üre ve bazı amino asitleri kullanma yeteneğine sahiptir (Moore, ve ark., 1995). Azot yoksunluğunda *Synechococcus* iç azot kaynağı olarak ışığı kullanarak protein fitoeritrini indirger (Wyman, 1992). Fosfor kullanımında ise, fosfat ve çok sayıda organik fosfor kaynaklarından elde eder (Scanlan ve ark., 1997).

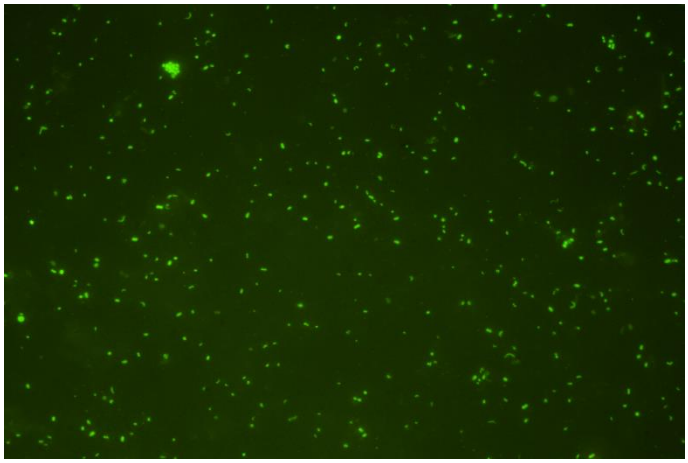
1.3 Heterotrofik Bakteriler

Heterotrofik bakteriler mikrobiyal döngünün temel unsurlarından biridir (Valiela, 1995). Heterotrofik bakterilerin çoğu pelajik ekosistemde partikül organik madde üretiminin büyük kısmından sorumludur ve pikoplankton içerisinde biyokütle ve karbon akışı bakımından baskın olabilmektedir (Hagström ve ark., 1979; Fuhrman ve Azam, 1980,1982; Jouris ve ark., 1982; Smith ve ark., 1984; Williams, 1984; Ducklow, 1986; Fuhrman ve ark., 1989; Malone ve Ducklow, 1990).



Şekil 1.3 Taramalı elektron mikroskobunda farklı morfolojilere sahip heterotrofik bakterilere ait görüntüler (Munn, 2004)

Denizel ekosistemde, öfotik zonda madde dönüşümlerinde en aktif grubun heterotrofik bakteriler olduğu ve bu grubun okyanuslardaki ikincil üretimin önemli bir kısmını oluşturdukları bilinmektedir (Cole ve ark., 1988; Sherr ve ark., 1997). Heterotrofik bakteriler, denizlerde kemoorganotrof ya da kemolitotrof metabolik faaliyetlere sahip olabilir. Türler arasındaki substrata dayalı bu farklılaşma, ekosistemde döngüsel faaliyetler açısından kritik öneme sahiptir (Azam ve ark., 1983, Cho ve Azam, 1988). Besince fakir sulardan, besin açısından aşırı üretken sucul ekosistemlerin öfotik bölgesinde heterotrofik bakteriler birincil üretimin yaklaşık % 40'lık kısmını kullanır ve ~%50'ye ulaşan bir verimlilikle tekrar üst besinsel seviyelere aktarımını sağlarlar (Fenchel, 1982; Cole ve ark., 1988). Heterotrofik bakteriler karmaşık moleküllerin ayrışması, solunum, mineralizasyon, remineralizasyon, çözünmüş organik bileşiklerin alımı, partikül maddeye çevirimi ve yüksek büyüme hızı ve aktivitelerini kapsayan bir dizi süreci yönetir (Landry, 2001). Heterotrofik bakteriler yeni bakteriyel biyokütle üretimi (ikincil üretim) ve organik karbon ile besin remineralizayonu olmak üzere iki önemli yolla besin ve karbon döngüsüne katkıda bulunur (Giorgio ve Cole, 1998).



Şekil 1.4 Epifloresan mikroskobunda çekilmiş heterotrofik bakterilere ait görüntü

Heterotrofik bakteriler, çevresel koşullara bağlı olarak metabolik aktivitelerini düzenleyebilir ve çevresel değişikliklere hızla cevap verebilir (Hobbie ve Williams, 1981). Bu bakteriler, toplam planktonik biyokütlenin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır ve azalan besin seviyesiyle sayıları artar (Cho ve Azam, 1990). Heterotrofik bakteriler enerji gereksinimlerini organik maddenin oksidasyonu yoluyla karşılar. Fitoplankton patlamalarının ardından, organik madde birikimi ve çökelimi önemlidir (Takahashi, 1986; Bodungen ve ark., 1986) çünkü heterotrofik bakteriler bu çöken organik partikül maddenin büyük bir kısmını kullanmaktadır (Wiebinga ve ark.,1997). Genellikle karbon biyokütlesi pelajik ekosistemin alt tabakasındaki yaşamı desteklemek için önemli olmaktadır (Fuhrmanve ark., 1989; Cho ve Azam, 1990; Ducklow, 2001). Bu nedenle, heterotrofik bakterilerin bolluğu ve aktivitesi üzerine bilgiler onların çeşitli rollerini tanımak için çok yararlıdır.

1.4 Lagünlerin Genel Özellikleri

Denizle, bir kanal ya da açıklık ile bağlantısı olan, tuzluluğu tatlı su girdisine bağlı olarak değişim gösteren, denizden kum bir set ile ayrılan sulak alanlar lagün olarak adlandırılır (Joyeux ve Ward, 1998). Lagün kıyı seti, denizin sürükleyerek getirdiği çeşitli sedimentleri (çakıl, kum), koy ve körfez önüne yığması ile ya da akarsuyun taşıyıp getirdiği kumları, kıyıya yığması sonucunda oluşabilir. Kara ve deniz ekosistemleri arasında yer alan lagünler, deniz suyu ve tatlı su ortamları arasındaki ekolojik toplulukların geçiş bölgeleridir ve bu iki farklı ekosistemin de

etkisi altındadır (Joyce ve ark., 2005; Gilabert, 2001). Yüz binlerce yıllık doğal süreçler sonucu meydana gelmiş ve ortama karakterize olmuş zengin bitki ve hayvan türleri ile yeryüzünün en önemli genetik rezervuarlardır (Çevre Atlası, 2004; Sulak alanlar, 2013). Lagünler dünya sularının %1'den daha küçük bir kısmını kapsamasına karşın özellikle yüksek biyolojik çeşitlilik (Cognetti ve Maltagliati, 2000) ve birincil üretim açısından dünya üzerindeki en üretken ekosistemler arasında kabul edilirler (Nixon, 1982; Viaroli ve ark., 1996; Castel ve ark., 1996).

Lagünler doğal dengenin sürdürülmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Pakalne, 2004; Çevre Atlası, 2004). Bu alanlar sığ olmaları ve açık denizden su girdilerinin kısıtlı olması nedeniyle hassas bir yapıya sahiptir (Castel ve ark., 1996; USEPA, 1998; Bachelet ve ark., 2000). Lagünlerde beslenme-depolama-boşalma süreçleri, yüzey suyu-yeraltı suyu etkileşimleri ve dönemsel olarak gerçekleşen su seviyesi değişimleri, neredeyse ekosistemin tüm işleyişini kontrol eden temel hidrolojik süreçlerdir (Beklioğlu ve ark., 2007).

Deniz ve kara ekosistemleri arasındaki konumlarından dolayı çok iyi su filtreleridir (Yaşar-Korkanç, 2004). Atık sularda bulunan organik ve inorganik maddelerin arıtılması, azot ve fosfor gibi besin maddelerini ortamdan uzaklaştırma lagünlerin işlevleri arasındadır (Çevre Atlası, 2004; Yaşar Korkanç, 2004). Lagüner ekosistemler bitkilerin özellikle nitrifikasyon ve denitrifikasyon işlemlerini yürüten bakteriyel metabolizma sayesinde azotun ortamda azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. İyon değişimi ve absorbsiyon yoluyla ise alana gelen toksik kalıntılar (ağır metaller, herbisitler ve pestisit) ortamdan uzaklaştırılabilir (Yaşar-Korkanç, 2004). Su kalitesi üzerindeki etkileri, dalga hızı ve erozyon önleme, sediment depolama küresel döngüler ve makroklima üzerindeki etkileri taşkın önleme ve su sağlama lagüner alanların çevresel kaliteyi arttırıcı etkileri arasında gösterilebilir.

Lagünler iki farklı ekosistem arasında yer almaları nedeniyle dinamik sistemler dir. Çevresindeki fiziksel ve kimyasal değişimlerden etkilenirler. Bu alanlar güçlü antropojenik etkilere maruz kalır. Bunlar, morfolojik yapıları, med-cezir, sedimantasyon, rüzgar-dalga-akıntı, buharlaşma-tuzluluk ve kirliliktir (Kjerfve,

1994). Dahası, bu yerler kentsel, tarımsal, endüstriyel ve evsel atık sular ile yüklü alıcı ortamlardır.

Lagünlerde dip taraması, arazi ıslahı, evsel ve tarımsal deşarjlar ekolojik dengenin değişimine ve sistemin dengesinin bozulmasına neden olmaktadır (Kırdağlı, 1999). Evsel ve endüstriyel deşarjlar, tarım alanlarından gelen aşırı nütrient yükü sebebiyle aşırı alg gelişimi, tür çeşitliliğinde azalma gibi etkilere sebep olmaktadır (Andrulewicz, 1995). Çeşitli bölgelerden yapılan atıksu deşarjları, kıyı su ekosistemleri içinde ağır metal ve besi maddesi içeren organik ve inorganik kirliliklerinin temel kaynağıdır. Fiziksel karışım prosesleri, besi maddesi yönünden zengin atıksuların seyrelmesi için yeterli olmadığı zaman besi maddesi deşarjları sahil sularında şiddetli ötrofikasyonla sonuçlanan algal büyümeyi tetikleyici olarak rol oynar (Tuncel ve ark., 2007). Ötrofikasyon, bakteriyel kontaminasyon, alg patlamaları, oksijensizlik (anoxia) ve kitle balık ölümleri gibi önemli ekosistem değişimlerinden sorumludur (Aliaume ve ark, 2007). Lagünler dünyanın doğal biyolojik zenginlik kaynakları olmalarının yanında, bilimsel çalışmalar için laboratuvar konumunda olup biyolojik çeşitliliğin korunması ve devamlılığının sağlanmasında büyük öneme sahip hassas ve kırılgan ekosistemlerdir (Çevik ve ark., 2008).

1.5 Çalışma Alanın Özellikleri

Dalyan, çoğunlukla kıyı lagünlerinin su giriş çıkışlarının kontrollü bir şekilde kullanılması sayesinde balık üretiminin (avcılık/yetiştiricilik) yapıldığı alanlara denir. Bazı balıklar lagüne beslenme ve barınma amaçlı girer, üreme ve korunaklı alanlara (denize) göçleri sırasında ise yoğun kitleler halinde bu geçiş yerlerinde (boğazlar) yılın belirli zamanlarında veya sürekli kurulu olan sabit tuzaklarda (kuzuluklar) yakalanır (Kaykaç ve Tosunoğlu, 2015).



Şekil 1.5 Çalışma alanına ait görüntüler (2014)

Çakalburnu Dalyanı geçmişte Rumlar tarafından işletilen tarihi bir dalyan olup, yaklaşık 200 ha'lık yüzey alanına sahipti. Dalyanın aktif olarak çalıştığı dönemde etrafının bir bölümü (kuzey tarafı) doğal bir tonozla, iki dar kum set ile kapatılarak oluşturulmuştu.

Dalyanda, genişlikleri 120, 40 ve 85 m olan 3 adet boğaz bulunmaktaydı (Alpbaz, 1990). Boğazlardan biri, parmaklıklar ile açık tutulurken diğerleri tamamen kapalı olup, açık bırakılan boğaz, kuzuluk olarak kullanılırdı. Yıllık verimi, 5-10 ton olan dalyanından, topan kefal, mavraki kefal, meksinar kefal, çipura, levrek, az miktarda yılan balığı yakalanırdı (TKB, 1997).

1980 öncelerine kadar faaliyette olan dalyan, körfezin kirlenmesi ile ihalesi iptal edilip kiraya verilemez hale gelmiştir. Dalyan özelliğini kaybeden alan, lagüner ekosistem özelliklerini taşımaktadır (Can, 2003). Tüm bu belirtilen sebeplerden dolayı alanı lagüner ekosistemler içerisinde değerlendirmek gerekmektedir. Ayrıca son kırk yıllık süreç içerisinde doldurma çalışmaları nedeniyle daha önceki hacminin yarısından fazlasını kaybeden Şekil 1.6, Çakalburnu Dalyanı 1999 yılında Doğal Sit alanı olarak ilan edilmiştir. Alan güncel olarak İzmir Büyükşehir Belediyesinin rekreasyon alanı olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 1.6 Çalışma alanının 1975-2016 yılları arasındaki değişimini gösteren uydu fotoğrafı (Google map)

1.6 Pikoplankton (*Synechococcus* ve Heterotrofik Bakteriler) ve Çakalburnu Dalyanı'na Ait Önceki Çalışmalar

Uluslararası deniz araştırmalarında birçok araştırıcı pikoplankton dinamiği üzerine uzun yıllardır araştırmalar gerçekleştirmeye devam etmektedir. Ülkemiz denizlerinde ise pikoplankton dinamiği hakkında yapılan çalışmalara bakıldığında sınırlı sayıda çalışma bulunduğu görülmekte iken (Uysal 2001, 2006; Feyzioğlu ve ark., 2004; Uysal ve Köksalan, 2006; Kahyalar 2007; Bayındırlı 2007; Gazihan Akoğlu 2011; Kopuz 2012), lagüner ekosistemlerde ise pikoplanktona (*Synechococcus* ve heterotrofik bakteriler) dair yapılan bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Ülkemiz denizlerinde gerçekleştirilen çalışmalarda Karadeniz kıyı sularında pikoplankton yoğunlukları, mevsimsel dağılımları ve birincil üretime olan katkıları Uysal (2001, 2006), tarafından yapılan çalışmalarda incelenmiştir. Uysal ve Köksalan (2006) Mersin Körfezi'nde yaptıkları çalışma ile siyanobakteri *Synechococcus*'un haftalık değişimlerini incelemişlerdir. Feyzioğlu ve ark., (2004) Doğu Karadenizde yaz aylarında yaptıkları çalışma ile ototrofik pikoplankton *Synechococcus* spp.'nin bolluk ve dağılımını ortaya koymuşlardır. Uysal (2006), Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz'de *Synechococcus*'un su kolonundaki dikey dağılımını incelediği çalışmasında, farklı denizel ortamlarda hücre yoğunluğunun dikey ve yatay olarak önemli farklılıklar gösterdiğini belirtmiştir.

Kahyalar (2007) İskenderun Körfezin'de yaptığı çalışmada *Synechococcus*'un yoğunluk ve biyomas değerlerinin mevsimsel olarak değişimini incelemiştir. Kuzeydoğu Akdeniz Kilikya Baseni'nde pikoplankton (*Synechococcus* ve heterotrofik bakteriler) bolluk ve biyokütlelerindeki aylık değişimlerin incelendiği çalışmayı ise Bayındırlı (2007) yılında gerçekleştirmiştir. Gazihan Akoğlu (2011), gerçekleştirdiği çalışmayla planktonun küçük bileşenleri heterotrofik bakteriler, *Synechococcus* ve kamçılı organizmaların Mersin Körfezi kıta sahanlığının hızlı şekilde değişim gösteren fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine karşı verdikleri tepkileri incelemiştir. Çalışmada hücrelerin sayımı ve karbon bütçelerinin hesabında epifloresans mikroskop ve (Image Pro Plus 6.0) görüntü analiz sistemi kullanılmıştır.

Kopuz (2012) ‘’Mikrobiyal döngüde pikoplankton dinamiği ve Güneydoğu Karadeniz pelajik besin zincirindeki önemi’’ başlığı altında gerçekleştirdiği çalışmada deniz ve laboratuvar çalışmalarının yanı sıra mikrokosm deneyleri de gerçekleştirilerek kıyısal ve açık denizdeki döngüleri, bu döngülerde pikoplanktonik ve nanoplanktonik organizmaların yerlerini belirlemiştir.

Lagünler dünyanın doğal, biyolojik zenginlik kaynaklarıdır. Biyolojik çeşitliliğin korunması ve devamlığının sağlanmasında büyük öneme sahip ekosistemlerdir. Bu ekosistemler yüksek verimlilik potansiyeline sahip olmalarının yanı sıra çevresel değişimlerinden etkilenen hassas ve kırılgan ekosistemlerdir (Çevik ve ark., 2008; Nixon, 1982).

Ülkemiz lagünlerinde pikoplankton (*Synechococcus* ve heterotrofik bakteriler) bolluk ve biyokütlelerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar bulunmamaktadır. Bununla birlikte uluslararası çalışmalarda lagüner ekosistemlerde özellikle *Synechococcus* üzerine çalışmalar yapıldığı görülmektedir.

Charpy ve Blanchot (1999), Great Astrolabe (Fiji) lagünü ve çevresindeki pikoplankton biyokütlesini, toplum yapısını ve üretkenliğini klorofil konsantrasyonu ve karbon ölçümlerini inceledikleri çalışmada, pikoplankton ölçümleri akım sitometri yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Tikehau Atoll lagününde mikrobiyal popülasyon dinamiklerinin incelendiği çalışma ise Gonzalez ve ark., tarafından 1998 yılında gerçekleştirilmiştir. Lagünde bakteri hücre sayısı 2 -2,6 x 10^6 hücre/ ml, siyanobakteri hücre sayısı ise 1- 4,0 x 10^5 hücre/ml olarak tespit edilmiştir. Pikoplanktonlar subtropik alanlardan, kutuplara kadar farklı ve geniş çevrelerde hatta yüksek tuzluluk oranlarındaki sularda dahil olmak üzere çeşitli ekstrem ortamlarda koloniler oluşturabilir ve yayılım gösterebilirler. 2010 yılında Schapira ve ark. Güney Avusturalya hipersalin kıyı lagünlerinde siyanobakterilerin %8 ve %11 değerindeki tuzlulukta 1,3x10^6 -1,4x10^6 hücre/ml değerleri arasında değişim gösterdiğini rapor etnişlerdir. Collos ve ark. Fransa kıyı lagünlerinde 2011 yılında yaptıkları çalışmada doğal ve antropojenik çevresel etkilerin kıyı sularındaki pico ve nano fitoplankton toplum yapısı ve dinamiklerini üzerindeki rolünü araştırmışlardır. Sonuç olarak 24 farklı lagünde yapılan çalışmada antropojenik ve meteorolojik

değişikliklerin pikoplankton topluluk kompozisyonu ve büyüklüğüne son derece etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Çakalburnu Dalyanı'nda yapılan çalışmalara bakıldığında ise; Benli (1998) yaptığı çalışmada lagündeki omurgasız biyoması zaman serileri içinde incelemiştir. Civaş (2001) yılında gerçekleştirdiği çalışma ile lagünde 44 değişik kuş türü olduğunu kaydetmiştir. Can (2003) lagünde gerçekleştirdiği çalışmada yengeç türlerinin saptamış ve Akdeniz yeşil yengeç (*Carcınus Aesturaii* Nardo,1847) türünün üreme, büyüme gibi biyolojik özelliklerini incelemiştir. 2005 yılında Serdar ve Lök tarafından geçekleştirilen çalışmada ise alandan toplanan akivadeslerin mevsimsel olarak gonad gelişimi belirlenmiştir.

1.6 Çalışmanın Önemi ve Amacı

Ototrofik ve heterotrofik bakterilerin denizel plankton içerisindeki yeri 1970'lere kadar yöntemlerin yetersizliği dolayısıyla yeterince bilinmemekteydi. Epifloresan mikroskobu ve floresan özelliğe sahip DNA boyaları gibi yeni yöntemlerin keşfi sayesinde, sucul ortamlarda pikoplankterlerin daha önce tanımlanan sayılarından çok daha bol oldukları, okyanus ve denizlerde toplam biyokütleye ve üretime önemli katkıları olduğu ortaya konmuştur. Bu keşfin ardından günümüze değin mikrobiyal döngü denizel araştırmalarda birçok araştırmacının odak noktası olmaya devam etmektedir (Murphy, 1985; Nielsen ve Kiorboe,1994; Bratbak ve ark., 1995; Tuomi ve Kuuppo, 1999). Besin zincirinin temelini oluşturan bu döngü hakkında yapılan çalışmalar ile yeni bilgiler elde edilmiş ve ekosistemi anlama yolunda önemli adımlar atılmıştır.

Lagünlerin, bakteri ve plankton topluluklarını, besin zincirindeki birincil üretim artışlarını desteklemesi nedeniyle aşırı derecede üretken ortamlar olduğu (Billen ve Garnier, 1997; Cunha ve ark., 2003; Lopes ve ark., 2005; Cunha ve ark., 2000) ve bakterilerin lagünlerde birincil üreticiler açısından kıyaslandığında su kolonunda element döngüsü açısından çok önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Kirchman ve ark., 1982; Williams, 1981). Lagünlerde birincil üretim, mekansal ve zamansal değişikliklerden etkilenen dinamik bir süreçtir. Pikoplanktonun (*Synechococcus*, heterotrofik bakteriler), ortamda baskın olması

enerji transferinin büyük oranda mikrobiyal döngü tarafından yürütüldüğünün göstergesidir. Bununla beraber besin elementlerinin miktarı ve formları besin zincirindeki birincil üretimden başlayarak son halkaya kadar tüm zinciri doğrudan etkilemektedir (Karadeniz, 1995; Sulak alanlar, 2013). Bu yüzden besin ağının ekolojik verimliliğini belirleyen pikoplankton dinamiği üzerine yapılan araştırmalar, lagüner ekosistemi tanımlamak ve besin zincirinin fonksiyonunu anlamak açısından önem taşımaktadır (Billen ve Garnier, 1997; Cunha ve ark., 2003; Lopes ve ark., 2005; Cunha ve ark., 2000; Karadeniz, 1995).

Lagüner sistemler dünyanın doğal biyolojik zenginlik kaynakları olmalarının yanında, bilimsel çalışmalar için laboratuvar konumundadır. Bu sistemler biyolojik çeşitliliğin korunması ve devamlılığının sağlanmasında büyük öneme sahip kırılgan ekosistemlerdir (Çevik ve ark., 2008). Çevresel etkenlerle etkileşimde bulunan lagün ekosistemi hızlı değişim gösterebilmektedir. Mikroorganizmalar ise çevresel değişikliklere karşı son derece hassastır ve ekolojik değişimlerin anlamlı ve ölçülebilir göstergeleridir (Paerl ve ark., 2006). Çevresel faktörlerin değişikliği, örneğin inorganik besin kullanılabilirliği okyanus ve denizlerin birincil üretkenliği ve fitoplankton (pikoplankton) topluluğu kompozisyonu düzenlenmesini tanımlamak için belirleyici bir öneme sahiptir (Smayda ve Reynolds, 2001; 2003). Bu da lagün konusunda güncel bilimsel araştırmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Lagünler üzerinde yapılan her türlü araştırma lagünlerin mevcut durumunu, özellikle de sorunları konusunda değerli bilgiler vermesi ve yapılacak çalışmalara ışık tutması yönünden oldukça önem taşımaktadır. Ülkemiz lagünleri sulak alan özelliğini kaybederek bataklık veya çorak arazi niteliği kazanma gibi tehlikelerle de karşı karşıyadır. Yapılan araştırmalarda Türkiye'nin birçok kıyı sularının (özellikle körfez ve lagünler) uluslararası standartlarla karşılaştırıldığında, kirlilik oranının yüksek olduğu belirtilmektedir (TBMM Çevre Komisyonu Raporu,1999). Çalışmanın yapıldığı Çakalburnu dalyanı, lagüner ekosistemlerin özelliklerini taşımasının yanı sıra İzmir Körfezi'nde yer alması, kapalı bir ortam olup derinliğin az ve su sirkülasyonunun yetersiz olması dolayısıyla ötrofik ortam özelliklerini de taşımaktadır (Can, 2003).

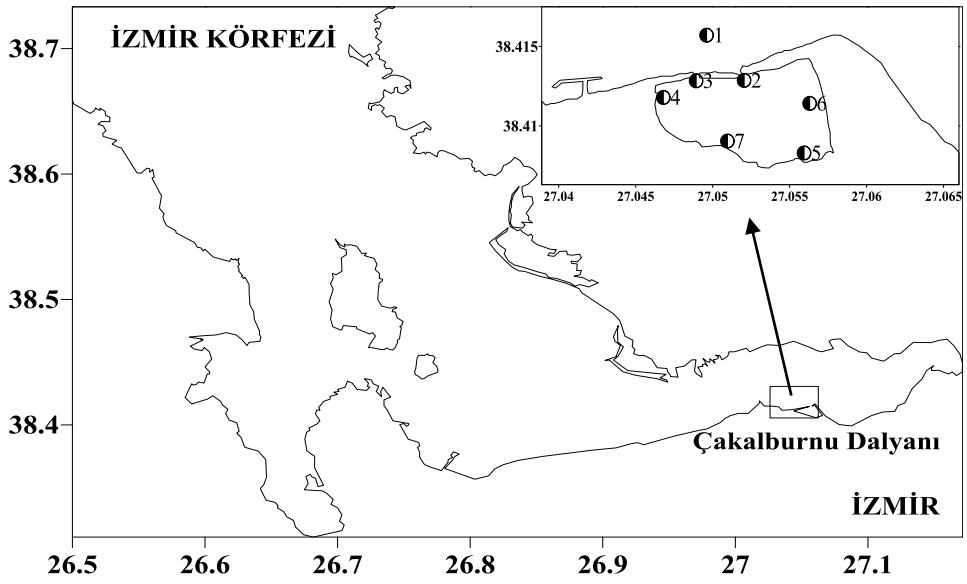
Çalışma kapsamında Çakalburnu Dalyanı'nda mikrobiyal döngünün ana katılımcılarından olan ve lagüner ekosistemi tanımlayarak besin zincirinin fonksiyonunu anlamak açısından, besin ağının ekolojik verimliliğini belirleyen pikoplanktonun (*Synechococcus* ve heterotrofik bakteriler) bolluk ve biyokütlesindeki değişimlerin aylık olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte pikoplanktonun lagüner ekosistem ve besin zinciri üzerinde etkili olan fiziksel ve kimyasal parametrelerle etkileşimleri de saptanmıştır.

BÖLÜM İKİ
MATERYAL – METOT

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı, İzmir Körfezi'nin güneyinde Balçova ilçesinde bulunan Çakalburnu Dalyanı'dır. Yüzey alanı, LandSat 8 uydusunun 2014 görüntüsü kullanılarak ERDAS görüntü işleme programı ile yaklaşık 67 hektar olarak hesaplanmıştır H. Eronat (kişisel iletişim, 1Nisan 2014). Lagünün genişliği 752 m, uzunluğu ise 1054 m olup derinliği 0,5-1 m arasında değişmektedir. Lagün iki kanal ile denize bağlanmaktadır.

Lagünün iki farklı bölgesinde (5 ve 7 istasyonlarda) nitelikleri bilinmeyen (tarımsal, evsel v.b) deşarj noktaları bulunmaktadır. Ayrıca lagünün kıyısında bir işletme (kafe) yer almaktadır. Lagün, İzmir Körfezi'nde yer alması ve kapalı bir ortam olup derinliğin az ve su sirkülasyonun yetersiz olması nedeniyle ötrofik ortam özelliği taşımaktadır. Alanda balıçılık faaliyetleri gerçekleştirilmemektedir. Özellikle yaz aylarında çevresinde yer alan rekreasyon alanında yoğun insan faaliyetleri gözlenmektedir.



Şekil 2.1 Çalışma alanı ve örnekleme istasyonları

2.2 Örnekleme

Mikrobiyal döngü içerisinde yer alan pikolanktonun (heterotrofik bakteriler ve *Synechococcus*) Çakalburnu Dalyanı'ındaki bolluk, biyokütle ve dağılılımlarını, fiziksel ve kimyasal parametreler ile etkileşimlerini belirlemek amacı ile alanda Ekim 2014- Eylül 2015 tarihleri arasında, belirlenen 7 istasyondan aylık örnekleme yapılarak, saha ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 1. istasyon İzmir Körfezi'ni temsil etmesi amacı ile referans noktası, 2. ve 3. istasyonlar lagünün denizle olan bağlantı noktaları 4. istasyon lagünün kıyısında yer alan işletmenin bulunduğu nokta, 5. istasyon lagün deşarj bölgesi, 6. istasyon lagündeki makro alglerin en yoğun dağılım gösterdiği bölge ve 7. istasyon ise lagündeki bir diğer deşarj bölgesi olması nedeni ile örnekleme noktaları olarak belirlenmiştir.

Belirlenen örnekleme istasyonlardan *Synechococcus* ve heterotrofik bakterilerin sayım ve biyokütle hesaplaması için örnekleme şişesi aracılığı ile alınan su örneklerinden 50 ml'lik polikarbonat tüplere (kaliteli koyu renkli cam şişe) 40 ml alt su örneği alınmıştır. Örneklerin içine 0.2 mikron filtreden (Sterile Millex-GV filter unit) geçirilmiş 1 ml glutaraldehit (%25) eklenip ağzı sıkıca kapatılmıştır. Soğuk muhafazalı taşıma çantasında en kısa sürede enstitü laboratuvarına getirilerek analizler gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme şişeleri ile klorofil-a, orto fosfat, nitrat+nitrit azotu, amonyum azotu, reaktif silikat ve askıda katı madde analizleri için su örnekleri alınmış ve soğuk muhafazalı taşıma çantasında en kısa sürede enstitü kimya laboratuarına getirilmiştir. Çözünmüş oksijen analizi için hacimleri önceden belirlenmiş olan şişelere su örneği alınmıştır.

Fiziksel parametreler olarak belirlenen sıcaklık ve tuzluluk ölçümleri arazi çalışması sırasında in situ olarak WTW (pH/cond 340iSet) taşınabilir ölçüm sistemi ile yapılmıştır.

2.3 Laboratuvar Çalışmaları

2.3.1 Pikoplankton (Heterotrofik Bakteriler ve Synechococcus)

Örneklerinin Filtrasyonu ve Muhafazası

Laboratuara getirilen örneklerden 10 ml deniz suyu ≤ 125 mm-Hg basınç altında 0,2 µm göz açıklığına sahip, 25 mm çaplı, siyah nukleopor membran filtre üzerine süzülmüştür. Pikoplankton (heterotrofik bakteriler ve *Synechococcus*) mililitredeki hücre sayısının çok yoğun olduğu dönemlerde direkt sayımın ve hacim hesaplamalarının doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için, örneklere seyreltme uygulanmıştır. Seyreltme çözeltisi 1 litre saf su içerisine 1 gr KH_2PO_4 ve 3 gr K_2HPO_4 eklenerek hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiden seyreltme tüplerinin her birine 9 ml eklenmiş ve ardından tüpler 20 dakika boyunca 121 °C' de otoklavda sterilize edilmiştir (UNEP/WHO, 1983). Ardından sterilize olan 9 ml'lik seyreltme çözeltisinin içerisine, 1 ml su örneği eklenerek seyreltme gerçekleştirilmiştir. Böylece su örneği içerisindeki bakteriler 10 kez seyreltilmiştir.

Hücrelerin filtre üzerine eşit olarak dağılmasını sağlamak amacıyla 1,2 µm göz açıklığına sahip Millipore geri filtre kullanılmıştır. Süzme işlemi sırasında silindir içinde 5 ml su kaldığında 200 µl Acridine Orange (3, 6- bis [dimethylamino] acridinium chloride) (nihai konsantrasyon % 0,02) eklenerek *Synechococcus* ve heterotrofik bakterilerin hücre DNA'larının boyanması sağlanmıştır (Hobbie ve ark., 1977; Munn, 2004). Süzme işlemi tamamlandığında filtre lam ve lamel arasına immersiyon yağı kullanılarak fikse edilmiştir (Knap ve ark., 1996). Örnekler mikroskopta gerçekleştirilecek analizlere kadar –18 ˚C'de saklanmıştır.

2.3.2 Direkt Hücre Sayımı

Pikoplankton (heterotrofik bakteriler ve *Synechococcus*) hücre sayımları D.E.Ü Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü mikrobiyoloji laboratuarında bulunan Nikon 80i epifloresan mikroskobu ile gerçekleştirilmiştir. Pikoplankton sayımları iki farklı filtre bloğu ve 100x yağlı objektif kullanılarak yapılmıştır; heterotrofik bakterilerin hücre sayımlarda B- 2A (DM 505, EX 450- 490, BA 520) filtre bloğu, siyanobakteri

Synechococcus hücre sayımlarında ise G-1B (EX 546/10, DM 575, BA 590) filtre bloğu kullanılmıştır (Uysal, 2001). Her filtre üzerinde rastgele seçilen 30 görüntü alanı sayılmıştır (Sherry ve Wood, 2001).

2.3.3 Hücre Sayılarının Hesaplanması

Direkt sayımları, mililitredeki hücre sayısına dönüştürmek için aşağıdaki formül kullanılmıştır;

N = MF x Ort. / V

N:Birim hacimdeki hücre sayısı

MF: Multiplikasyon faktörü

Ort. : Tüm mikroskop sayım alanlarında sayılan ortalama hücre sayısı

V: Süzülen toplam hacim (ml)

MF (Multiplikasyon faktörü) aşağıda verilen eşitlikten hesaplanmıştır;

MF = FA / A

FA: Toplam filtre alanı

A: Bir objektif alanı

2.3.4 Görüntü Analizi, Hücre Hacim ve Karbon İçeriği Hesaplanması

Hücre boyu ölçümleri ve biyokütle hesaplamaları dijital kamera (DS-Ri1-U2 Dijital Kamera sistemi) ve uygun yazılımdan oluşan Görüntü Analiz Sistemi (Image-ProPremier 9.1-USB) ile yapılmıştır. Dijital fotoğraf makinası yardımı ile 100 X büyütme altında en az 10 görüntü alanı olmak üzere heterotrofik bakteriler ve *Synechococcus*'a ait fotoğraflar çekilmiştir. Hücre hacimlerinin belirlenmesi de görüntü analiz sisteminde her bir hücre için, alan, büyük eksen, çevre ve boy (uzunluk, feret çapı) hesaplanmıştır. Çalışmada pikoplanktona ait alan ve büyük

eksen ölçülürken, hücre hacim hesaplamalarında ise elipsoid şekil hacim formülü kullanılmıştır (Sieracki, 1989). Hücre hacim hesaplamalarının ardından, karbon içeriği hesaplamalarında siyanobakteri *Synechococcus* her bir μm^3 için 123 fg C (Waterbury ve ark., 1986), heterotrofik bakterilerin karbon içeriği hesaplamalarında ise her bir μm^3 için 77 fg C (Carlson ve ark., 1999) değerleri kullanılmıştır.

2.3.5 Kimyasal Parametrelerin Ölçülmesi

2.3.5.1 Çözünmüş Oksijen

Alınan su örnekleri vakit kaybetmeden 50 ml'lik özel cam örnekleme şişelerine aktarılmıştır. Doldurma esnasında hava kabarcıklarının oluşmamasına dikkat edilmiş ve ardından hemen 0.5 ml Mangan (II) klorür çözeltisi ve 0.5 ml alkali iyodür çözeltileri özel pipet ile pipet uçları oksijen şişesinin dip kısmına yaklaştırılarak ilave edilmiştir. Bu reaktifler yoğun olduğu için dip kısmında kalır ve bir miktar örnek (1 ml) dışarıya taşar. Şişe kapağı hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilerek kapatılmıştır. Bu sırada atmosferik oksijen ile kirlenmiş bulunan ağızdaki su da taşırılmış olur. Şişeler yaklaşık 1 dakika çalkalanmıştır. Çökmenin ($Mn(OH)_2$ çökeltisi) tamamlanması için, 20 dakika beklenmiştir. Örnek şişelerinde çöken mangan hidroksit, ($Mn(OH)_3$), 1 ml H_2SO_4 ilavesi ile (pipet ucu şişenin içine daldırılarak ve asitin çökeleğin üzerine gelmesi sağlanarak) çözülmüş ve şişenin kapağı kapatılarak çalkalanmıştır. Şişedeki çözelti titrasyon beherine alınarak steril saf su ile çalkalanmış ve titrasyon beherine aktarılmıştır. Titrasyon işlemi nişasta indikatör ilavesiyle, maviden beyaz renge dönüşünceye kadar sodyumtiyosülfat ile yapılmıştır (Methods of Seawater Analysis, 1983).

2.3.5.2 Klorofil-a

Deniz suyunun plankton yoğunluğuna ve katı madde miktarına bağlı olarak uygun hacimde örnek, zooplanktonu uzaklaştırmak için 300 µ göz açıklığına sahip ağdan geçirildikten sonra GF/F membran filtreden süzülmüştür. Filtreler analize kadar derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Filtre %90'lık aseton ile ekstrakte edilip

spektrofotometrede (Hach DR5000) 630, 647 664 ve 750 nm'de okunarak klorofil-a konsantrasyonu hesaplanmıştır (Stricland ve Parsons, 1972) (Duyarlılık: 0.01 μg/l)

2.3.5.3 Nitrat, Nitrit ve Amonyum Azotu

Çözünmüş inorganik azot bileşikleri (nitrat, nitrit ve amonyum-N), inorganik fosfat-P (orto fosfat fosforu), reaktif silikat-Si ölçümleri için deniz suyu örnekleri askıda katı maddesi fazla olduğu için cam filtreden (GF/F) süzülerek 100 ml'lik polietilen şişelere alınmış ve analiz yapılıncaya kadar derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Bu şekilde örnekler iki hafta içinde analiz edilmiştir (Stricland ve Parsons, 1972; Methods of Seawater Analysis, 1983).

Otoanalizör (Skalar) 2 kanallı otomatik ölçüm cihazı ve üretici firmanın bu model için geliştirdiği inorganik azot bileşikleri ölçüm teknikleri, çok saf reaktifler kullanarak gerçekleştirilmiştir.

Nitrit analizinde prensip olarak ortamdaki nitrit iyonu asidik koşullarda sülfanilamidle reaksiyona girerek diazo bileşiğini oluşturur. Bu da N-1-Naftiletilendiamindihidroklorür ile reaksiyona girerek pembe azo bileşiği oluşur. Kolorimetrik ölçümlerde absorbans 540 nm'de kaydedilmiştir ve kaydedicide nitritin orjinal derişimi ile orantılı olarak pikler elde edilmiştir (Duyarlılık: 0.01 μM).

Nitrat analizlerinde ise su örneği Kadmiyum-Bakır indirgeme kolonundan geçirilerek nitratın nitrite indirgenmesi sağlanmıştır. Nitrit analizlerinde kullanılan yöntem aynen uygulanmıştır. Sonuçta elde edilen değer toplam nitrat ve nitrit derişimini vermektedir. Nitrat ve nitrit derişimlerinin hesaplanabilmesi için, aynı optimum aletsel koşullarda standart kalibrasyonu yapılmıştır (Duyarlılık: 0.1 μg-at-N/l).

Amonyum azotu analizi fenol ile reaksiyona sokulan deniz suyu örneğinde oksidasyon sonucu yeşil renkli kompleks oluşmaktadır. Bu reaksiyon nitrosoprusyat ile katalizlendikten sonra klorun serbest hale geçmesi için hipoklorit kullanılmıştır.

Bu kompleks 630 nm'de otoanalizörde ölçülmüştür. Kör ve standart çözeltiler amonyum azotu içermemesi için Ege Denizi açıklarında bulunan derin istasyonların dip suyundan süzülerek hazırlanmıştır (Duyarlılık: 0.1 μM).

2.3.5.4 Ortofosfat Fosforu

Otomatik olarak sırasıyla örnekler ve reaktifler belirli hacimlerle (bağlı tüplerin iç çaplarıyla orantılı olarak) peristaltik pompa ile reaksiyon sistemine taşınmış ve burada deniz suyundaki ortofosfat asidik ortamda amonyummolibdat, askorbik asit ve antimonla reaksiyona girerek mavi fosfomolibdenyum kompleksi oluşturmuştur. Renk değişimi orjinal ortofosfat derişimi ile orantılı olup ölçüm fotometrik olarak otoanalizörde (Skalar) gerçekleştirilmiştir. Fosfat ölçümlerinde örnekte yüksek konsantrasyonda silikatın varlığı girişim yapmaktadır. Bunu önlemek için reaksiyon ortamının pH'sını 0,8-1,0 aralığında tutmak gerekmektedir. Ortofosfat derişimlerinin hesaplanabilmesi için aynı aletsel koşullarda standart kalibrasyonu yapılmıştır (Duyarlılık: 0,01 μM).

2.3.5.5 Reaktif Silikat

Reaktif silikat analizinde ilk olarak ortamdaki silikat, asidik ortamda molibdat ile reaksiyona girerek silikomolibdik asit oluşturulmuştur. İkinci basamakta askorbik asit ile indirgenerek mavi renkte molibden kompleksine dönüştürülmüştür. Burada okzalik asit ortamdaki fosfattan kaynaklanabilecek interferansı engellemek için kullanılmıştır. Ölçümler oto analizörde gerçekleştirilmiştir. Ölçülen reaktif silikatın derişimlerinin hesaplanabilmesi için standart kalibrasyonu yapılmıştır (Duyarlılık: 0,30μM).

2.3.6 İstatistiksel Analizler

Verilerin düzenlenmesi için Surfer 10, Grapher 8 ve Statistica programları kullanılmıştır. Ayrıca Statistica programı kullanılarak değişkenlerin normal dağılıma uygunlukları ve levene testi ile de varyansların homojen olup olmadığı değerlendirilmiştir. Varyansları homojen dağılmayan değişkenlerin, log değerleri alınıp ardından tekrar normal dağılıma uygunlukları ve varyansların

homojenliklerine bakılmıştır. Daha sonra değişkenlerin ortalamalarında aylara göre fark olup olmadığını belirlemek için

Tek yönlü (One Way) analiz testi uygulanmıştır. Varyans analizinde, değişkenlerin aylar arasında fark bulunmasından sonra Post Hoc Tukey HSD testiyle değişkenlerin hangi aylarda birbirlerinden farklı olduğu belirlenmiş, değişkenlerin logaritmalarının da normal dağılmaması ve varyansların homojen olmaması halinde Parametrik olmayan Kruskal-Wallis Testi yapılmıştır. Aynı istatik programına göre 2D Boxplots kullanılarak değişkenin aylara göre ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 Güvenirlik Aralıklarına (GA) göre çizilmiştir. Yapılan normalite testleri sonucunda değişkenlerin büyük bir kısmının normal dağılım göstermediği ve varyansların homojen dağılmamasından dolayı fiziko-kimyasal değişkenler arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesi için parametrik olmayan Spearman Rank-Order korelasyonu gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM ÜÇ
BULGULAR

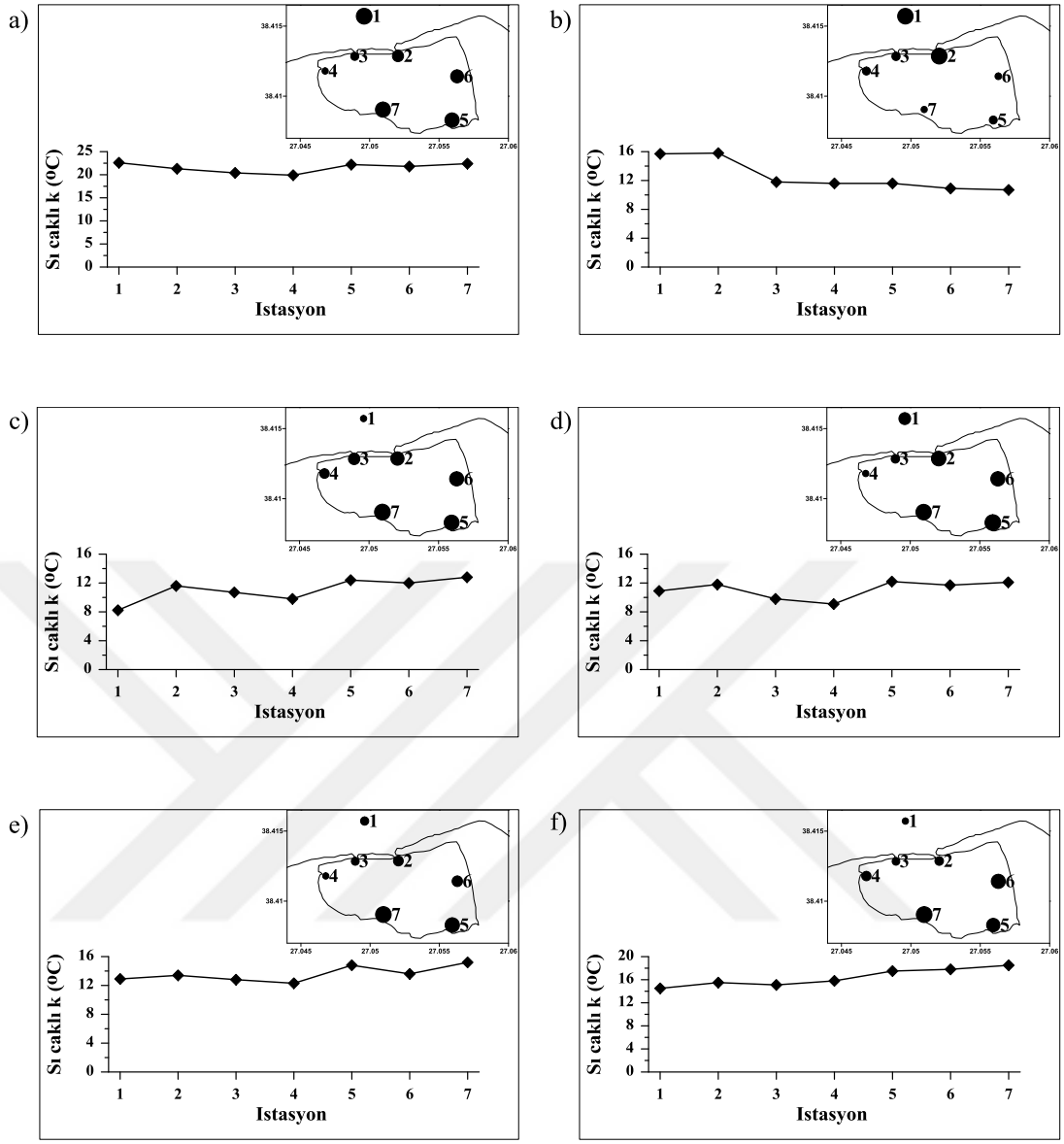
3.1 Fiziksel Parametreler

Gerçekleştirilen çalışmada tüm istasyonlarda fiziksel parametreler olarak; sıcaklık ve tuzluluk ölçümleri WTW (pH/cond 340iSet) taşınabilir ölçüm sistemi ile yapılmıştır.

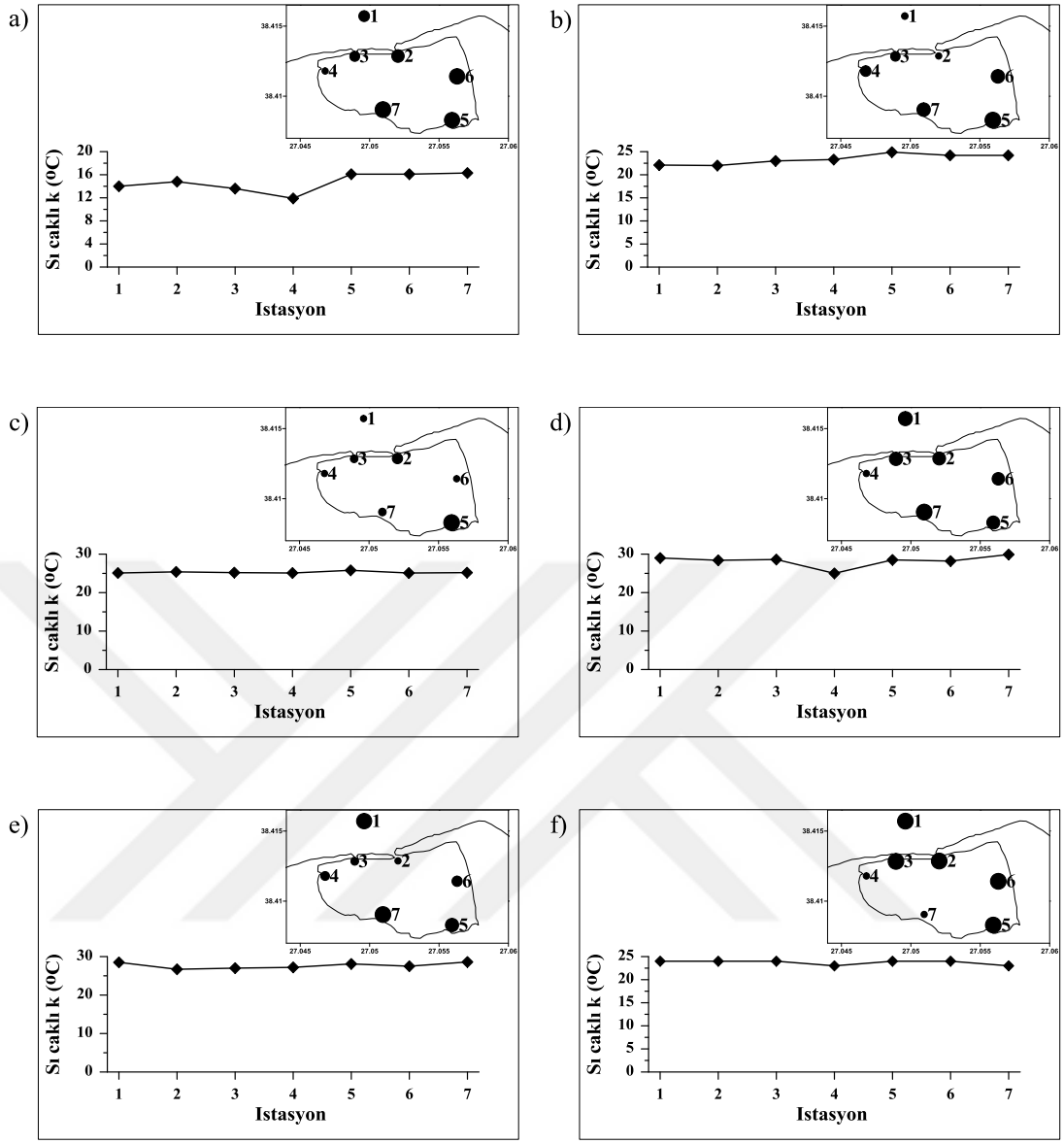
3.1.1 Sıcaklık

Çakalburnu lagününde Ekim 2014-Eylül 2015 tarihleri arasında belirlenen istasyonlarda aylık olarak ölçümü gerçekleştirilen sıcaklığa ait veriler Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

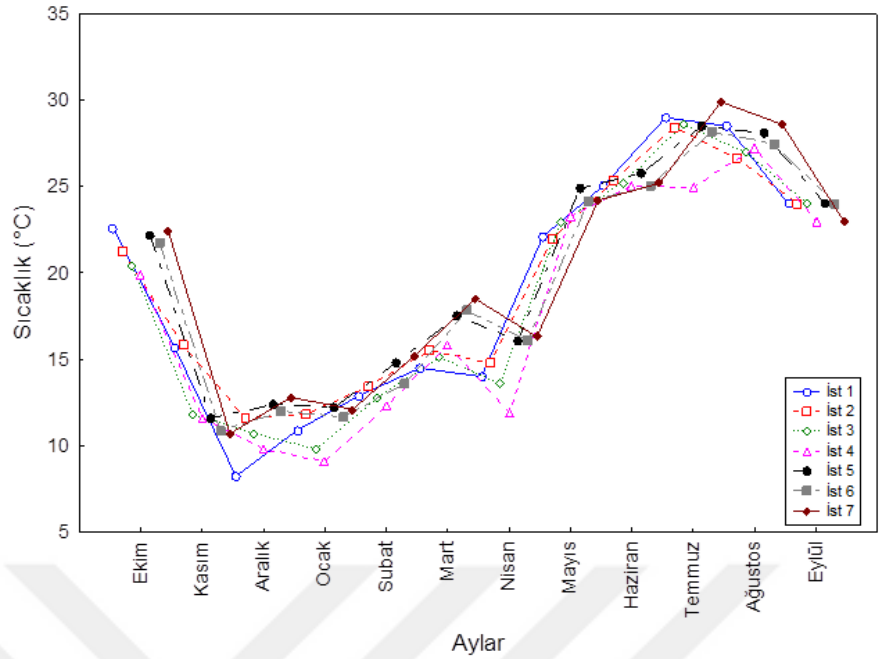
Yıl içerisinde belirlenen örnekleme istasyonlarında gerçekleştirilen yüzey suyu sıcaklık ölçümlerinde en düşük değer Aralık ayında lagünün dışında yer alan referans noktası olan 1. istasyonda 8,2 °C olarak kaydedilmiştir. Çalışmadaki en yüksek sıcaklık değeri ise Temmuz ayında lagünün d 7. istasyonda 29,9 °C olarak saptanmıştır. Lagünde yıl içerisindeki ortalama sıcaklık değeri ise 19,9 °C'dir. Tüm istasyonlardaki ortalama sıcaklık değerleri Şekil 3.3' de gösterilmiştir. İstasyonlar arasında yıl boyunca en yüksek ortalama sıcaklık değeri 7. örnekleme noktasında 19,9 °C'dir. En düşük ortalama sıcaklık değeri ise 4. istasyonda 17,8 °C'dir. Sıcaklığın aylara bağlı ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) Şekil 3.4' de gösterilirken, sıcaklık değerlerinin *Synechococcus* hücre sayısı ile biyokütle değerleri ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ile biyokütle değerleri karşısındaki değişimleri Şekil 3.5' de gösterilmiştir.



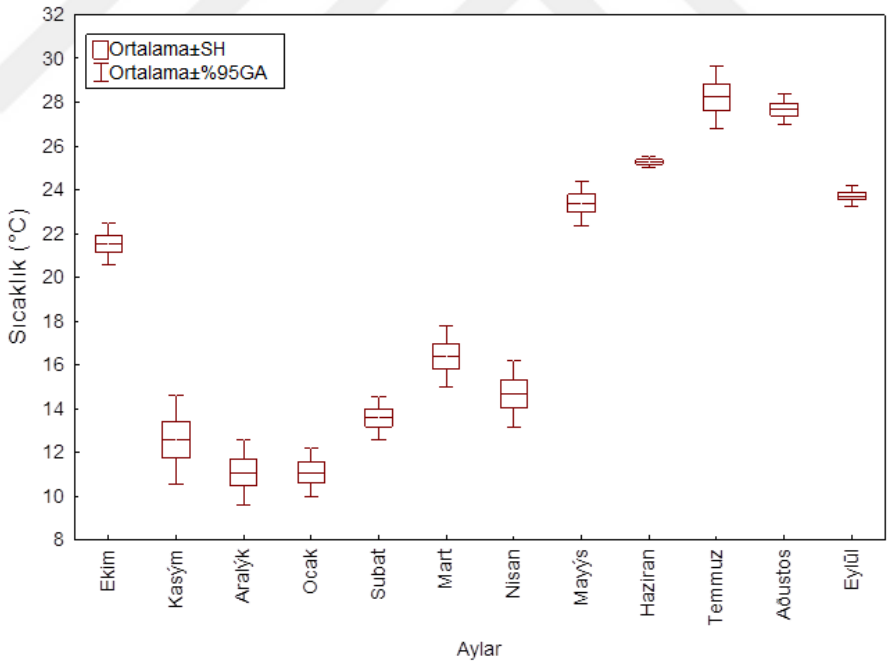
Şekil 3.1 Sıcaklık değerlerinin (-♦-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart



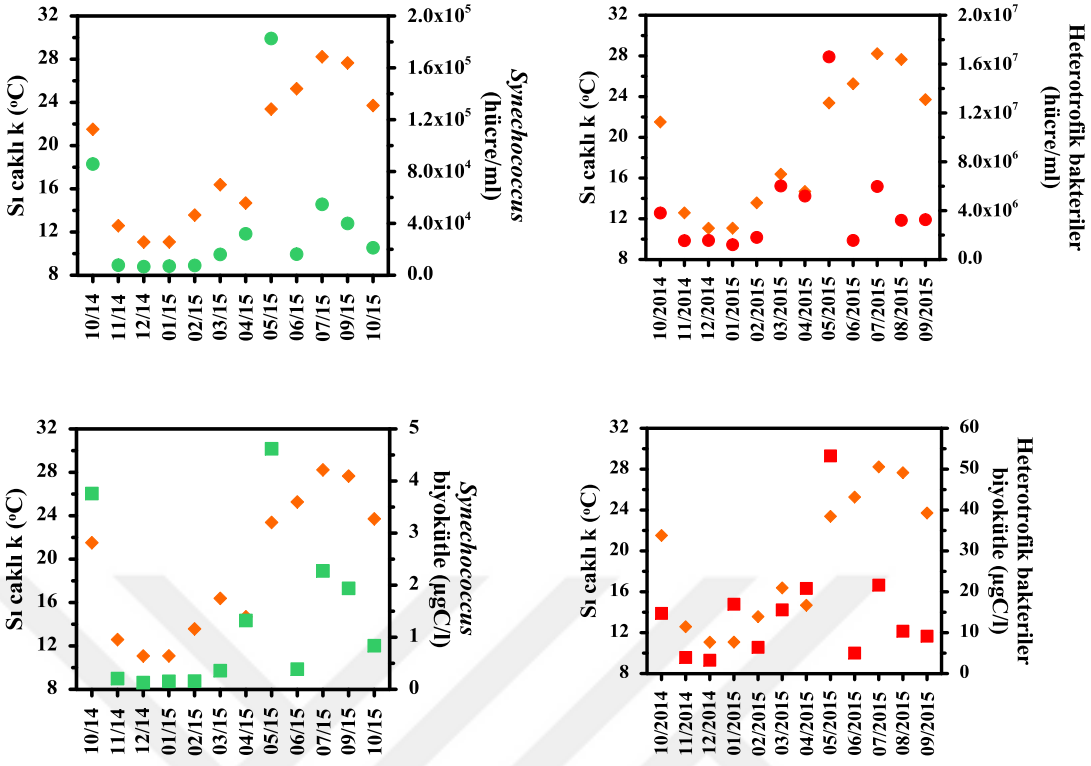
Şekil 3.2 Sıcaklık değerlerinin (-♦-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül



Şekil 3.3 Tüm istasyonlarda ortalama sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil 3.4 Sıcaklığın aylara bağlı ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)

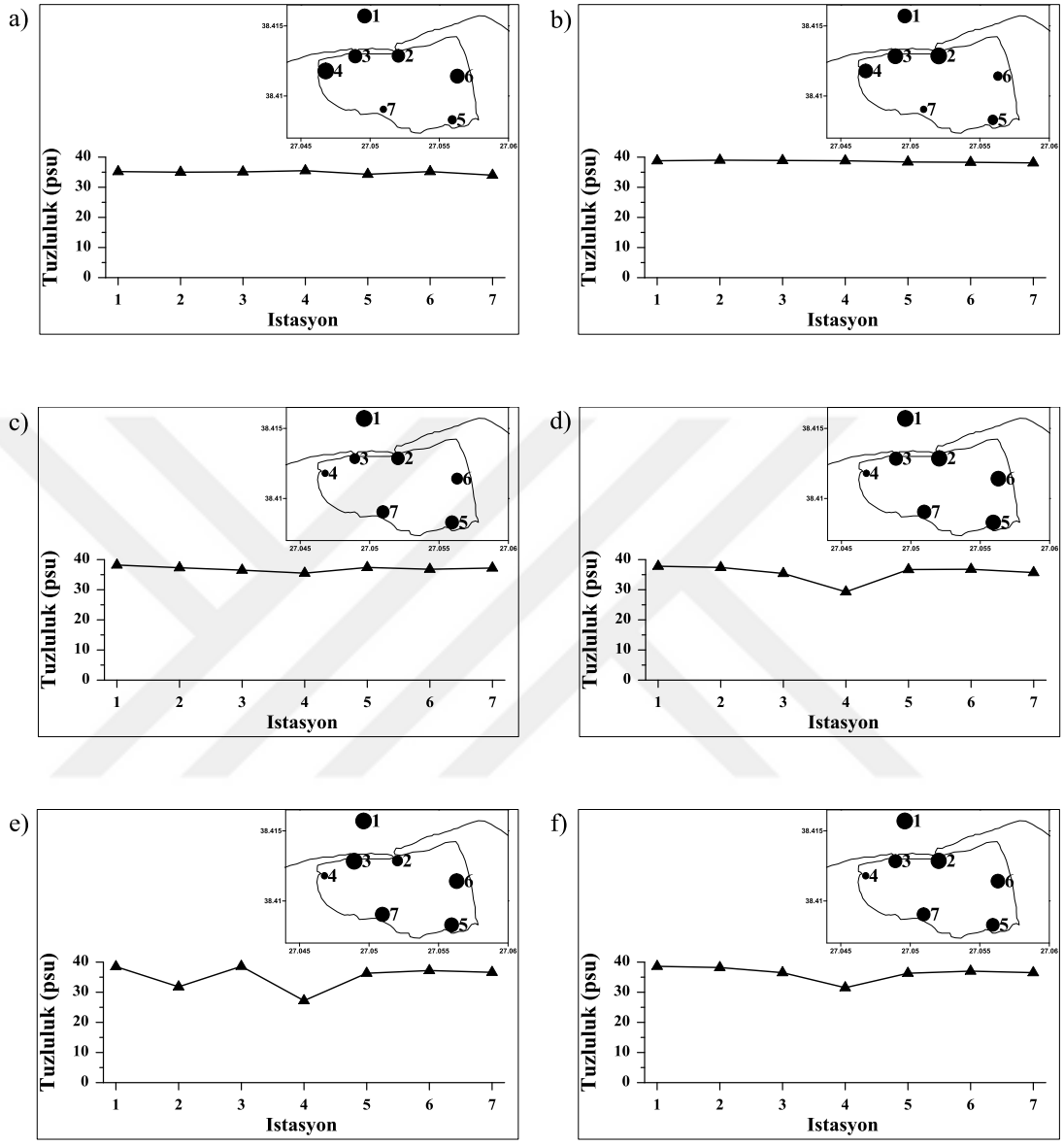


Şekil 3.5 Sıcaklık değerlerinin (-♦-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri

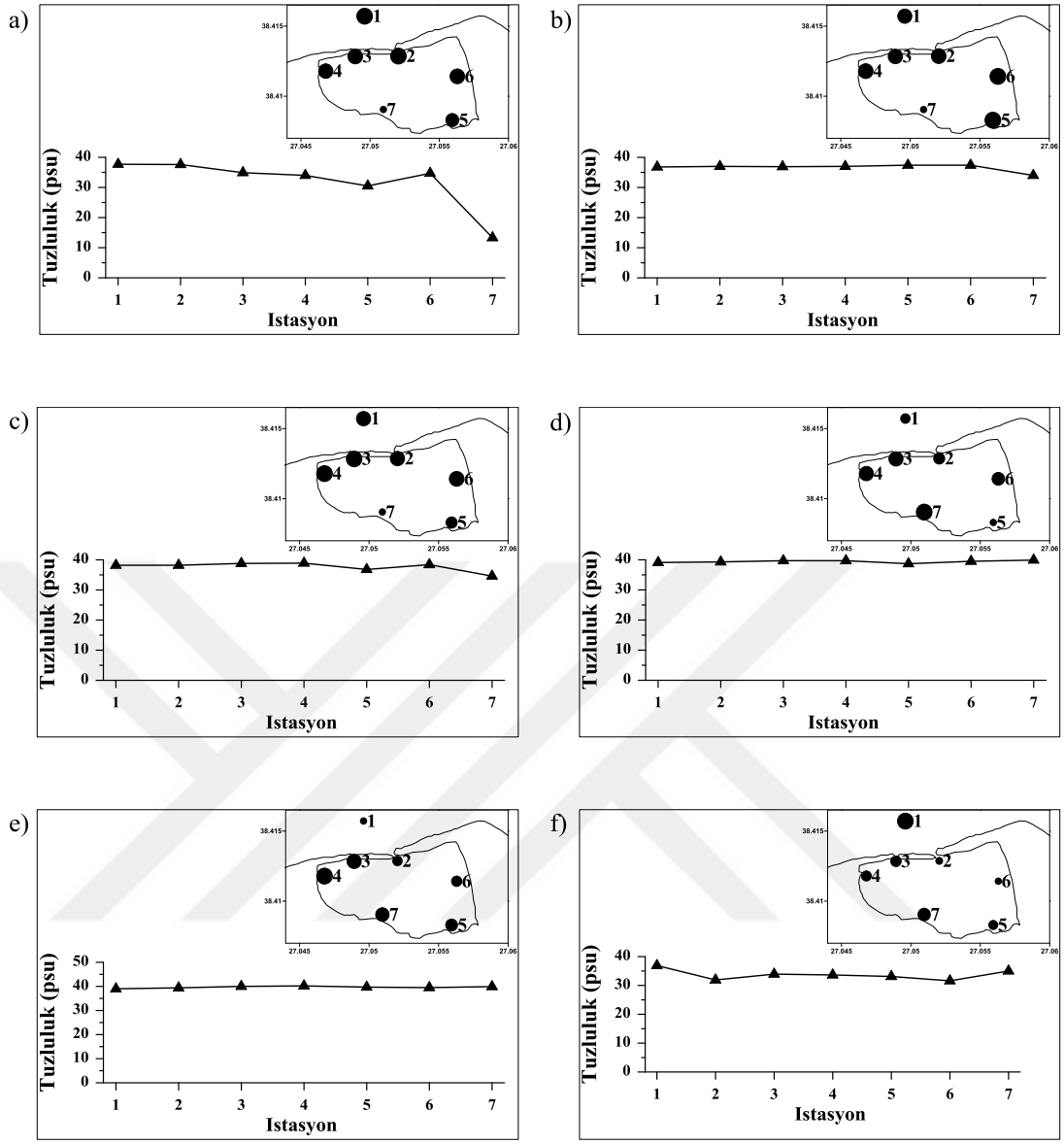
3.1.2 Tuzluluk

Çakalburnu Dalyanı'nda istasyonlarda yıl boyunca aylık olarak izlenen tuzluluk değerleri Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Yıllık ortalama tuzluluk değeri 36,4 psu'dur. Tuzluluk değerinin aylık ortalama değerleri Şekil 3.8' de verilmiştir. İstasyonlar arasında yıllık ortalama en yüksek tuzluluk değeri 1. örnekleme noktasında 37,9 psu olurken, en düşük tuzluluk değeri 7. istasyonda 34,6 psu olmuştur. Lagünde belirlenen istasyonlarda yıl içerisinde en düşük tuzluluk değeri Nisan ayında 7. istasyonda 13,3 psu olarak kaydedilmiştir. Tuzluluğun bu denli düşük olmasının sebebinin örnekleme noktasında bulunan deşarj noktasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Lagünde en yüksek tuzluluk değeri ise Ağustos ayında 4. istasyonda 40,2 psu olarak kaydedilmiştir. Tuzluluk değerlerinin aylara göre farklılık gösteren aritmetik ortalamaları ve bu ortalamaların standart hataları, %95 güvenirlik aralıklarıyla birlikte Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Tuzluluk varyansının Nisan ayında çok artışının yıl içerisindeki en yüksek varyans değişikliği olduğu görülmektedir. Tuzluluk değerlerinin *Synechococcus* hücre sayısı ile biyokütle

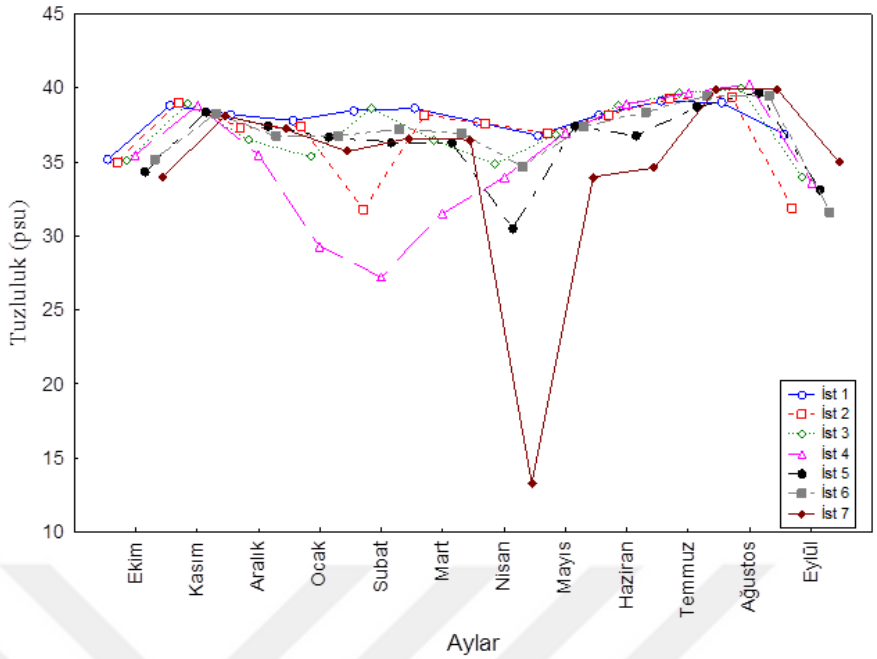
değerleri ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ile biyokütle değerleri karşısındaki değişimleri Şekil 3.10' da gösterilmiştir.



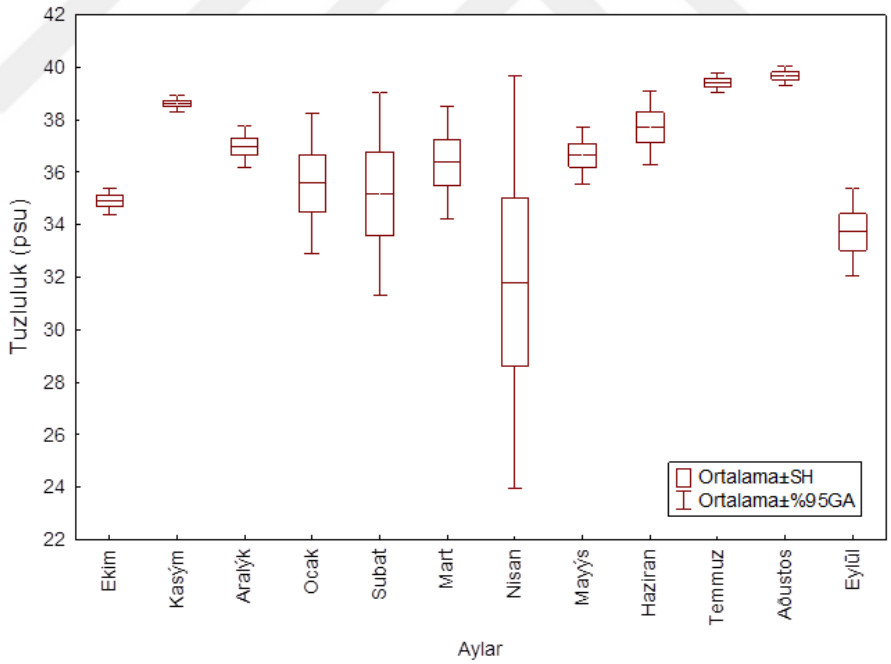
Şekil 3.6 Tuzluluk değerlerinin (-▲-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f)Mart



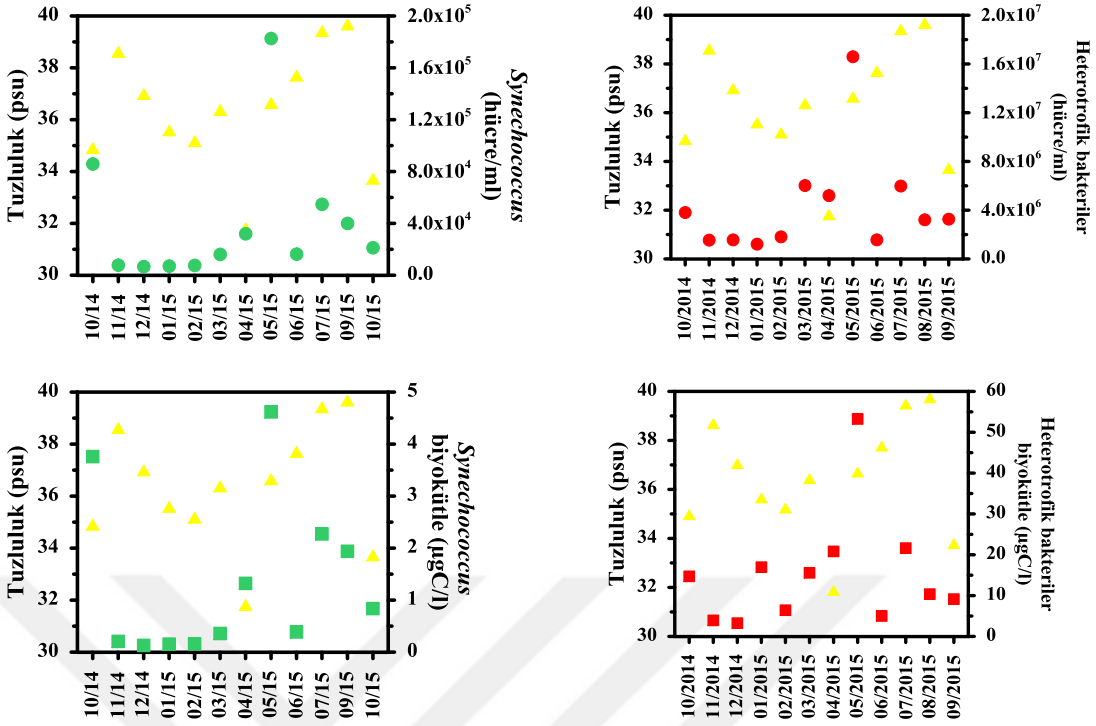
Şekil 3.7 Tuzluluk değerlerinin (-▲-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül



Şekil 3.8 Tüm istasyonlarda ortalama tuzluluk değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil 3.9 Tuzluluğun ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)



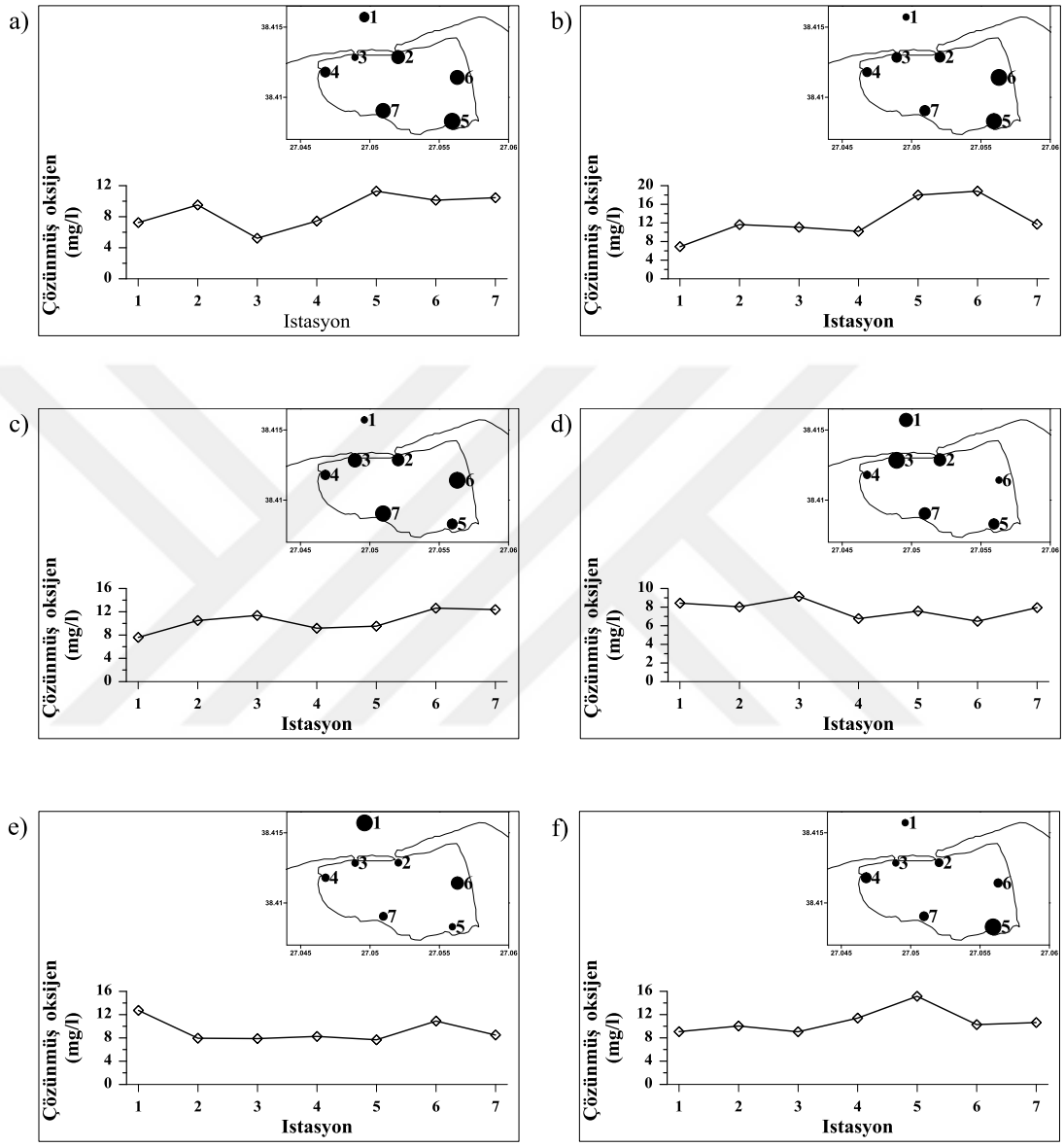
Şekil 3.10 Tuzluluk değerlerinin (-▲-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-), biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-), biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri

3.2 Kimyasal Parametreler

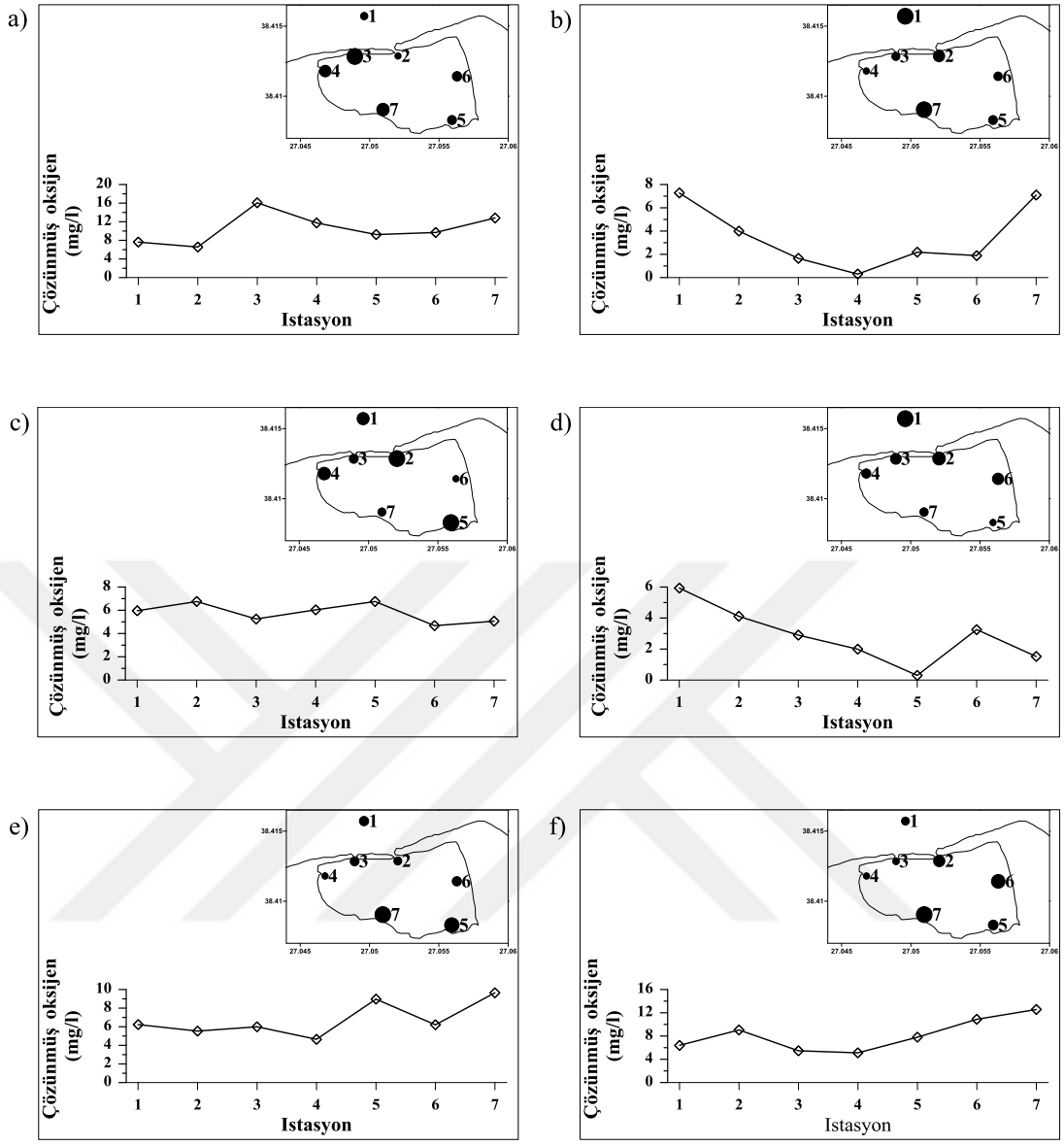
3.2.1 Çözünmüş Oksijen

Çakalburnu Dalyanı'ındaki istasyonlarda yıl boyunca aylık örneklemeler gerçekleştirilerek izlenen çözünmüş oksijen aylık ortalama değerleri Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de gösterilmiştir. Yıl içerisinde lagünde en düşük çözünmüş oksijen seviyesi Mayıs ayında 4. istasyon ve Temmuz ayında 5. istasyonda 0,30 mg/l, en yüksek seviye ise Kasım ayında 6. istasyonda 18,82 mg/l olarak tespit edilmiştir. Çözünmüş oksijene ait en yüksek değerin ölçüldüğü 6. istasyon lagünde bulunan makroalg *Ulva*'nın en yoğun bulunduğu istasyondur. En düşük değerin tespit edildiği 5. istasyon ise alandaki girdi noktasında bulunan örnekleme istasyonudur. Alanda yıl boyunca belirlenen örnekleme noktalarında ölçümü gerçekleştirilen çözünmüş oksijen yıllık ortalama değeri 8,09 mg/l olmuştur. Ortalama çözünmüş oksijen değeri istasyonlar bazında göz önüne alındığında, 7. istasyonda 9,19 mg/l değeri alandaki en yüksek ortalama değer olurken, 4. istasyonda 6,9 mg/l değeri alandaki en düşük değer olarak kaydedilmiştir Şekil 3.13. Çözünmüş oksijen değerlerinin aylara göre

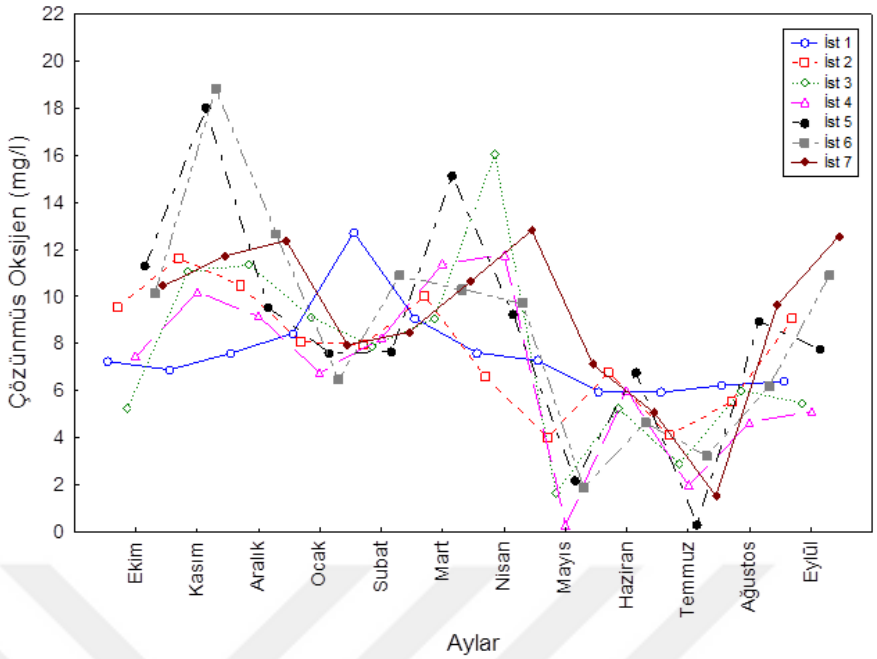
ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 Güvenirlik Aralıkları ile (GA) birlikte Şekil 3.14'te gösterilmiştir. Çözünmüş oksijen varyans değerlerinin yıl içerisinde Kasım ve Nisan aylarında önemli bir artış göstermektedir.



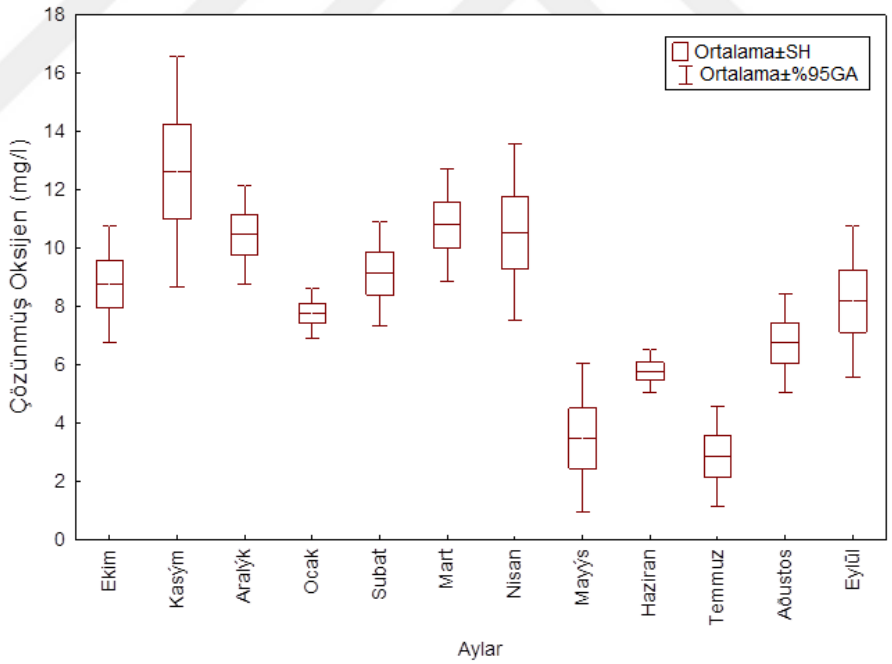
Şekil 3.11 Çözünmüş oksijen değerlerinin (-◊-)aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c)Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart



Şekil 3.12 Çözünmüş oksijen değerlerinin (-◊-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül

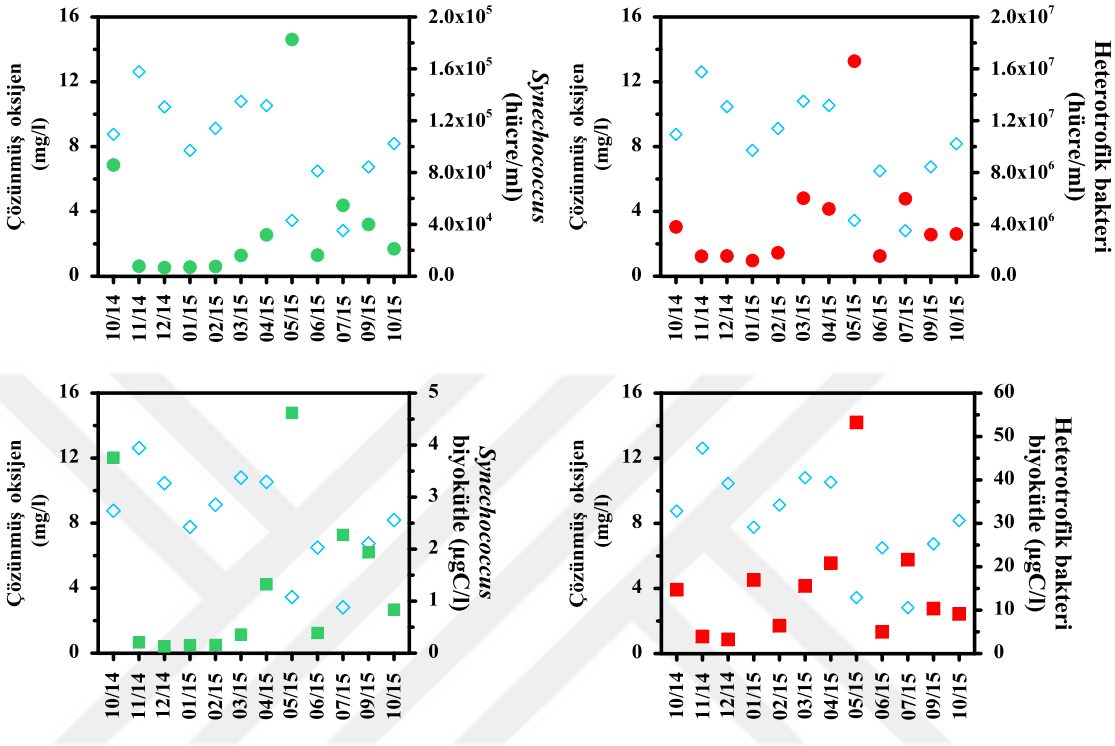


Şekil 3.13 Tüm istasyonlarda ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil 3.14 Çözünmüş oksijenin ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)

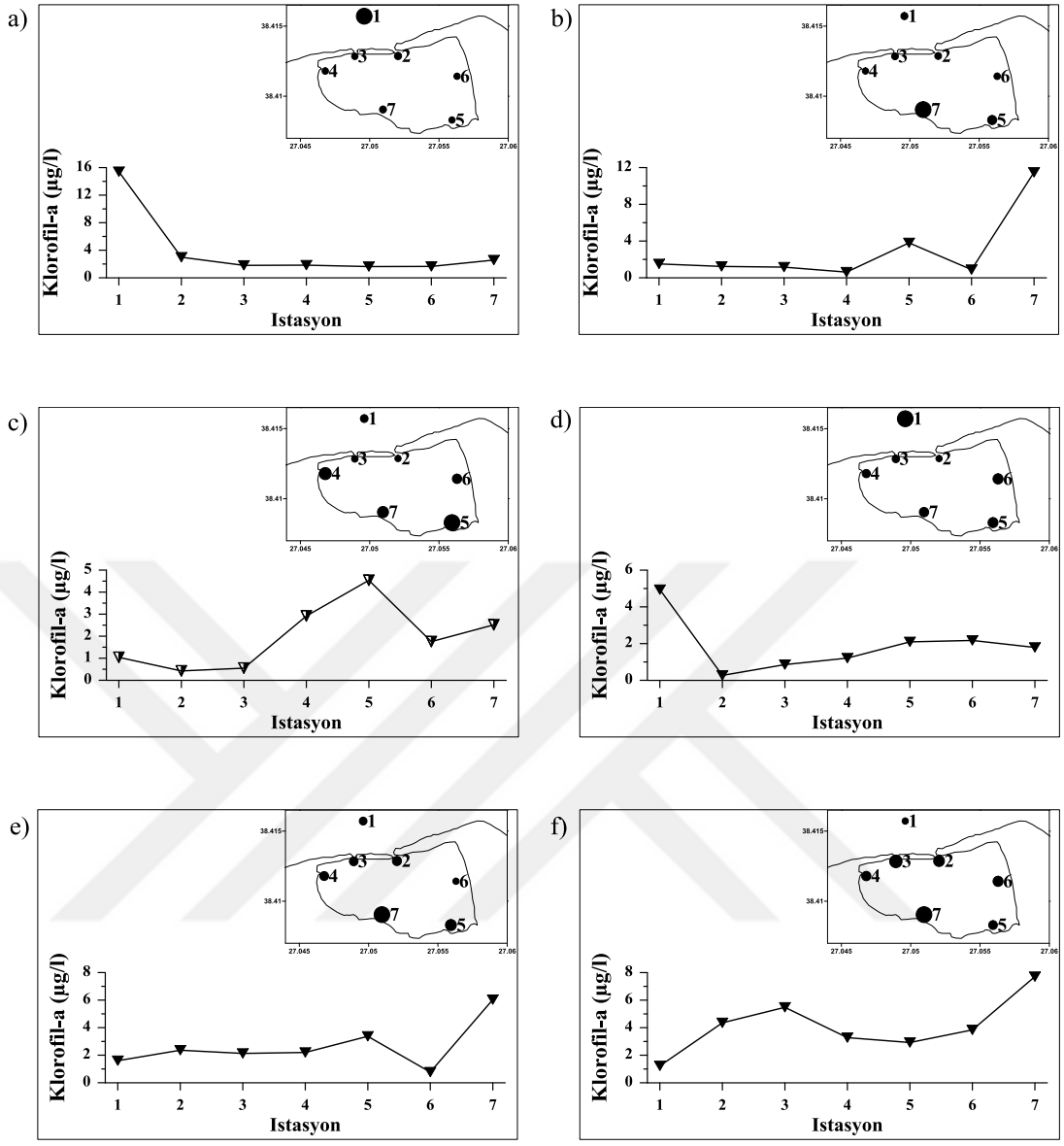
Çözünmüş oksijen değerlerinin *Synechococcus* hücre sayısı ile biyokütle değerleri ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ile biyokütle değerleri karşısındaki değişimleri Şekil 3.15' de gösterilmiştir.



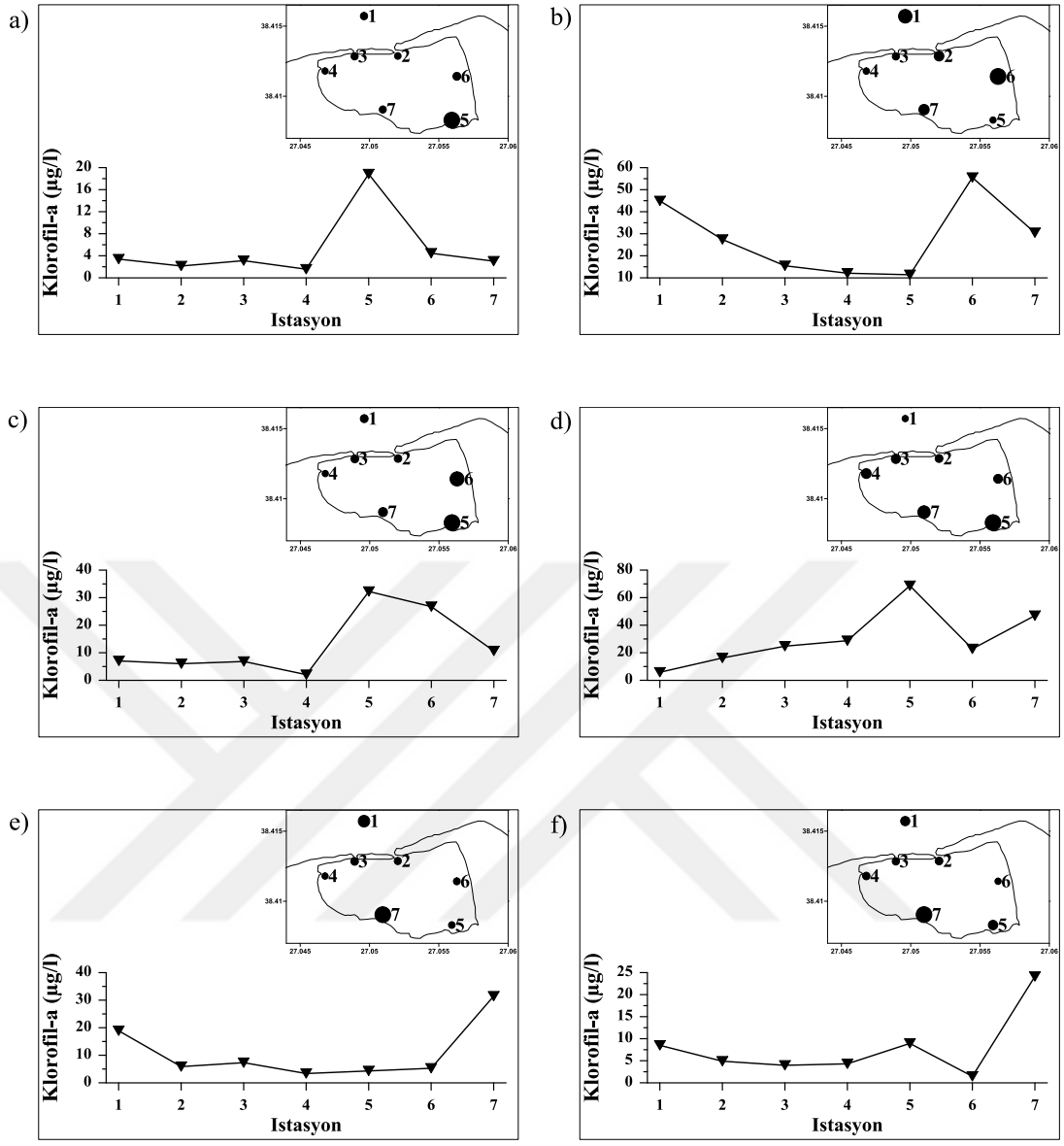
Şekil 3.15 Çözünmüş oksijen değerlerinin (-◊-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakteriler hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri

3.2.2 Klorofil-a

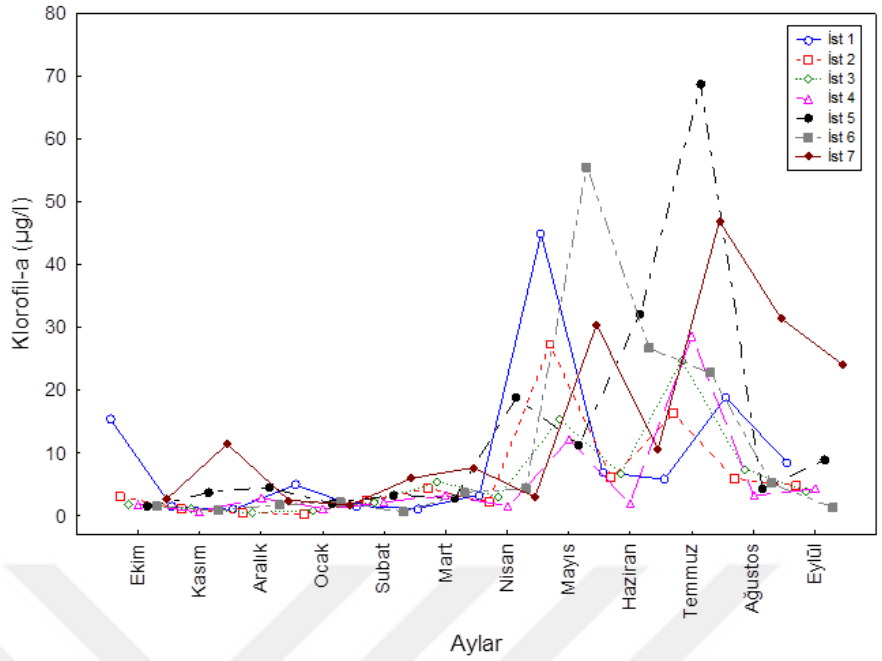
Çakalburnu lagünündeki istasyonlarda yıl boyunca izlenen klorofil-a aylık ortalama değerleri Şekil 3.16 ve Şekil 3.17'de gösterilmiştir. Klorofil-a yıl içerisinde en düşük değeri Ocak ayında 2. istasyonda 0,27 µg/l iken, en yüksek Temmuz ayında 5. istasyonda 68,66 µg l^{-1} olarak tespit edilmiştir. Ekim 2014- Eylül 2015 tarihleri arasında Çakalburnu lagününde gerçekleştirilen aylık ölçümler sonucunda klorofil-a yıllık ortalama değeri 9,46 µg/l olarak belirlenmiştir. İstasyonlar arasında yıl içerisinde en yüksek ortalama klorofil-a değeri 7. istasyonda 14,8 µg/l ve en düşük değer 4. istasyonda 5,34 µg/l olmuştur Şekil 3.18.



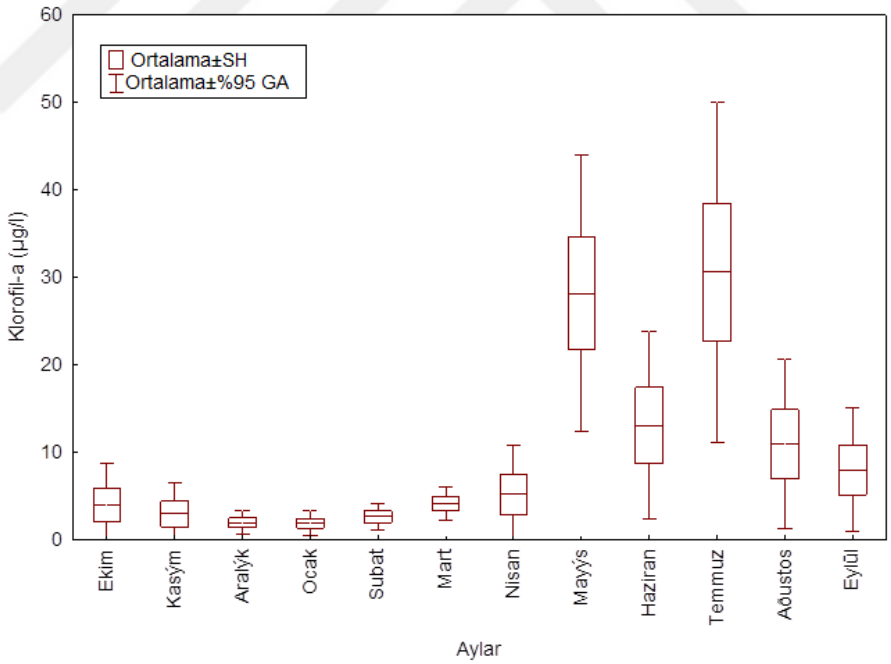
Şekil 3.16 Klorofil-a değerlerinin (-▼-)aylık değişimleri; a) Ekim b)Kasım c)Aralık d) Ocak e)Şubat f) Mart



Şekil 3.17 Klorofil-a değerlerinin (-▼-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül

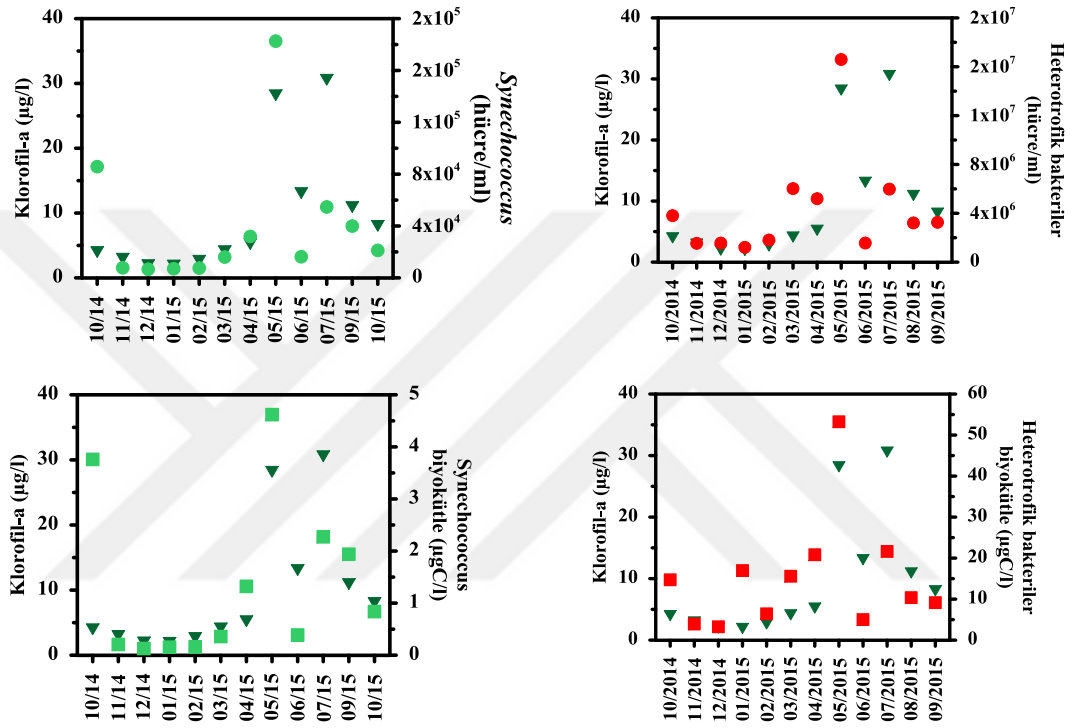


Şekil 3.18 Tüm istasyonlarda ortalama klorofil-a değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil 3.19 Klorofil-a'nın ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)

Klorofil-a değerlerinin aylara göre ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 Güvenirlik Aralıkları ile (GA) birlikte Şekil 3.19'da gösterilmiştir. Klorofil-a varyans değerleri yıl içerisinde Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, aylarında önemli bir artış göstermektedir. Klorofil-a değerlerinin *Synechococcus* hücre sayısı ile biyokütle ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ile biyokütle değerleri karşısındaki değişimleri Şekil 3.20'de gösterilmiştir.

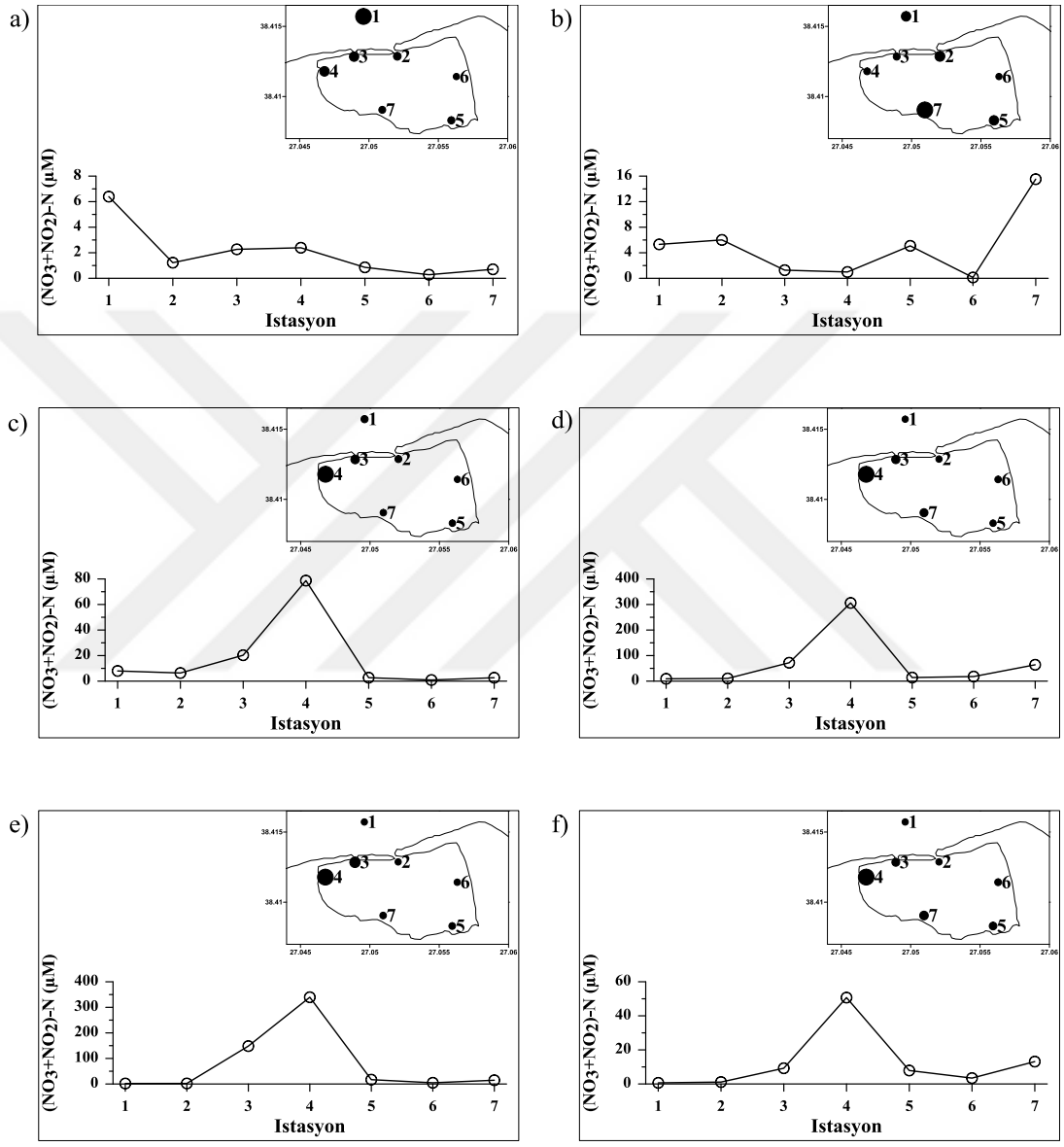


Şekil 3.20 Klorofil-a değerlerinin (-▼-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri

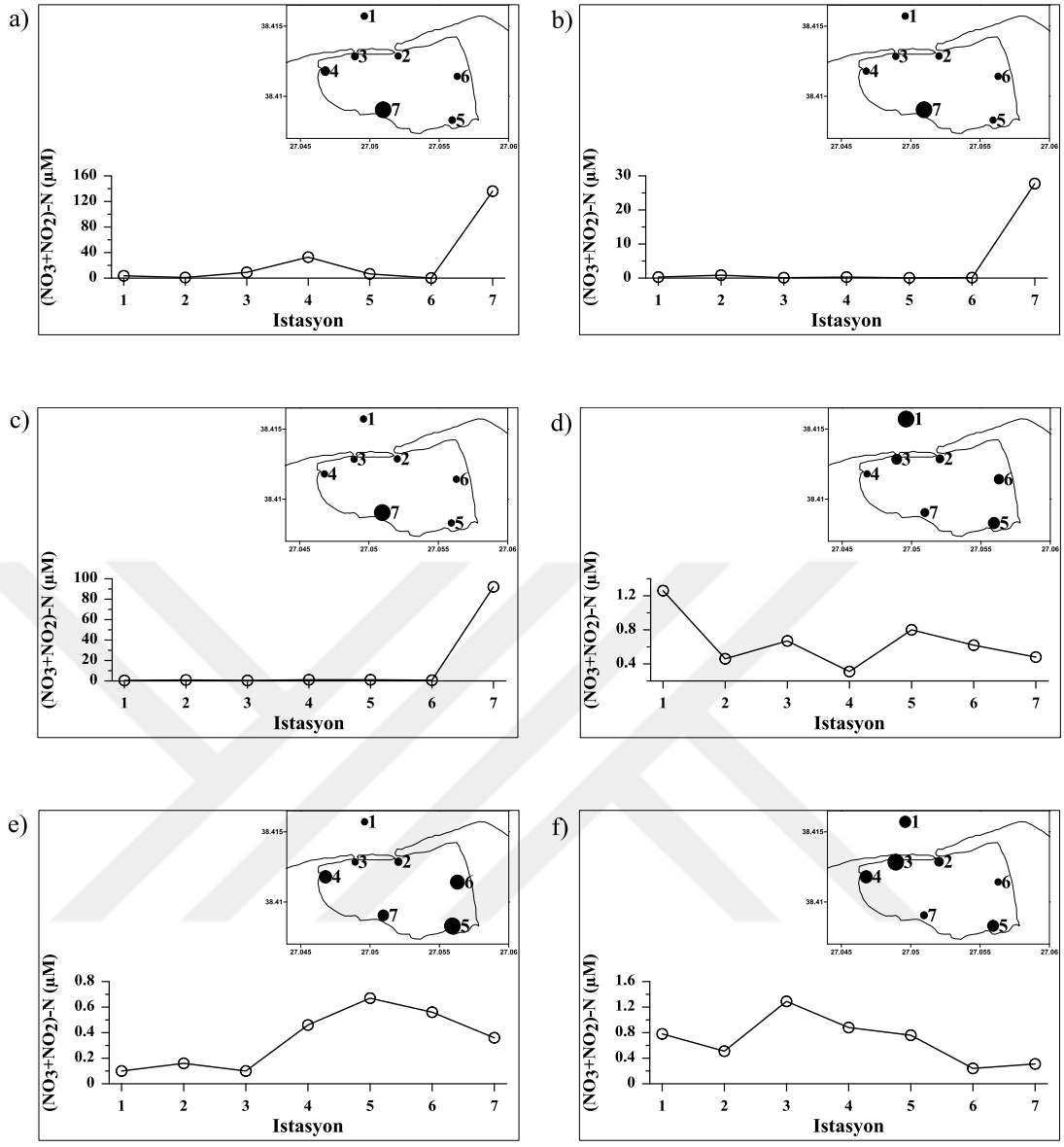
3.2.3 Nitrat – Nitrit Azotu

Çakalburnu lagünündeki istasyonlarda yıl boyunca izlenen (NO_3 + NO_2) -N aylara ait değerleri Şekil 3.21 ve 3.22'de gösterilmiştir. En düşük nitrit- nitrat azotu Mayıs ayında 5. istasyonda 0,06 µM olarak saptanırken, en yüksek değer Şubat ayında 4. istasyonda 339,56 µM olarak tespit edilmiştir. Lagündeki nitrit- nitrat azotu yıllık ortalama değeri 19,08 µM olmuştur. Nitrat- nitrat azotu aylık ortalama değerleri Şekil 3.23'de gösterilmiştir. İstasyon bazında 4. istasyon 67,8 µM değeri ile en yüksek ortalama değere sahip iken, 6. istasyon 2,6 µM ile en düşük ortalama değere sahip örnekleme noktası olmuştur. Nitrat- nitrit azotunun ortalama değerleri, standart

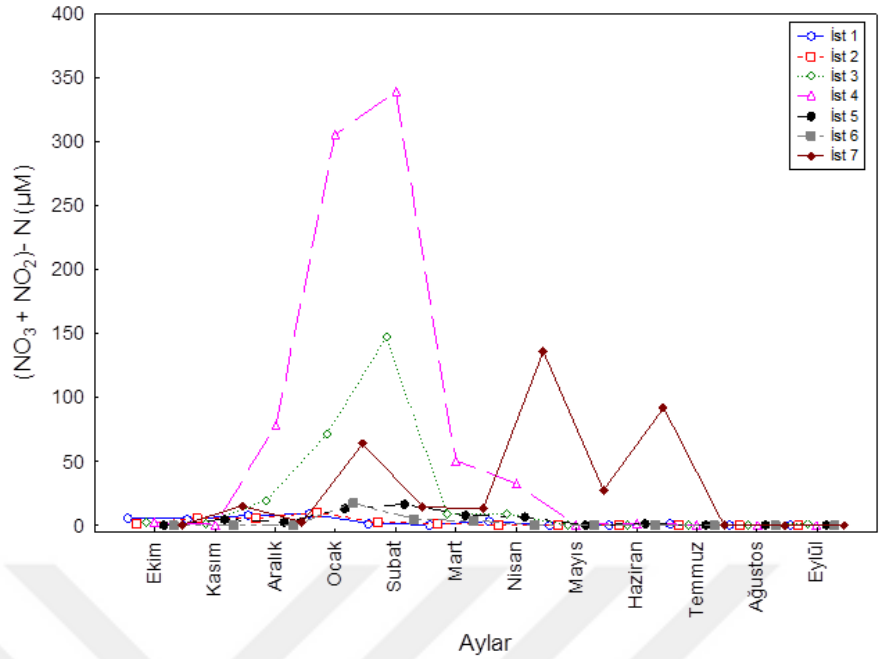
hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) Şekil 3.24, Nitrat- nitrit azotu değerlerinin, *Synechococcus* hücre sayısı ile biyokütle ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ile biyokütle değerleri karşısındaki değişimleri Şekil 3.25'de gösterilmiştir.



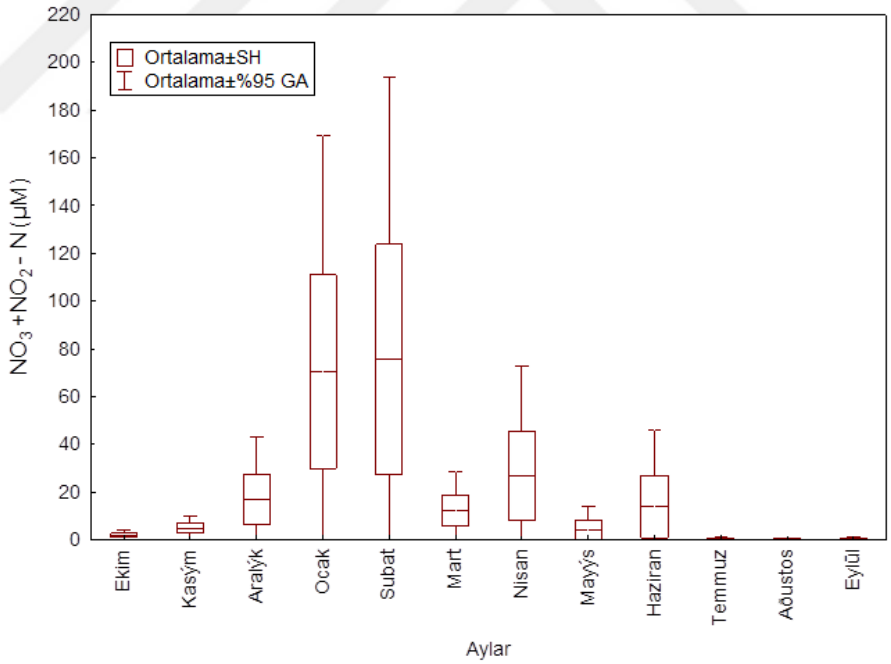
Şekil 3.21 Nitrat- nitrit azotu değerlerinin (-○-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart



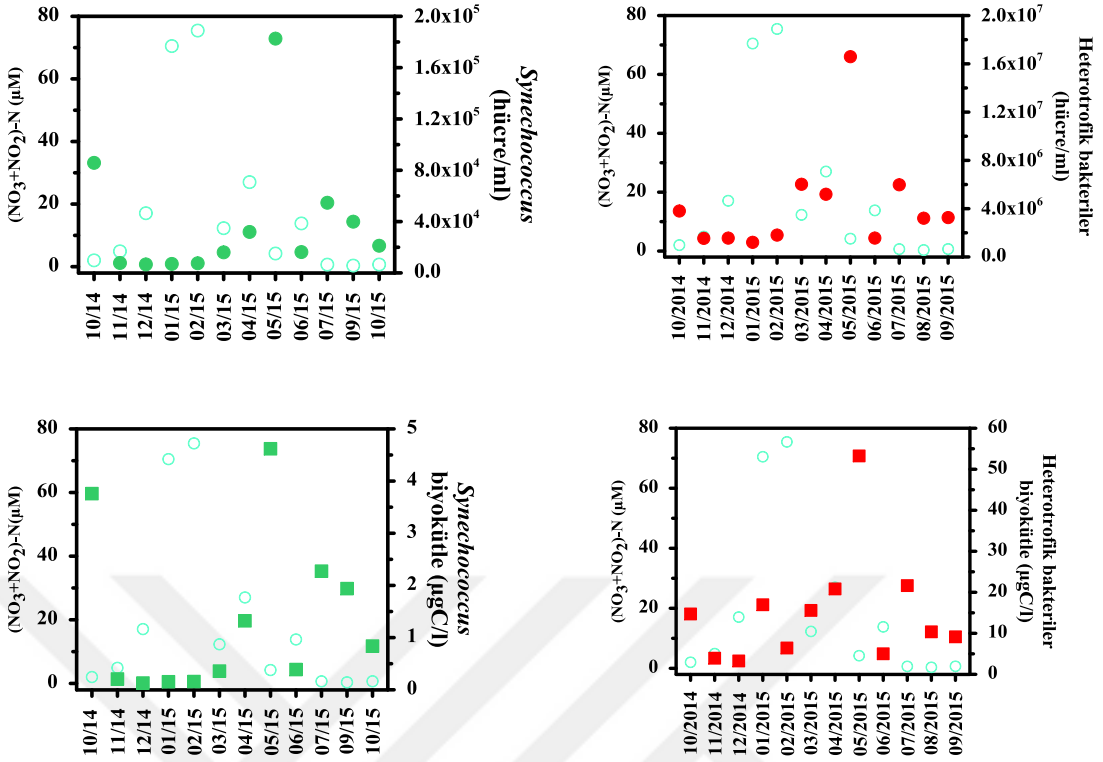
Şekil 3.22 Nitrat-nitrit azotu değerlerinin (-○-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül



Şekil 3.23 Tüm istasyonlarda ortalama nitrat- nitrit azotu değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil 3.24 Nitrat- nitrit azotunun ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)

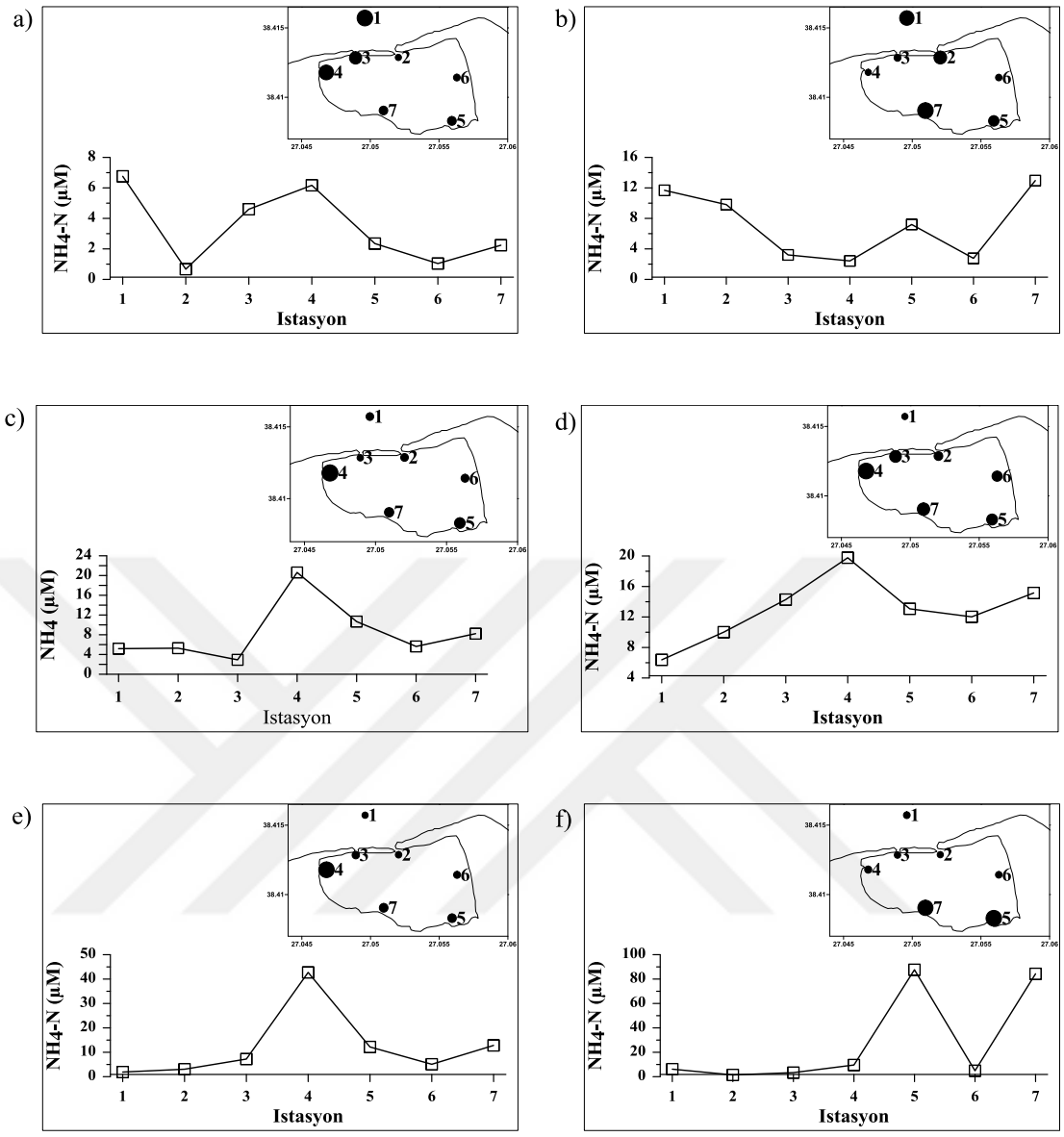


Şekil 3.25 Nitrat- nitrit azotu değerlerinin (-○-)*Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri

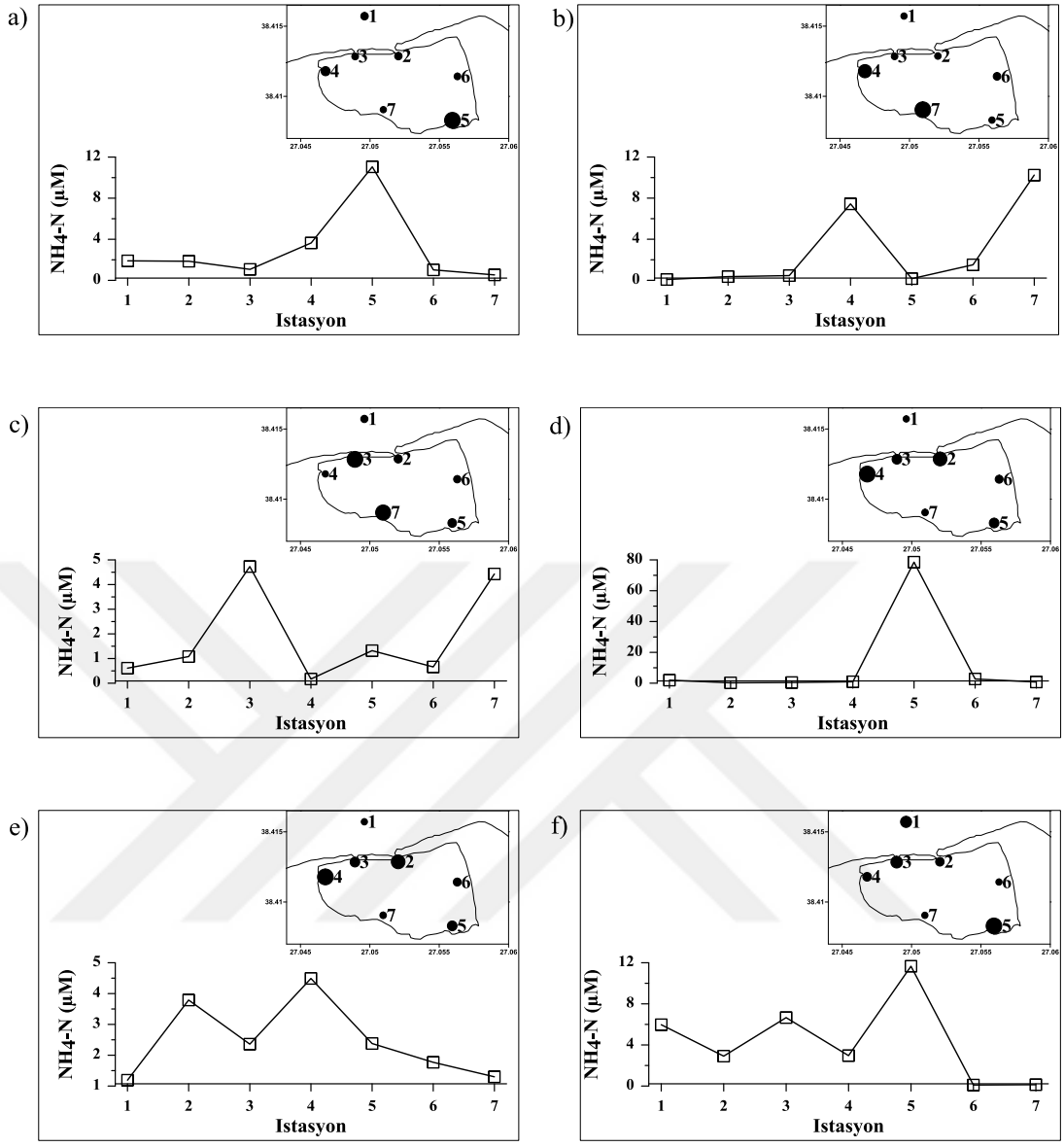
3.2.4 Amonyum azotu

Amoyum azotuna ait değerlere bakıldığında lagünde Ekim 2014- Eylül 2015 tarihleri arasında aylık olarak yapılan örneklemelerde en düşük NH_4-N değeri Mayıs ayında 1. istasyonda 0,08 µM ve en yüksek değer ise Mart ayında 5. istasyonda 87,63 µM olarak ölçülmüştür. Amonyum azotuna ait aylık değişimler Şekil 3.26 ve Şekil 3.27 de gösterilmiştir. Alanda gerçekleştirilen çalışmada yıllık ortalama amonyum azotu değeri 8,25 µM olmuştur. Ortalama amonyum azotu değeri istasyonlar arasında karşılaştırıldığında en yüksek yıllık ortalama 5. istasyonda 19,85 µM olarak görülmekteyken, en düşük değerin görüldüğü istasyon 3,2 µM ile 6. istasyondur. Aylık ortalama amonyum azotu değerleri Şekil 3.28'de gösterilmiştir.

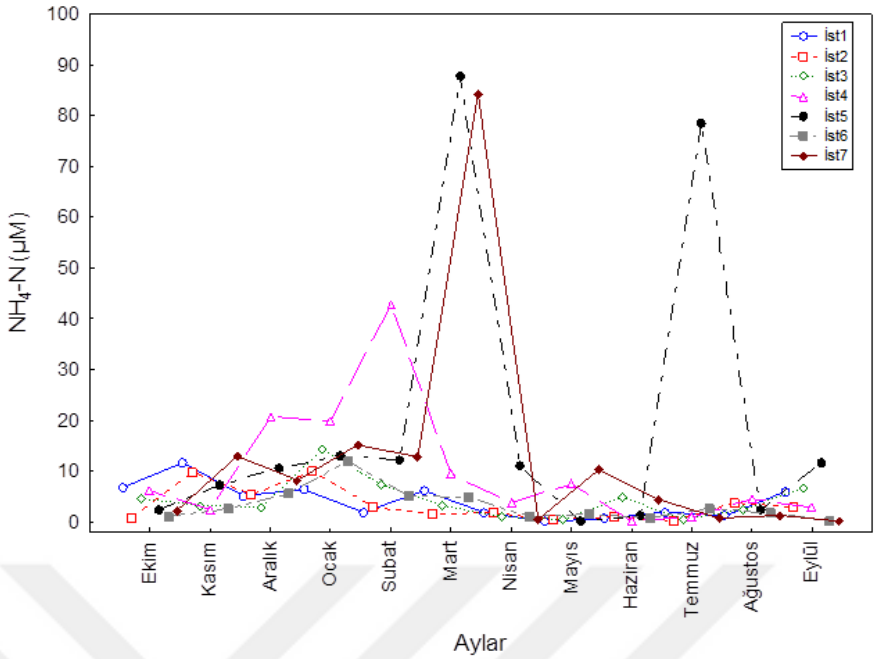
Amonyum azotu değerlerinin aylara göre ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 Güvenirlik Aralıkları ile (GA) birlikte Şekil 3.29'de gösterilmiştir. NH_4-N varyans değerleri yıl içerisinde Şubat, Mart ve Temmuz aylarında önemli bir artış göstermiştir.



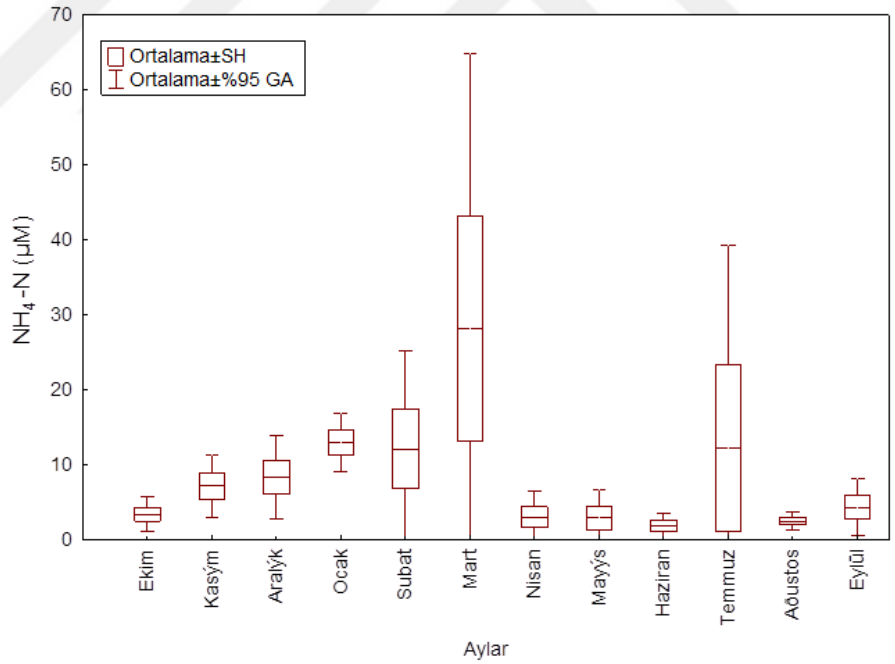
Şekil 3.26 Amonyum azotu değerlerinin (-□-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart



Şekil 3.27 Amonyum azotu değerlerinin (-□-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül

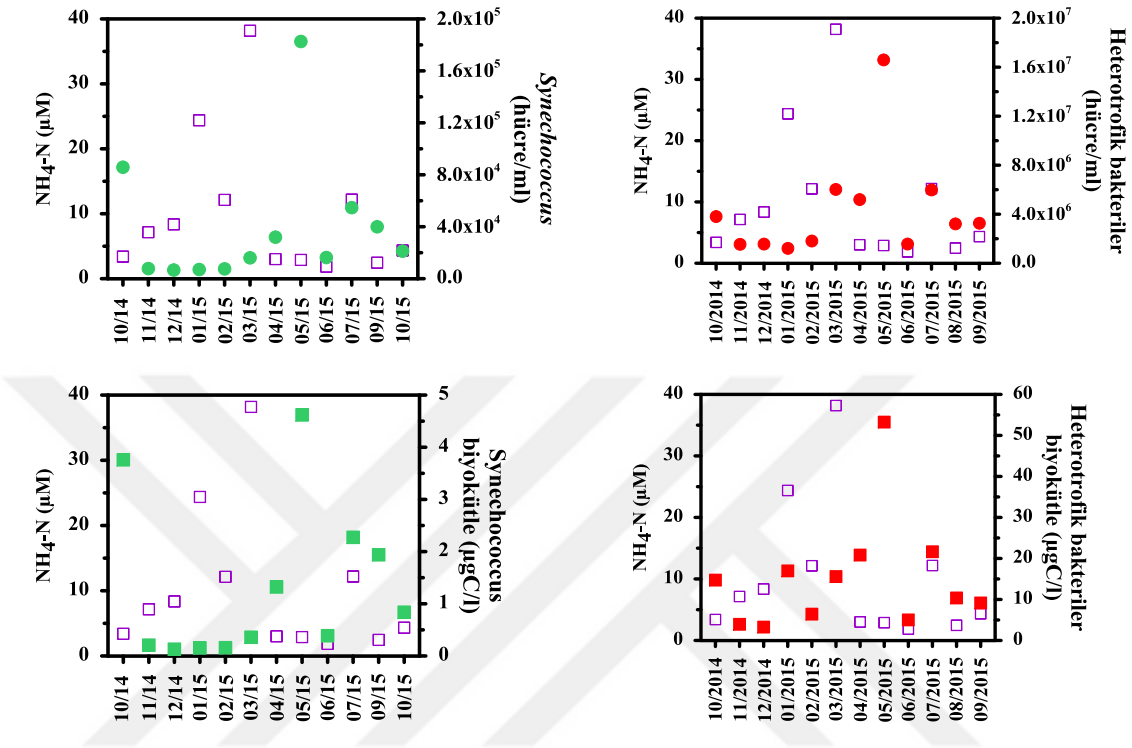


Şekil 3.28 Tüm istasyonlarda ortalama amonyum azotu değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil 3.29 Amonyum azotunun ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)

Amonyum azotu değerlerinin, *Synechococcus* hücre sayısı ile biyokütle ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ile biyokütle değerleri karşısındaki değişimleri Şekil 3.30'da gösterilmiştir.

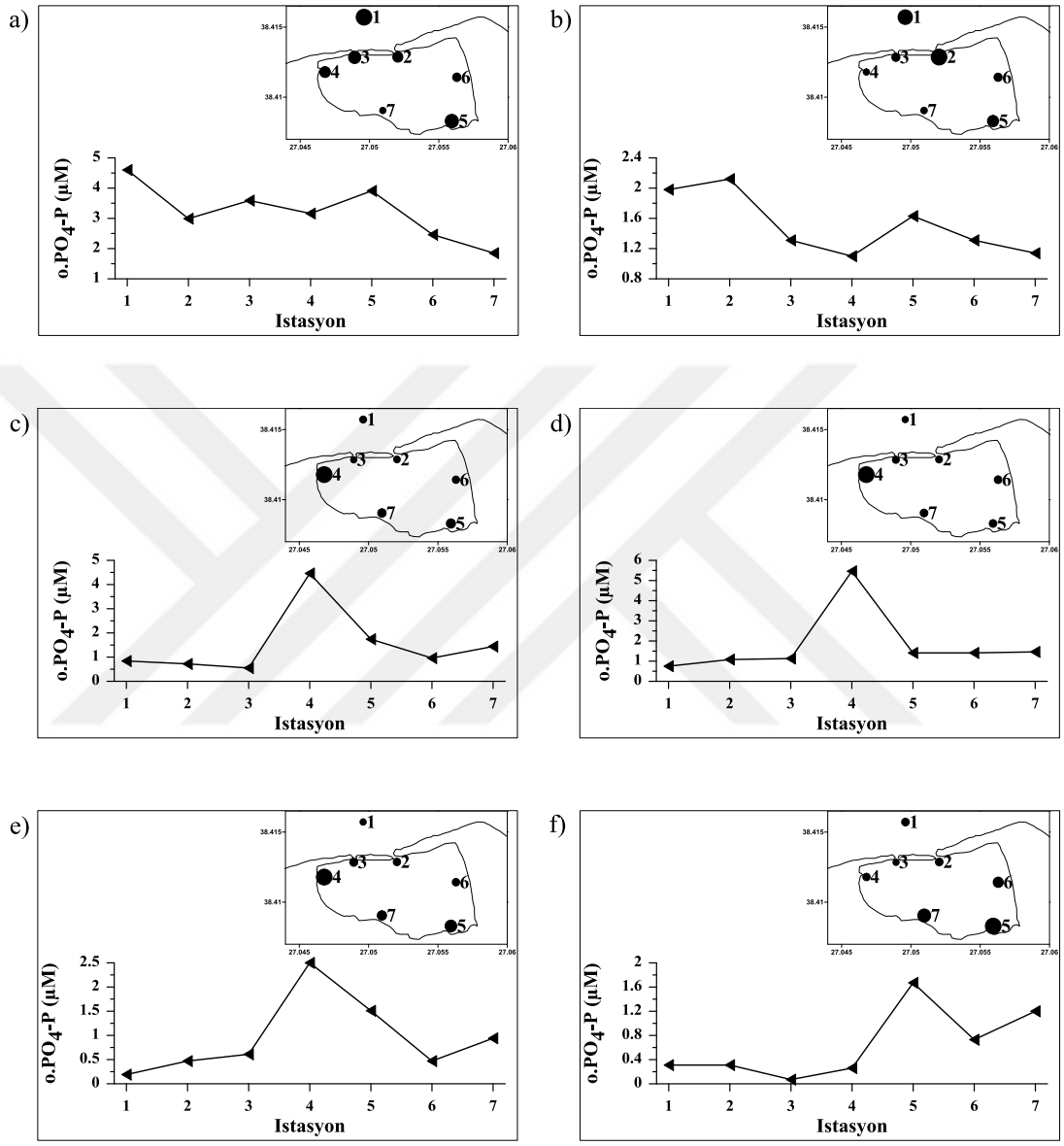


Şekil 3.30 Amonyum azotu değerlerinin (-□-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri

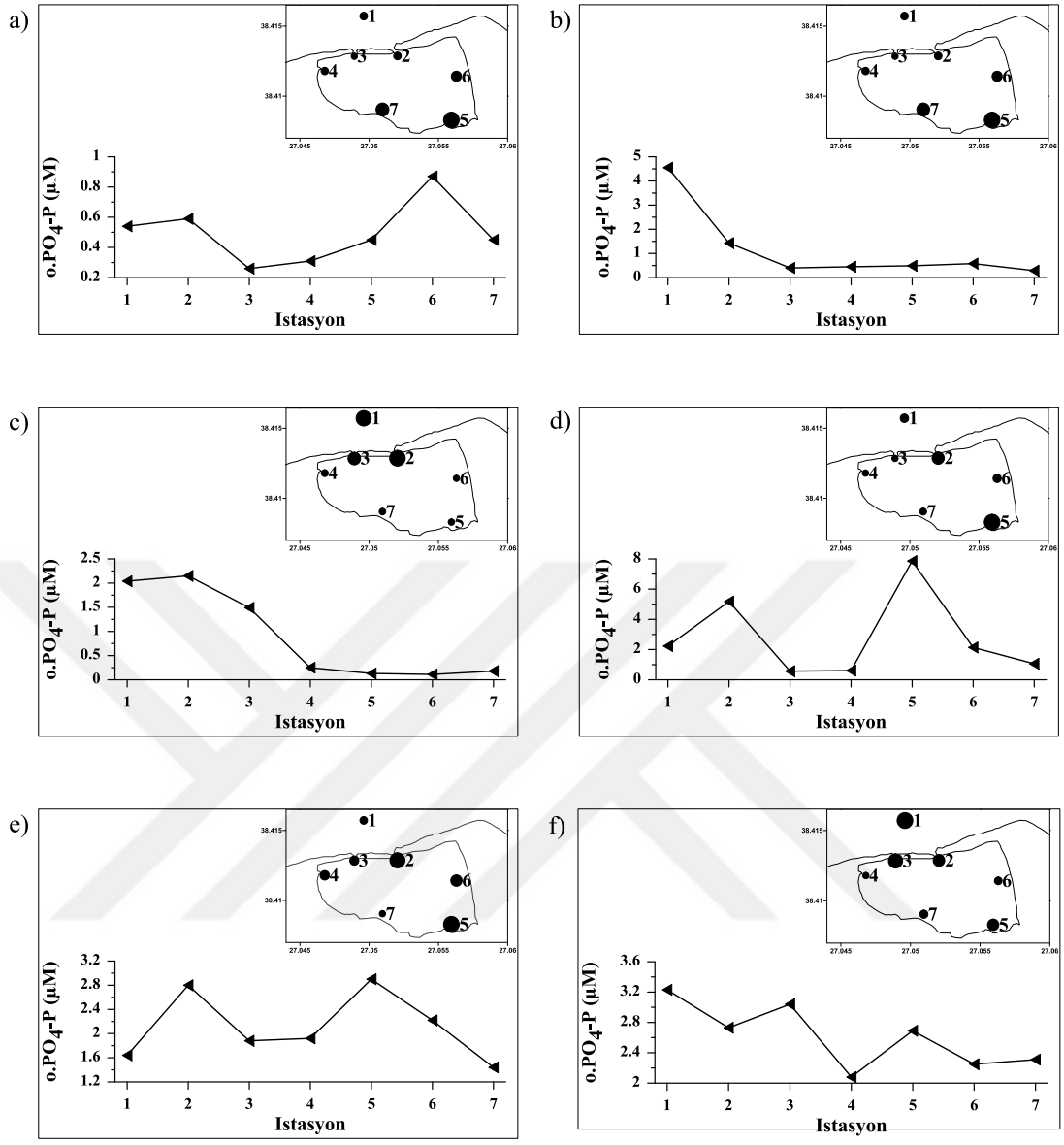
3.2.5 Ortofosfat Fosforu

Çakalburnu lagününde gerçekleştirilen çalışmada kimyasal parametreler arasında yer alan o.PO_4 yıllık ortalama değeri 1,65 µM olmuştur. Yıllık ortalama orto fosfat değerinin en yüksek olduğu istasyon 2,1 µM değeri ile 5. istasyon olurken, en düşük ortalama değere sahip örnekleme noktası 1,14 µM değeri ile 7. istasyon olmuştur. Orto fosfat değişkeninin aylık ortalama değerleri Şekil 3.33'de gösterilmiştir. Lagünde yıl boyunca en düşük o.PO_4 değeri Mart ayında 3. istasyonda 0,07 µM, en yüksek değer ise Temmuz ayında 5. istasyonda 7,86 µM olarak ölçülmüştür. İstasyonlarda yıl boyunca izlenen aylık orto fosfat değerleri Şekil 3.31 ve Şekil 3.32'de gösterilmiştir.

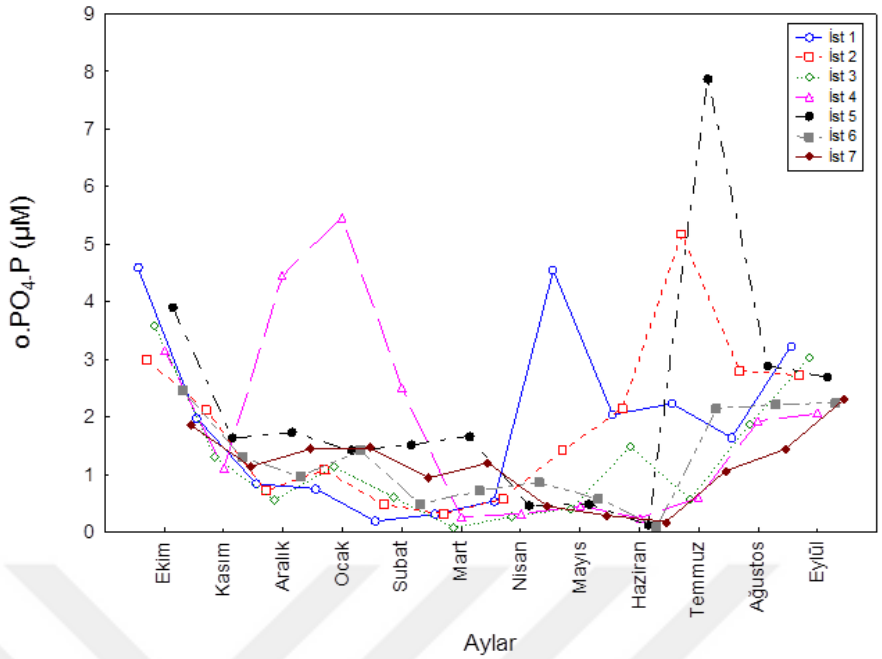
Orto fosfat değişkeninin aylara göre ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıklarına (GA) ait grafik Şekil 3.34'dir. Orto fosfat varyans değerleri Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında önemli bir artış göstermiştir.



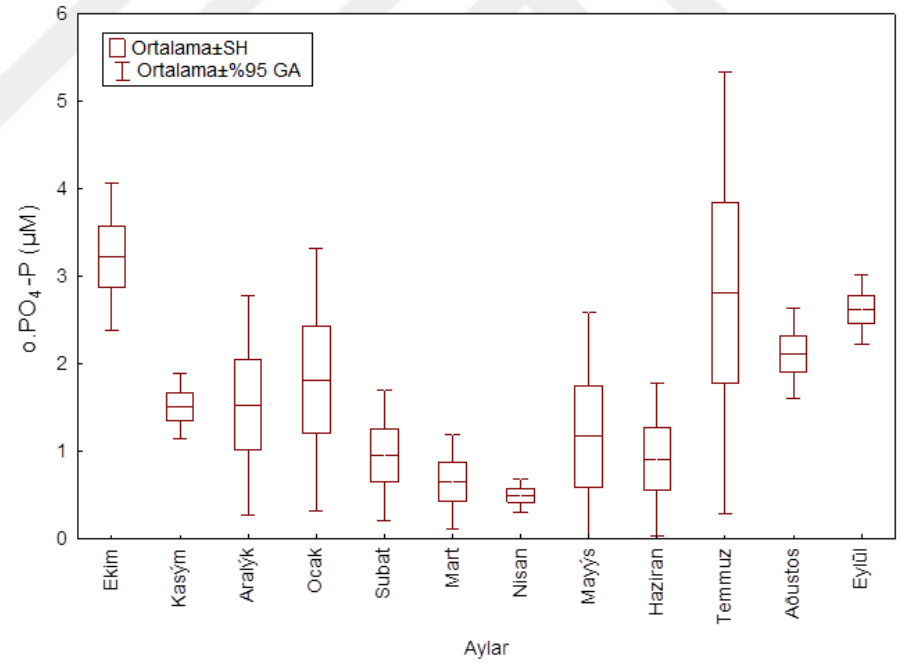
Şekil 3.31 Ortofosfat fosforu değerlerinin (-◄-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart



Şekil 3.32 Ortofosfat fosforu değerlerinin (-◄-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül

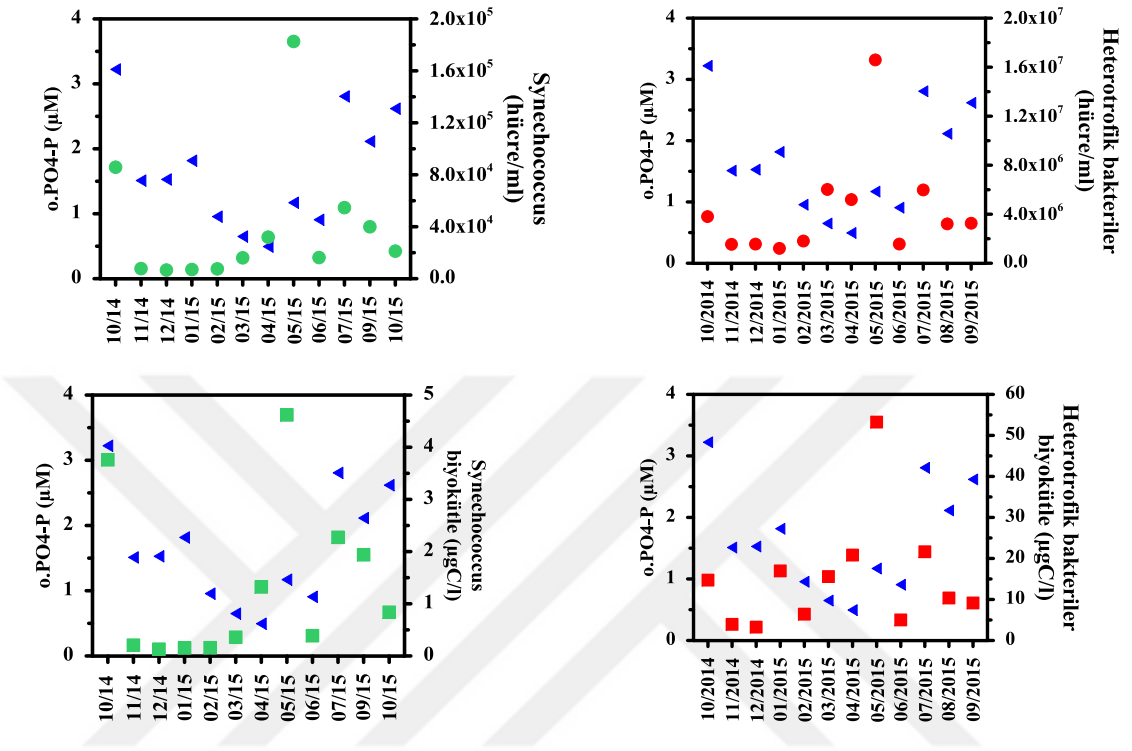


Şekil 3.33 Tüm istasyonlarda ortalama ortofosfat fosforu değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil 3.34 Orto fosfat fosforu ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)

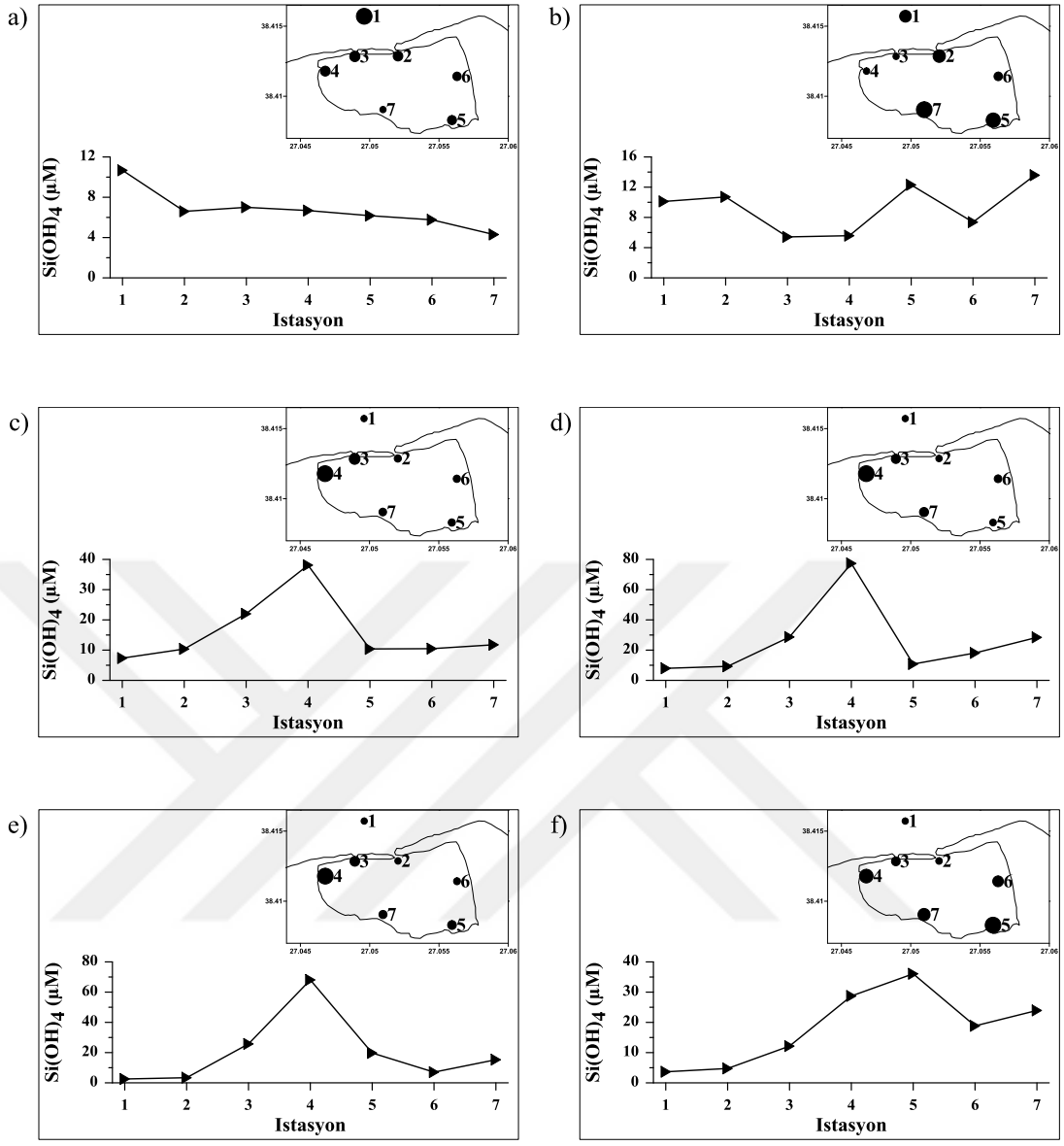
Orto fosfat fosforu değerlerinin, *Synechococcus* hücre sayısı ile biyokütle ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ile biyokütle değerleri karşısındaki değişimleri Şekil 3.35'de gösterilmiştir.



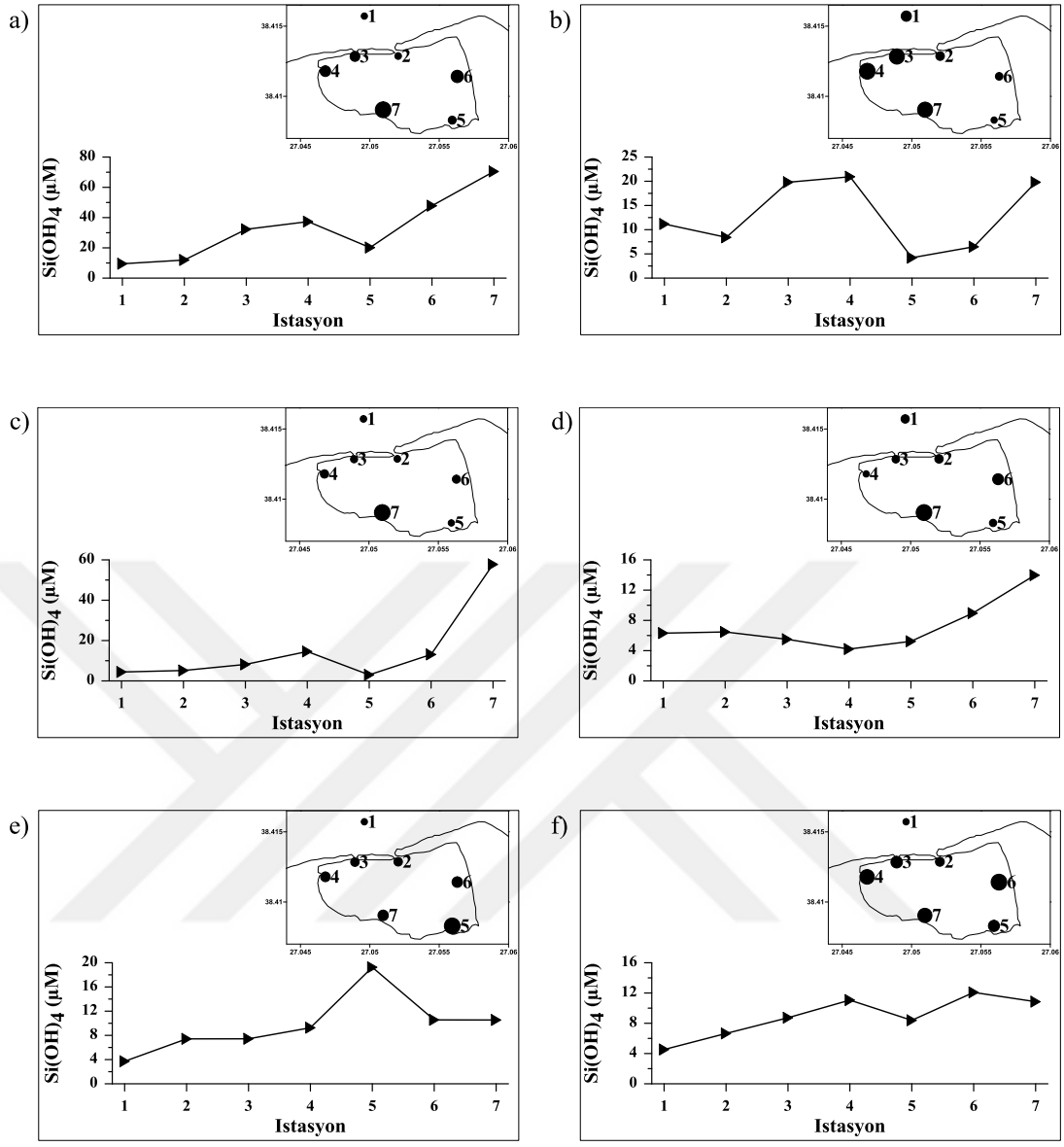
Şekil 3.35 Orto fosfat fosforu değerlerinin (-◄-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri

3.2.6 Reaktif Silikat Si (OH)$_4$

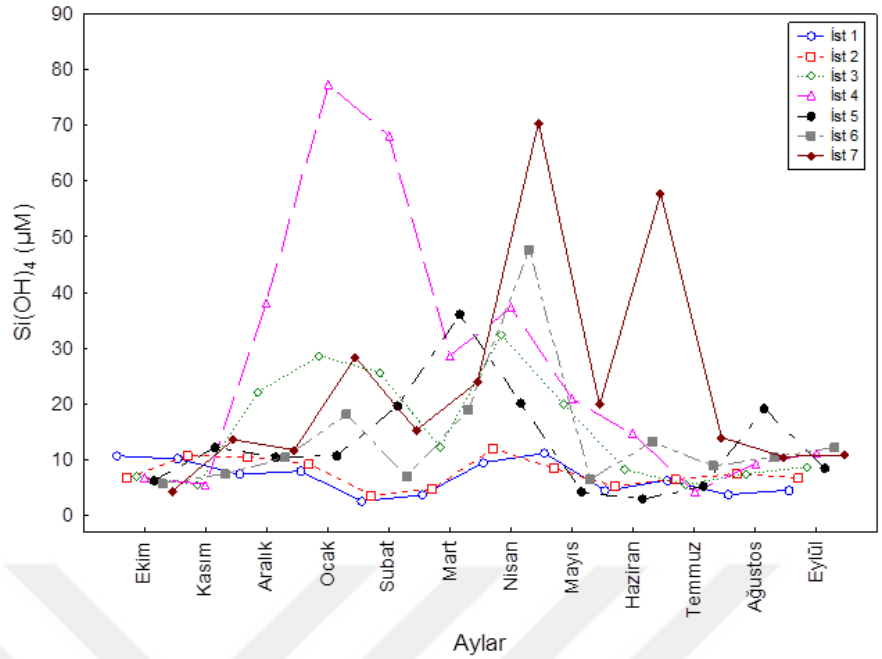
Çakalburnu Dalyanı'ında Si (OH)$_4$ yıllık ortalama değeri 15,25 µM olmuştur. Reaktif silikat değeri ortalamaları istasyonlara bağlı olarak değerlendirildiğinde en yüksek yıllık ortalama değeri 4. istasyonda (26,82 µM) görülmektedir. En düşük değer ise 6,8 µM ile 1. istasyonda görülmektedir. Reaktif silikat aylık ortalama değişimleri Şekil 3.38'de verilmiştir. Yıl içerisinde en düşük reaktif silikat değeri Şubat ayında 1. istasyonda 2,54 µM olurken, en yüksek değer Ocak ayında 4. istasyonda 77,33 µM olarak kaydedilmiştir. Reaktif silikata ait aylık değişimler Şekil 3.36 ve Şekil 3.37'de gösterilmiştir. Reaktif silikat değerlerinin aylara göre ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 Güvenirlik Aralıkları ile (GA) birlikte Şekil 3.39'da gösterilmiştir. Reaktif silikat değerleri yıl içerisinde Aralık, Ocak, Şubat, Nisan, Mayıs, Haziran, aylarında önemli bir artış göstermiştir.



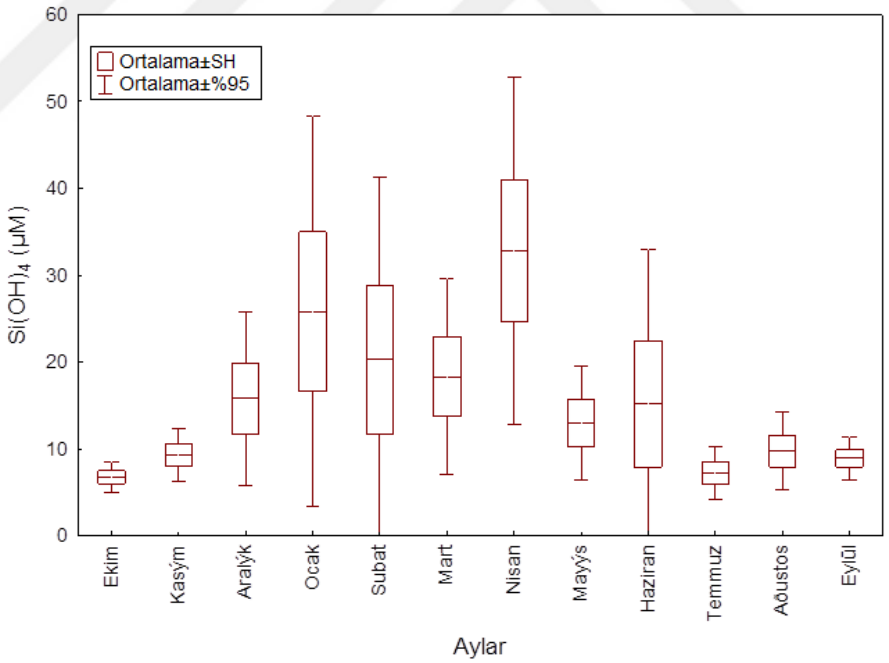
Şekil 3.36 Reaktif silikat değerlerinin (-►-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart



Şekil 3.37 Reaktif silikat değerlerinin (-►-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül

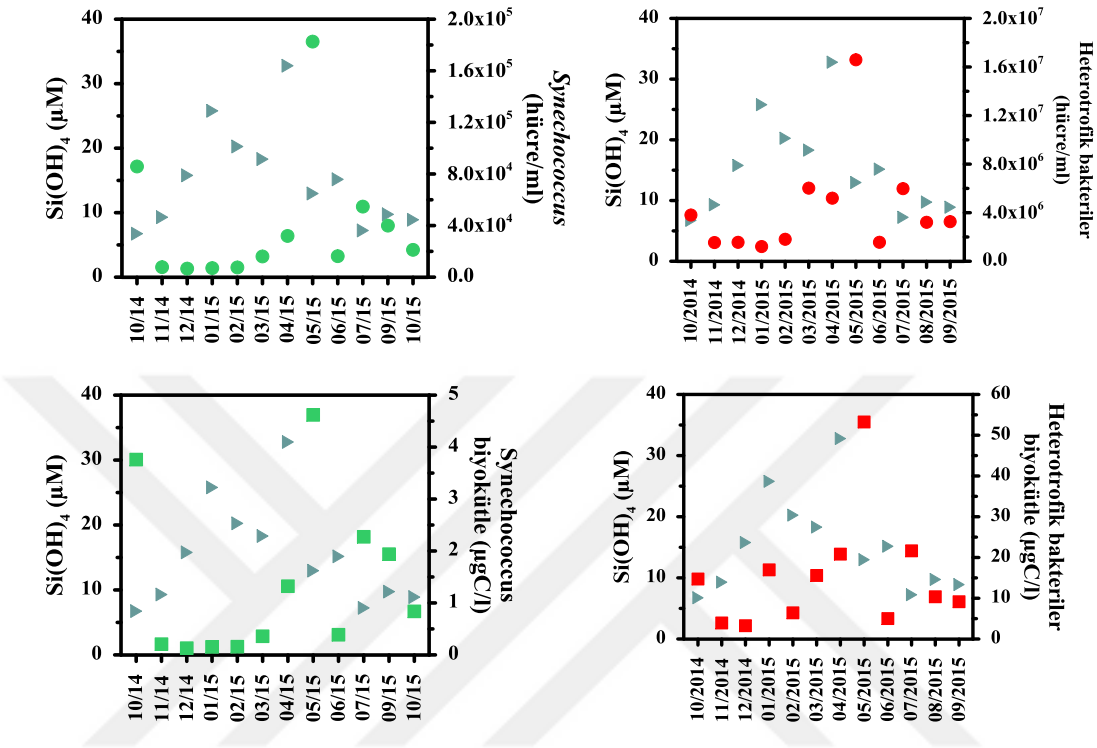


Şekil 3.38 Tüm istasyonlarda ortalama reaktif silikat değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil 3.39 Reaktif silikatın ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)

Reaktif silikat değerlerinin *Synechococcus* hücre sayısı ile biyokütle ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ile biyokütle değerleri karşısındaki değişimleri Şekil 3.40'da gösterilmiştir.



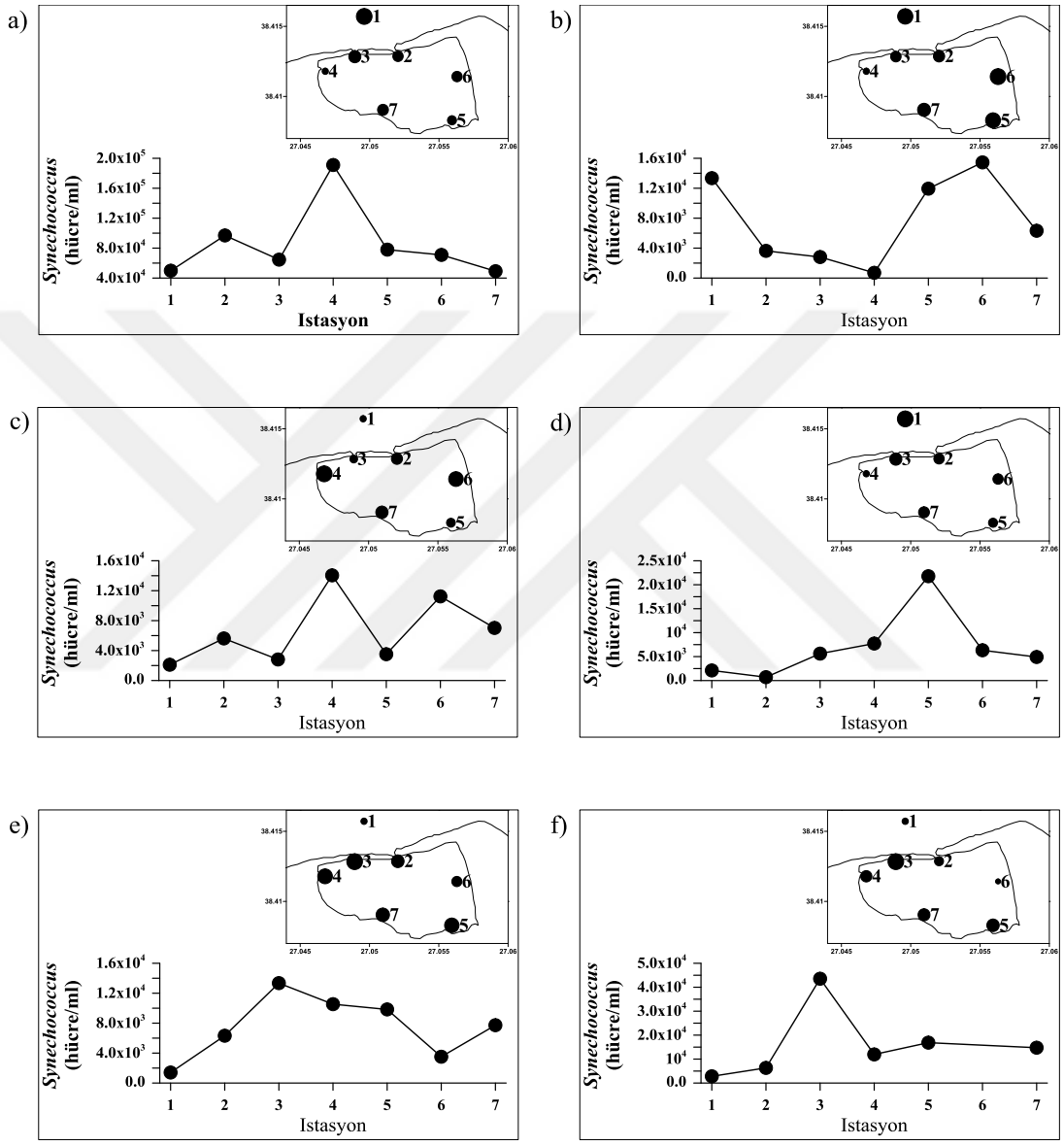
Şekil 3.40 Reaktif silikat değerlerinin (-▶-) *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimleri

3.3 Biyolojik Parametreler

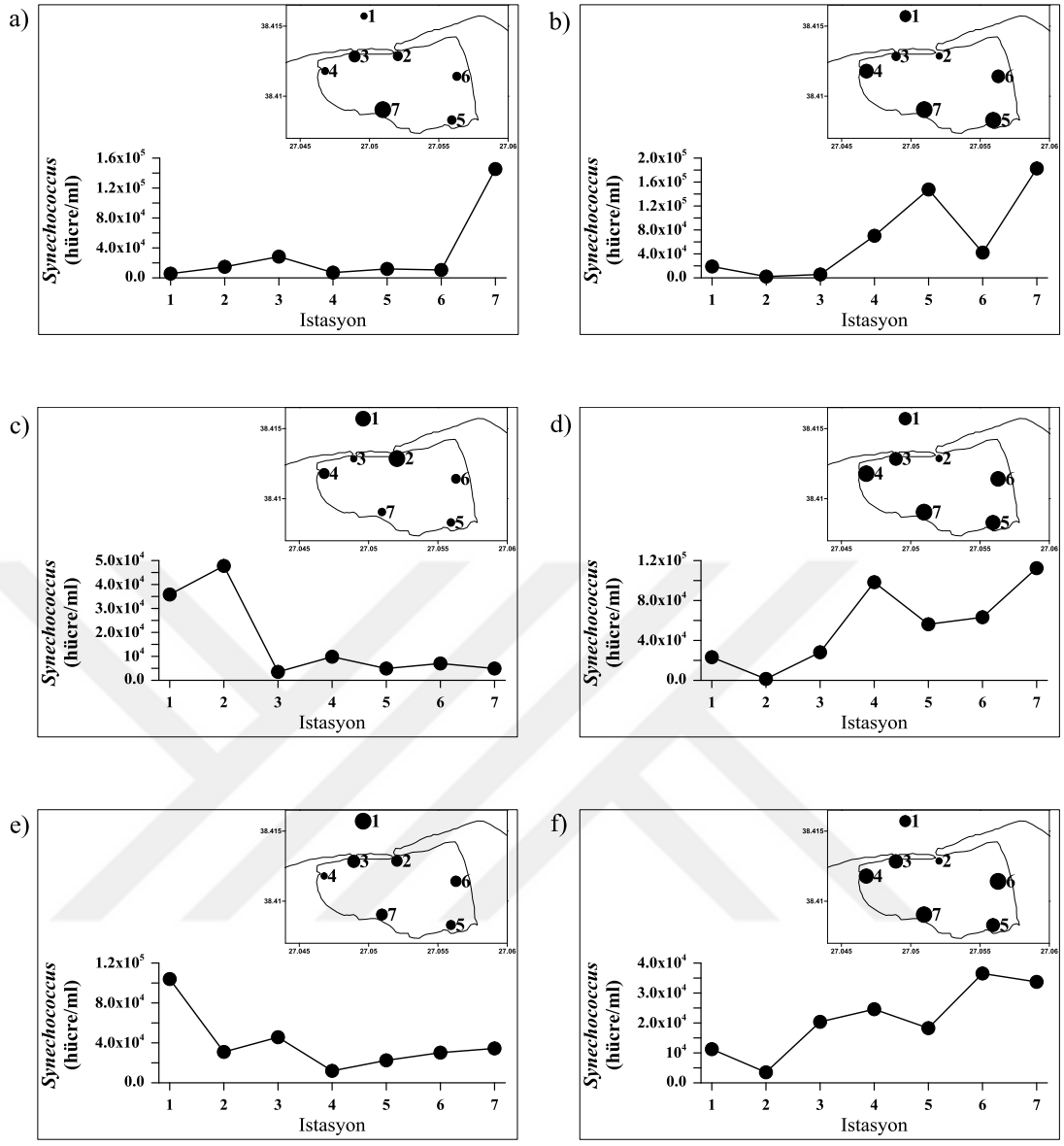
3.3.1 Synechococcus

Yıl boyunca *Synechococcus* en düşük hücre sayısı değeri Kasım ayında 4. ve Ocak ayında 2. istasyonda $7x10^2$ hücre/ml, en yüksek değer ise Ekim ayında 4. istasyonda $1,9x10^5$ hücre/ml olarak tespit edilmiştir. Çakalburnu lagünündeki istasyonlarda yıl boyunca izlenen *Synechococcus* bolluk değerlerinin aylık değişimleri Şekil 3.41 ve Şekil 3.42'de gösterilmiştir. Lagünde gerçekleştirilen çalışma sonucunda *Synechococcus* yıllık ortalama hücre sayısı değeri $3x10^4$ hücre/ml dir. *Synechococcus* yıllık ortalama hücre sayısı değerinin en yüksek olduğu istasyon $3,8x10^4$ hücre/ml değeri ile 4. istasyon iken, en düşük hücre sayısı değeri 1,6 $x10^4$ hücre/ ml değeri ile 7. istasyondadır. *Synechococcus* hücre sayısı aylık ortalama

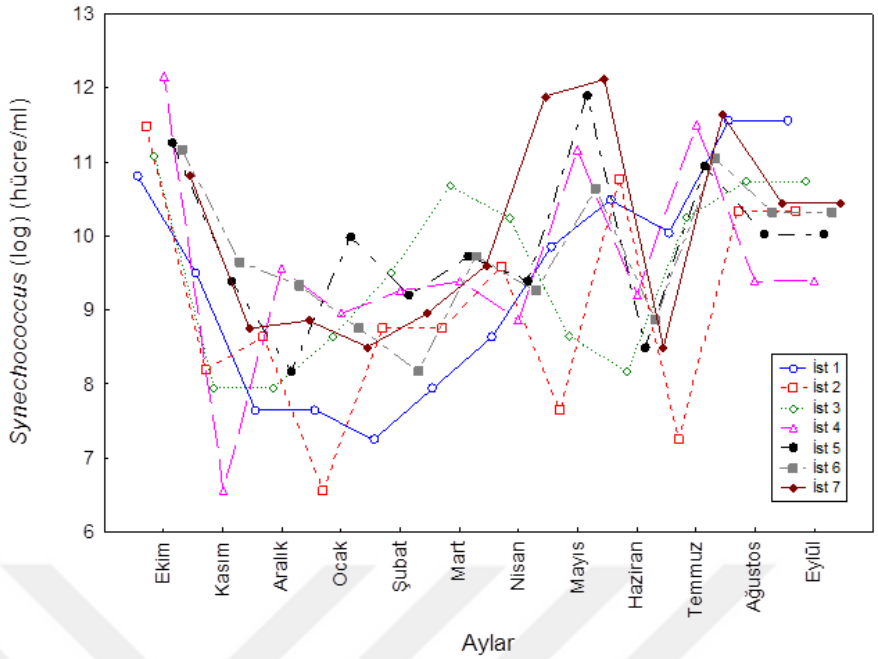
değerleri ise Şekil 3.43'de gösterilmiştir. Synechococcus hücre sayısı varyans değerleri yıl boyunca genel olarak yüksek seviyelerdedir. *Synechococcus* değişkeninin aylara göre ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) Şekil 3.44'de gösterilmiştir.



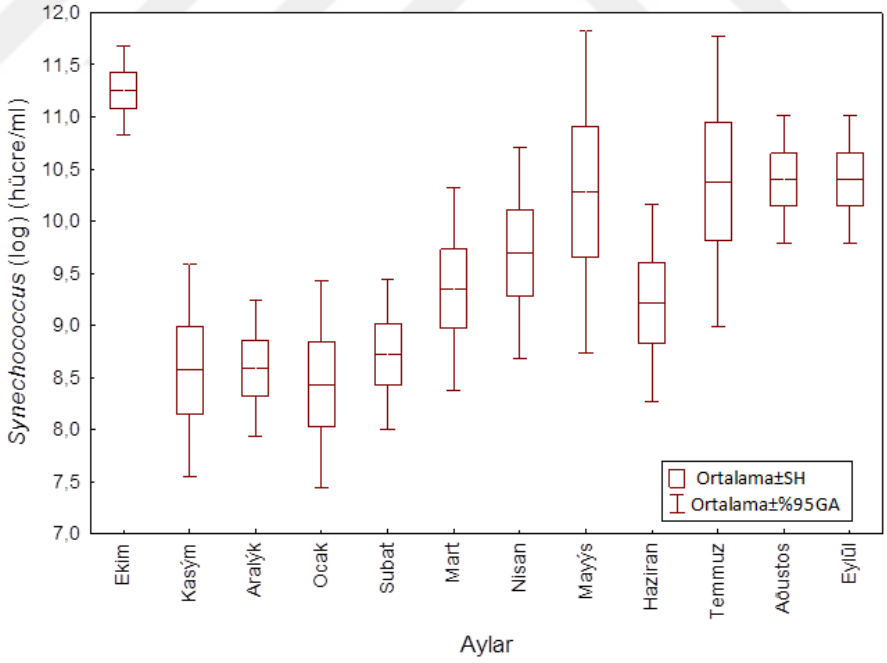
Şekil 3.41 *Synechococcus* (-●-) hücre sayısı değerlerinin aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart



Şekil 3.42 *Synechococcus* hücre sayısı değerlerinin (-●-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül

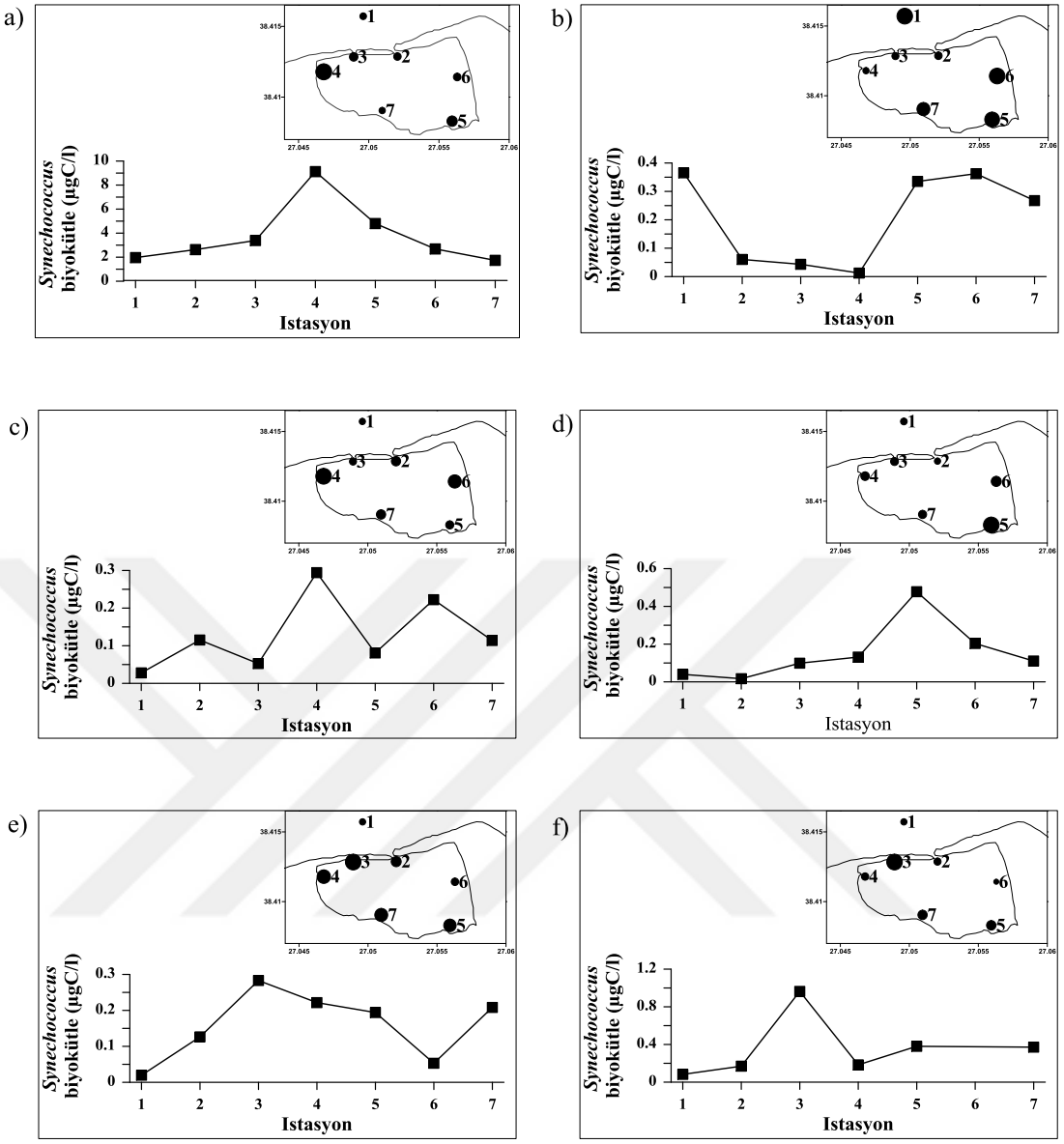


Şekil 3.43 Tüm istasyonlarda ortalama *Synechococcus* hücre sayısı değerlerinin zamana bağlı değişimleri

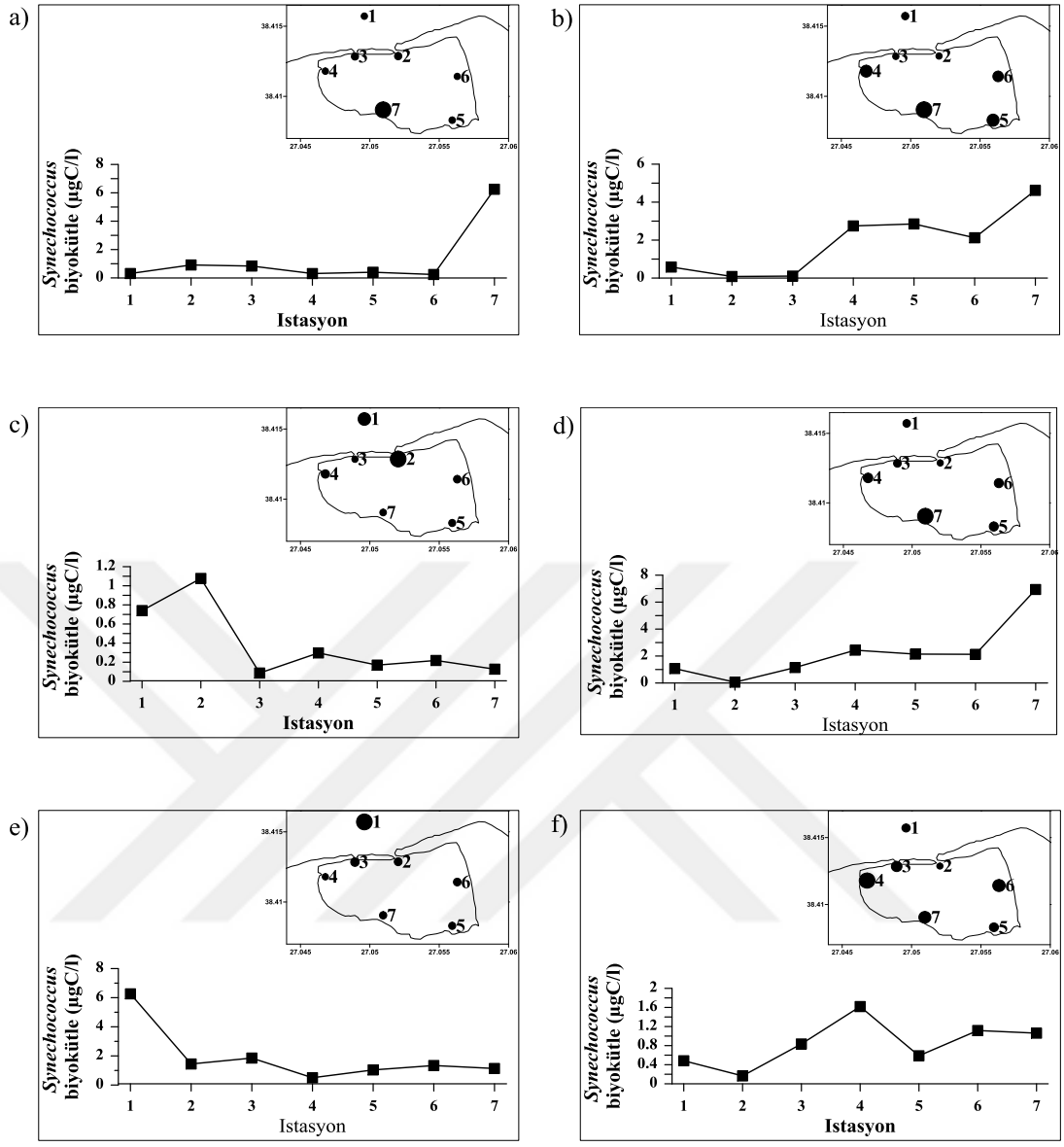


Şekil 3.44 *Synechococcus* hücre sayısının ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)

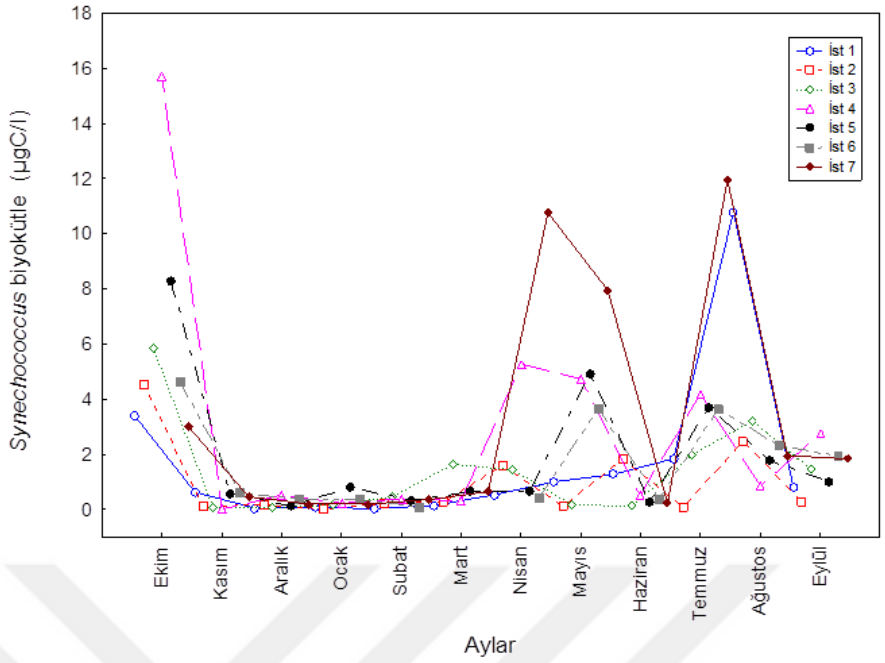
Çalışma boyunca *Synechococcus* biyokütle değişkenine ait en düşük değer ölçüm Ocak ayında 2. istasyonda 0,01 µgC/l, en yüksek değer ise Ekim ayında 4. istasyonda 9,12 µgC/l olarak tespit edilmiştir. *Synechococcus* biyokütle değerlerinin aylık değişimleri Şekil 3.45 ve Şekil 3.46'de gösterilmiştir. *Synechococcus* yıllık ortalama biyokütle değeri 1,12 µgC/l dir. Biyokütle değerinin yıllık ortalama değeri istasyonlar arasında karşılaştırıldığında en yüksek değer 7. istasyonda 1,91µgC/l olurken, en düşük biyokütle değeri 2. istasyonda 0,57 µgC/l 'dir. *Synechococcus* biyokütle aylık ortalama değerleri ise Şekil 3.47'de gösterilmiştir. *Synechococcus* biyokütle varyans değerleri Ekim, Nisan, Mayıs, Temmuz ve Ağustos aylarında önemli bir artış göstermiştir. *Synechococcus* değişkeninin aylara göre ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) Şekil 3.48'de yer alırken, *Synechococcus* hücre sayısı ile biyokütle değerlerinin heterotrofik bakteriler hücre sayısı ile biyokütle değerleri karşısındaki değişimi Şekil 3.49'da gösterilmiştir.



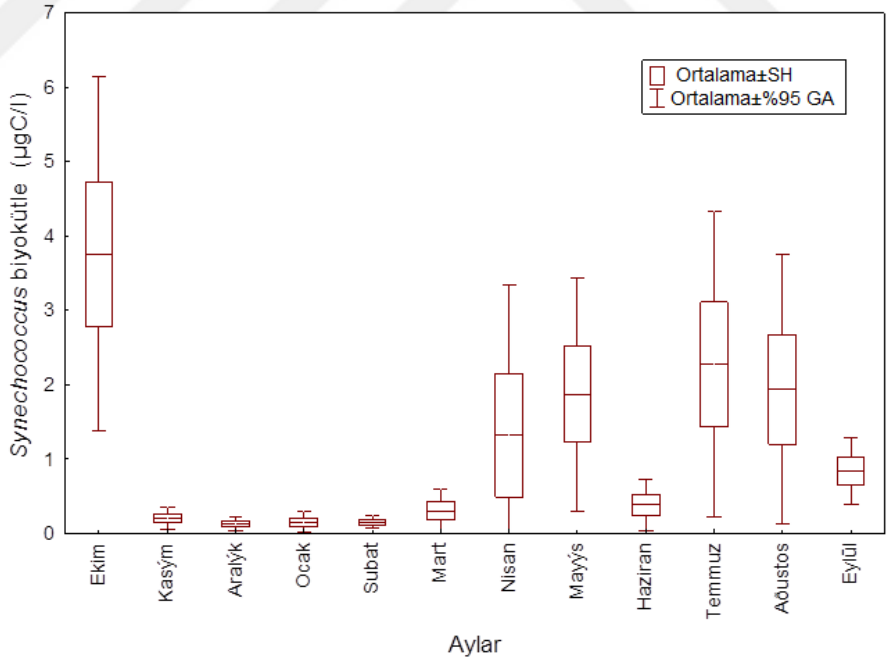
Şekil 3.45 *Syncehococcus* biyokütle değerlerinin (-■-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart



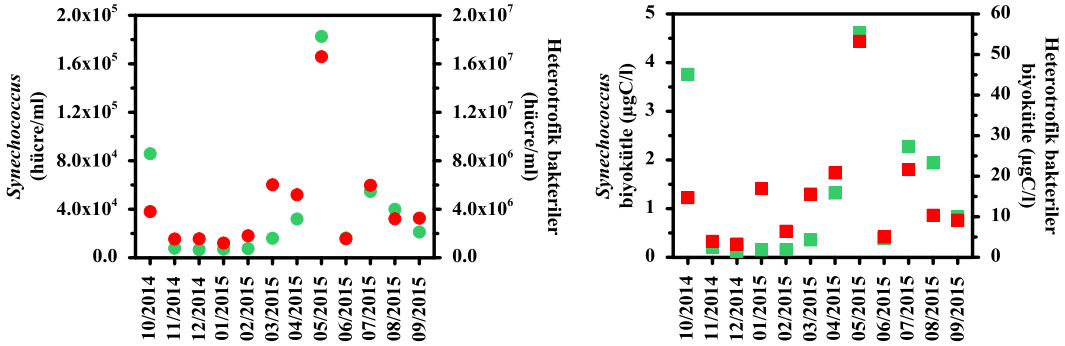
Şekil 3.46 *Synechococcus* biyokütle değerlerinin (-■-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül



Şekil 3.47 Tüm istasyonlarda ortalama *Synechococcus* biyokütle değerlerinin zamana bağlı değişimleri



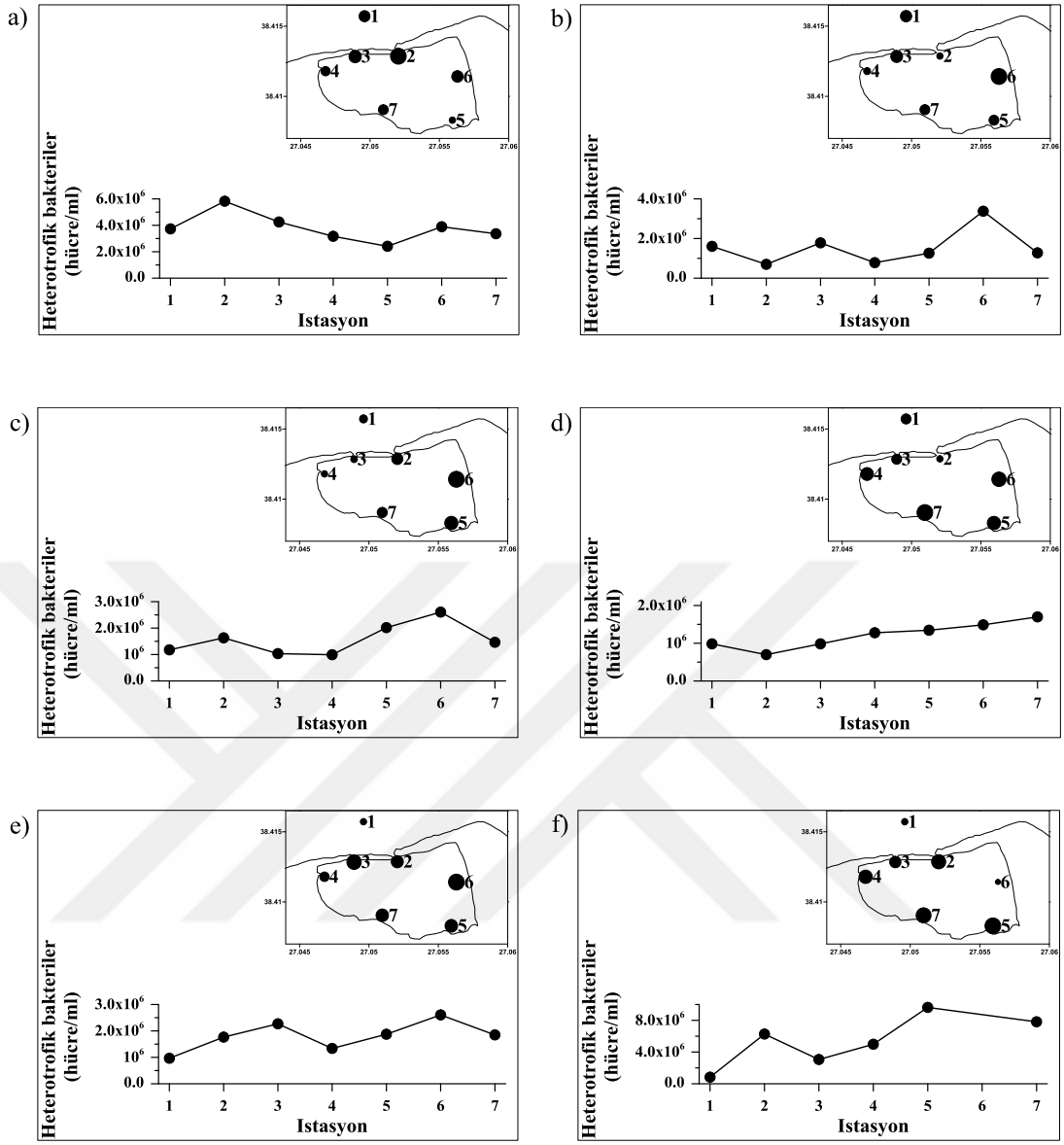
Şekil 3.48 *Synechococcus*'un biyokütlesindeki ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)



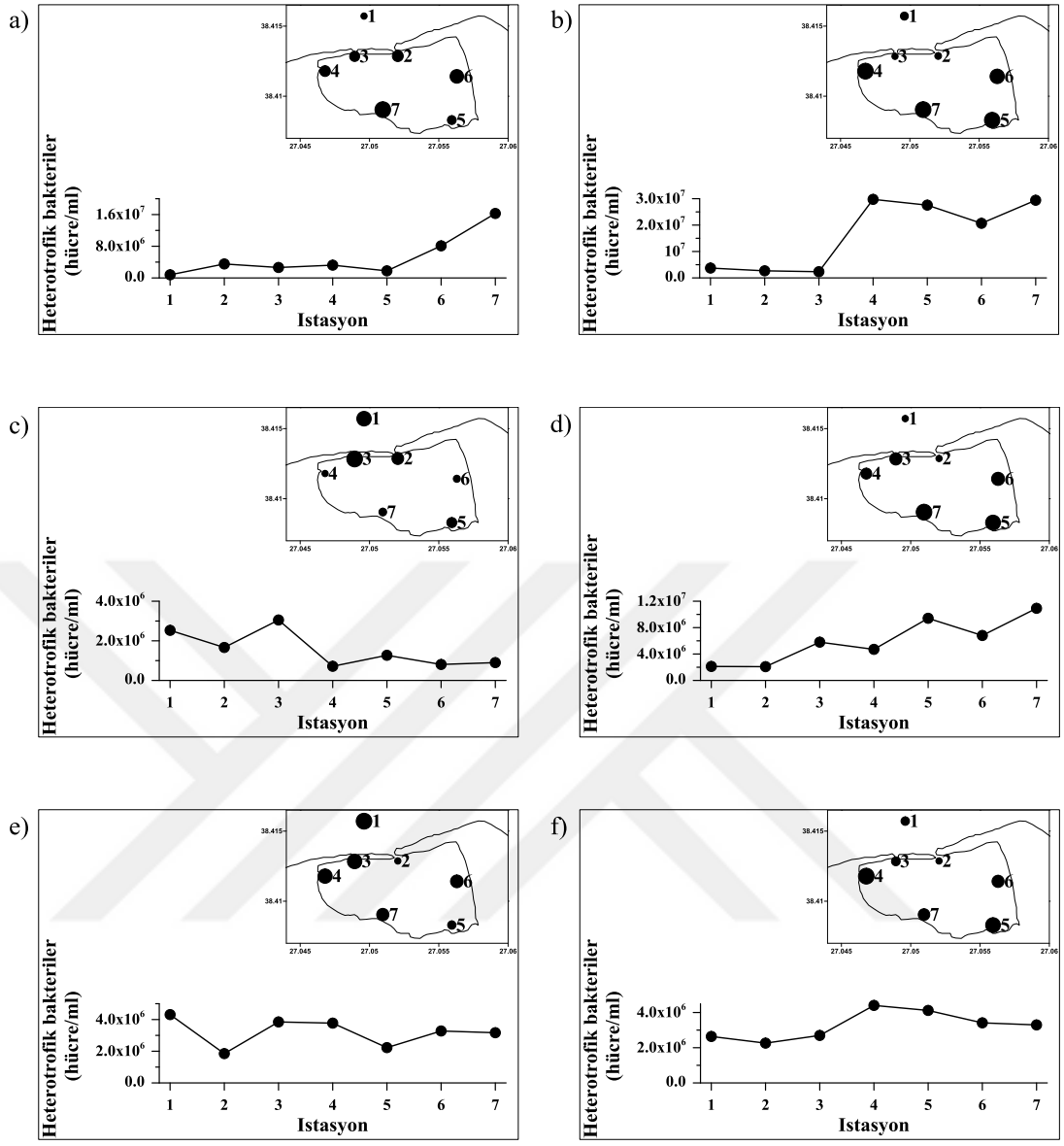
Şekil 3.49 *Synechococcus* hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerlerinin heterotrofik bakterilerin hücre sayısı (-●-) biyokütle (-■-) değerleri karşısındaki değişimi

3.3.2 Heterotrofik bakteriler

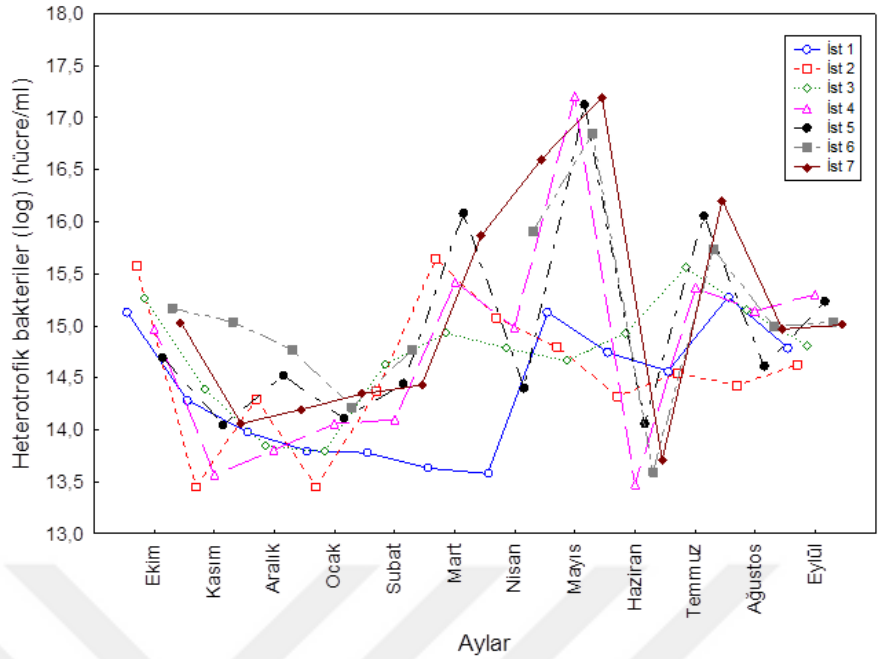
Heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyomas değerlerinin aylık değişimleri sırasıyla Şekil 3.50, 3.51, 3.54 ve 3.55'de gösterilmiştir. Heterotrofik bakterilere ait hücre sayısı yıl içerisinde en düşük Kasım ayında 2. istasyonda $7{,}0x10^4$ hücre/ml olurken, en yüksek değeri ise Mayıs ayında 4. istasyonda $3x10^7$ hücre/ml'dir. Biyokütle değerlerine bakıldığında ise en düşük değer Aralık ayında 3. istasyonda 1,95 µgC/l ve en yüksek değerine Nisan ayında 7. istasyonda 121, 93 µgC/l olarak görülmektedir. Yıllık ortalama Heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyokütle değerleri sırasıyla $4{,}2x10^6$ hücre/ml ve 15,09 µgC/l olmuştur. Ortalama heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ve biyokütle değerlerinin istasyonlar arasında en yüksek değerlerin 7. istasyonda $6{,}8x10^6$ hücre/ml ve 28,21 µgC/l olduğu görülmektedir. En düşük değerler ise 1. istasyonda $2{,}1x10^6$ hücre/ml ve 7,32µgC/l olmuştur. Heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ve biyokütle değişkenlerinin aylık ortalama değerleri Şekil 3.52 ve Şekil 3.56'da gösterilmiştir. Heterotrofik bakterilerin hücre sayısı varyans değerleri Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında biyokütle değeri ise Nisan, Mayıs ve Temmuz aylarında önemli bir artış göstermiştir. Heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ve biyokütle değişkenlerinin aylara göre ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA) Şekil 3.53 ve Şekil 3.57'de gösterilmiştir.



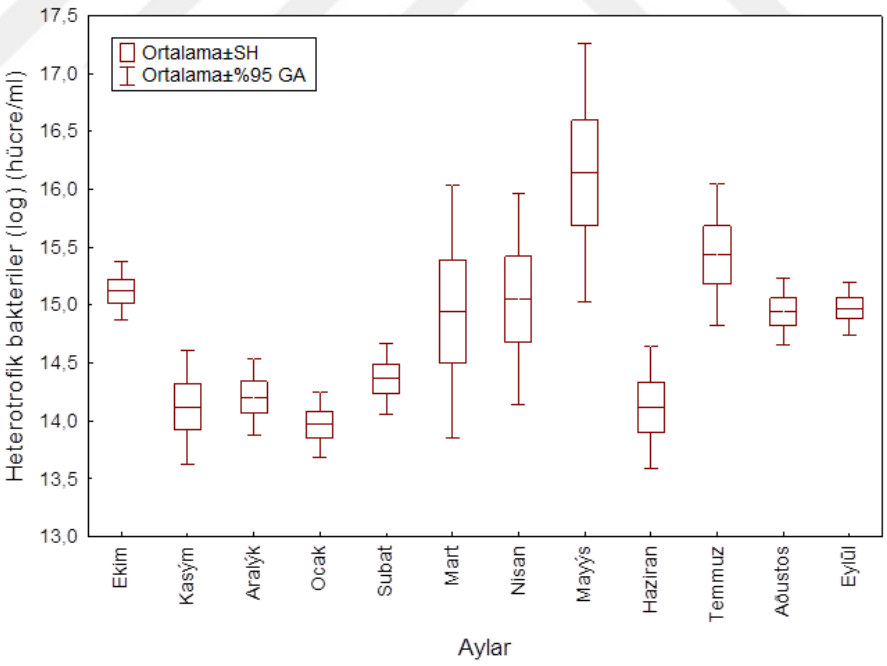
Şekil 3.50 Heterotrofik bakterilere ait hücre sayısı değerlerinin (-●-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart



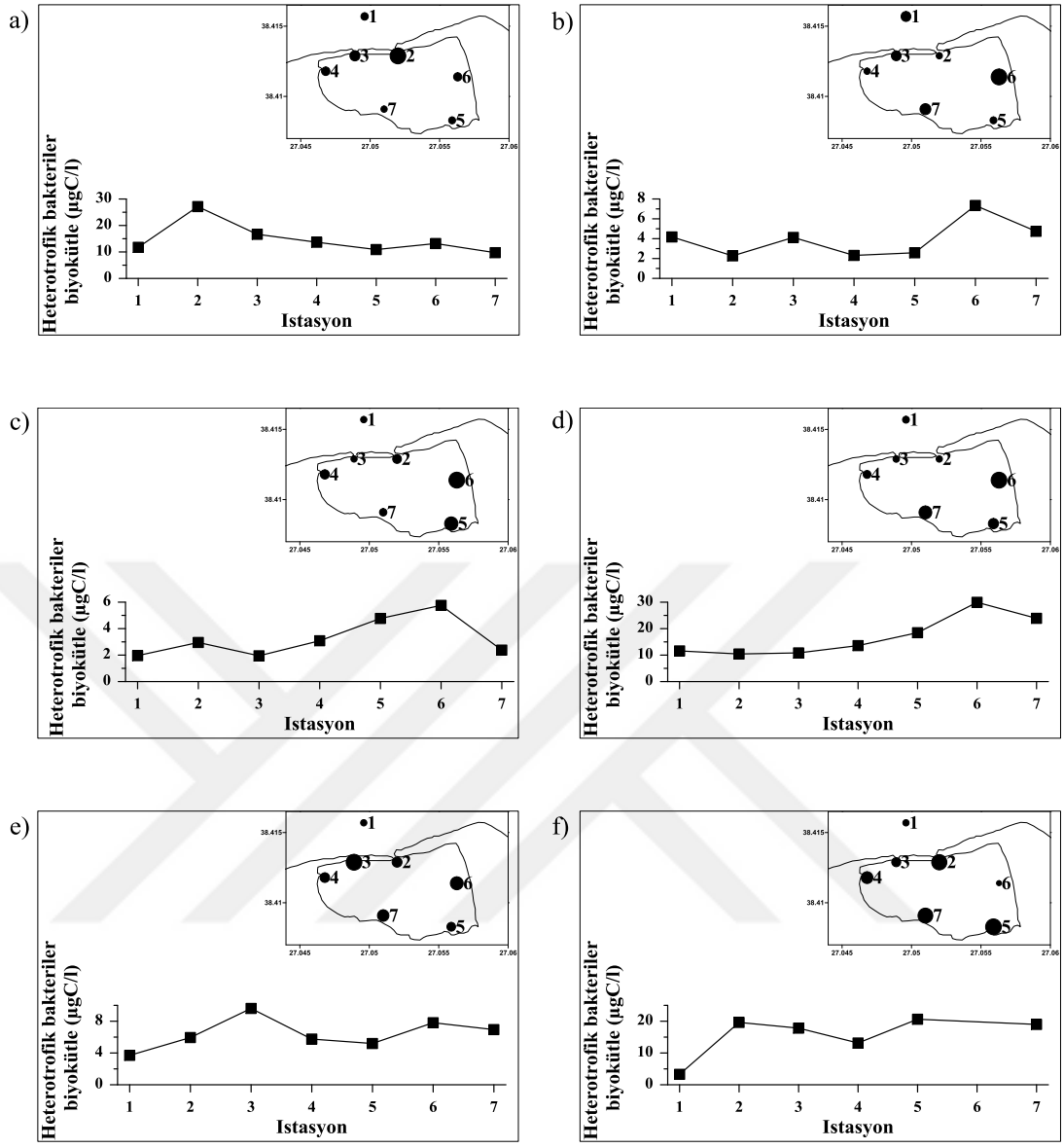
Şekil 3.51 Heterotrofik bakterilere ait hücre sayısı değerlerinin (-●-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül



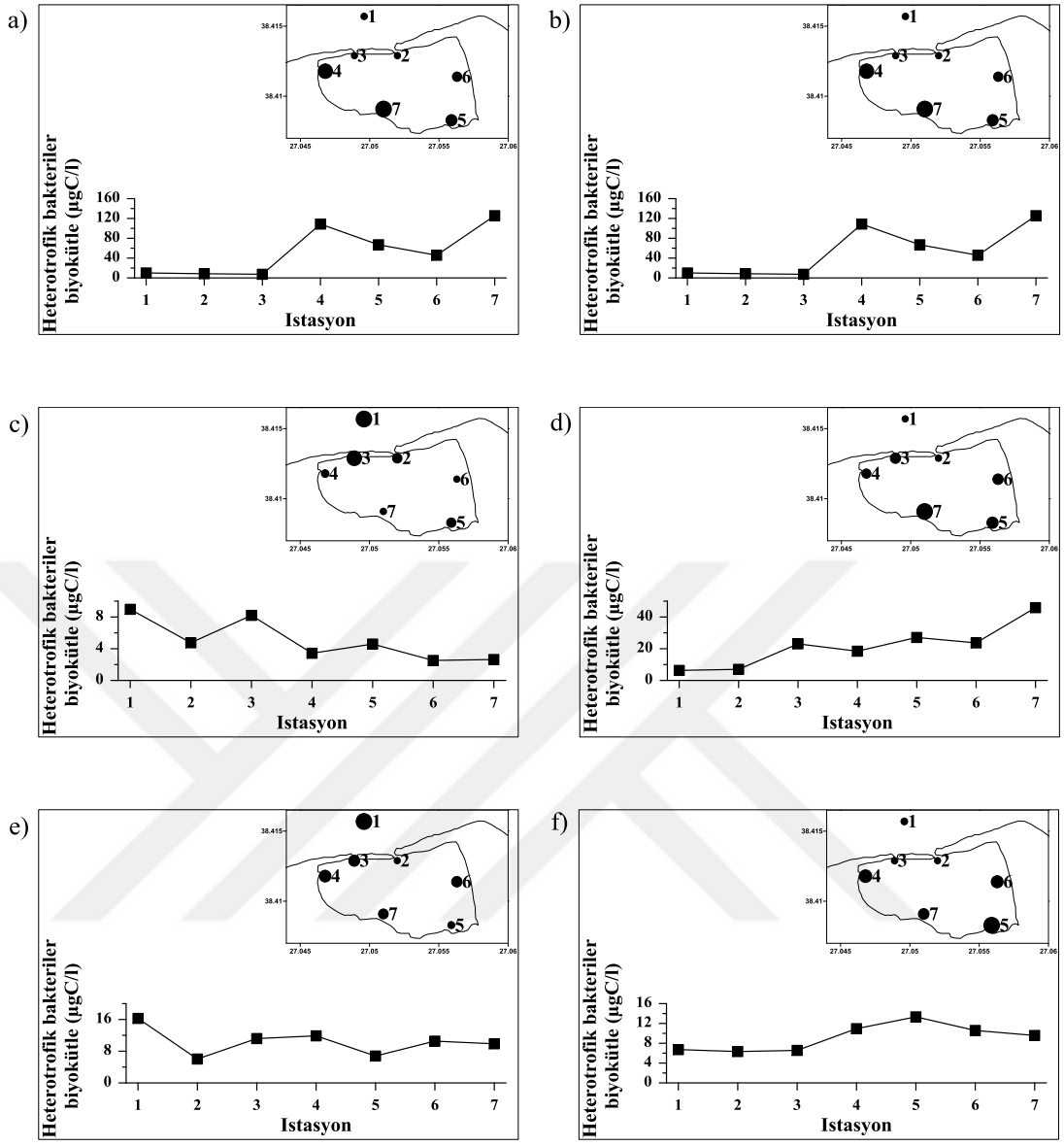
Şekil 3.52 Tüm istasyonlardaheterotrofik bakterilerin ortalama hücre sayısı değerlerinin zamana bağlı değişimleri



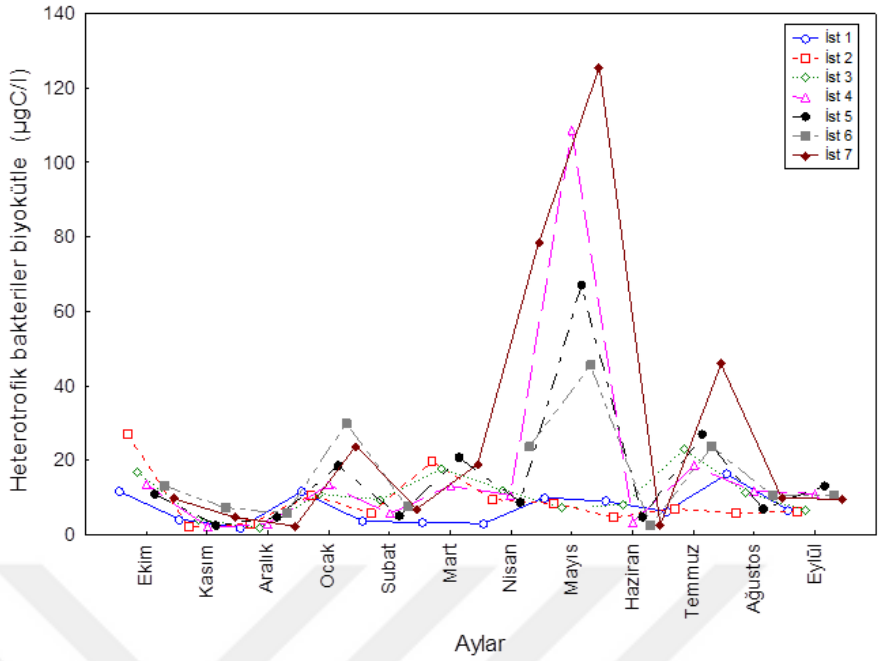
Şekil 3.53 Heterotrofik bakterilere ait hücre sayılarının aylara bağlı ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)



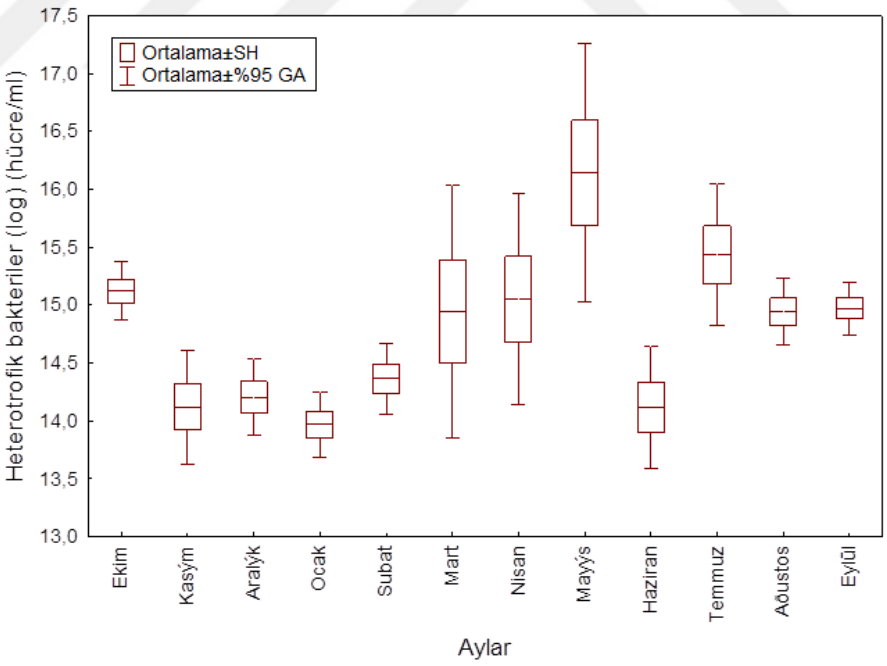
Şekil 3.54 Heterotrofik bakterilere ait biyokütle değerlerinin (-■-) aylık değişimleri; a) Ekim b) Kasım c) Aralık d) Ocak e) Şubat f) Mart



Şekil 3.55 Heterotrofik bakterilere ait biyokütle değerlerinin (-■-) aylık değişimleri; a) Nisan b) Mayıs c) Haziran d) Temmuz e) Ağustos f) Eylül



Şekil 3.56 Tüm istasyonlarda heterotrofik bakterilerin ortalamabiyokütle değerlerinin zamana bağlı değişimleri



Şekil 3.57 Heterotrofik bakterilerin biyokütlelerinin aylara bağlı ortalama değerleri, standart hataları (SH) ve %95 güvenirlik aralıkları (GA)

Tablo 3.1 Değişkenler arasında parametrik olmayan Spearman Rank Order korelasyon testi p <0.05(HBHS; Heterotrofik Bakteriler Hücre Sayısı; SBHS: Siyanobakteri Hücre Sayısı; HBB: Heterotrofik Bakteriler Biyokütle; SBB: Siyanobakteri Biyokütle

	Sıcaklık	Tuzluluk	Ç.O	o.PO4-P	(NO3+NO2)-N	NH_4-N	Klo.-a	$Si(OH)_4$	HBHS	SBHS	HBB	SBB
Sıcaklık	1,00											
Tuzluluk	0,33	1,00										
ÇO	-0,61	-0,32	1,00									
o.PO4-P	0,20	-0,02	-0,12	1,00								
(NO_3+NO_2)-N	-0,63	-0,41	0,37	-0,19	1,00							
NH_4-N	-0,49	-0,23	0,19	0,13	0,65	1,00						
Klo.-a	0,69	0,18	-0,54	0,02	-0,41	-0,29	1,00					
$Si(OH)_4$	-0,30	-0,38	0,23	-0,15	0,53	0,36	-0,09	1,00				
HBHS	0,48	-0,09	-0,22	0,12	-0,42	-0,25	0,44	-0,06	1,00			
SBHS	0,52	-0,09	-0,24	0,34	-0,34	-0,21	0,38	-0,03	0,70	1,00		
HBB	0,28	-0,17	-0,26	0,06	-0,15	-0,06	0,30	0,07	0,79	0,61	1,00	
SBB	0,57	0,03	-0,30	0,28	-0,37	-0,27	0,41	-0,07	0,71	0,98	0,61	1,00

Normalite testlerinin ardından değişkenlerin büyük bir kısmının normal dağılım göstermeyen ve varyansların homojen dağılmayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler arasındaki ilişkinin ortaya konulması amacı ile gerçekleştirilen parametrik olmayan Spearman Rank-Order korelasyonu testi p <0.05 sonucunda, yıl boyunca sıcaklık değerleri ile çözünmüş oksijen, nitirit- nitrat, amonyum, silisyum değerleri arasında ters korelasyon, tuzluluk, klorofil-a, *Synechococcus* ve heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyokütle değerleri arasında ise doğru korelasyon olduğu saptanmıştır.

Tuzluluk değeri ile çözünmüş oksijen, nitrit-nitrat, amonyum, silisyum ve sıcaklık değerleri arasında doğru korelasyon bulunmaktadır. Çözünmüş oksijen ile sıcaklık, tuzluluk, klorofil-a, *Synechococcus* bolluk ve biyokütle, heterotrofik bakterilerin biyokütle değerleri arasında ters bir korelasyon olduğu gözlemlenirken nitrit-nitrat ve silisyum değerleri ile arasında doğru doğru bir korelasyon bulunduğu gözlemlenmiştir. Klorofil-a değişkeninin değerleri çözünmüş oksijen, nitrit-nitrat ve amonyum değişkenleri ile ters korelasyon gösterirken, sıcaklık, *Synechococcus* ve heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ve biyokütle değerleri ile doğru korelasyon göstermektedir.

Kimyasal parametrelerden nitrit- nitrat değişkeni değerleri sıcaklık, tuzluluk, klorofil-a, çözünmüş, *Synechococcus* bolluk ve biyokütle, heterotrofik bakterilerin biyokütle değerleri ile ters bir korelasyon bulunurken, çözünmüş oksijen, amonyum ve silisyum değerleri arasında doğru korelasyon bulunmaktadır.

Amonyum değişkeni değerleri ise *Synechococcus* biyokütle değeri hariç olmak üzere nitrit-nitrat değişkeni ile aynı değişkenler arasında ters korelasyon nitrit-nitrat ve silisyum değişkenleri ile doğru korelasyon olduğu gözlemlenmiştir.

Silisyum değişkeni değerleri arasında tez çalışması konusunu oluşturan *Synechococcus* ve heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyokütle değişkenleri arasında herhangi bir korelasyon tespit edilmemiştir. Buna karşın sıcaklık ve tuzluluk ile ters korelasyon, çözünmüş oksijen, nitrit- nitrat ve amonyum değişkenleri arasında ise doğru korelasyon olduğu saptanmıştır.

Parametrik olmayan Spearman Rank-Order korelasyonu testi uygulanmasında biyolojik parametreler göz önünde bulundurulduğunda *Synechococcus* bolluk değerleri çözünmüş oksijen, nitrit-nitrat değerleri arasında ters korelasyon bulunurken, sıcaklık, orto fosfat, klorofil, heterotrofik bolluk ve biyokütle ile kendi biyokütle değerleri arasında doğru korelasyon bulunmuştur. Heterotrofik bakterilerin bolluk ile nitrit- nitrat, amonyum değişkenleri arasında ters bir korelasyon saptanırken, sıcaklıki klorofil-a *Synechococcus* bolluk ve biyokütle ile bakteri biyokütle değerleri arasında doğru orantı saptanmıştır.

Heterotrofik bakterilerin biyokütle değişkeni değeri ile yalnızca çözünmüş oksijen değişkeni arasında ters orantı gözlemlenirken, *Synechococcus* değişkeni ise ek olarak nitrit-nitrat ve amonyum değerleri arasında ters korelasyon olduğu gözlemlenmiştir. Heterotrofik bakterilerin biyokütle değişkeni ile arasında doğru korelasyon bulunan değişkenler sıcaklık, klorofil-a, *Synechococcus* bolluk ve biyokütle değişkeni ile heterotrofik bakterilerin hücre sayısı değişkeni olurken, *Synechococcus* biyokütle değişkeni ile heterotrofik bakterilerin ile farklı olarak orto fosfat ve heterotrofik bakterilerin biyokütle değeri arasında da doğru korelasyon olduğu saptanmıştır.

BÖLÜM DÖRT
TARTIŞMA

Ekolojik açıdan büyük önem taşıyan lagünler, özel ekosistemler olup birçok işlevsel görev üstlenmektedir. Deniz suyu ve tatlı su ortamları arasındaki ekolojik toplulukların geçiş bölgeleridir ve her iki sisteme ait özellikleri de taşırlar (Joyce ve ark., 2005; Gilabert, 2001).

Lagünlerde su sirkülasyonunu sağlayan, nehir akışı ve deniz seviyesindeki değişimlerdir. Bunlar lagünde fiziko kimyasal, kimyasal ve biyolojik parametrelerin dağılımına da etki eden döngülerdir. Lagünler gelgit etkisi, morfolojik etkenler, rüzgar, dalga, akıntı etkileri, buharlaşma ve tuzluluk etkisi ve kirlilik etkisi gibi faktörlerin yanı sıra (Sylaios ve Theocharis, 2002) dip taraması, kentleşme, arazi ıslahı, evsel, tarımsal ve endüstriyel deşarjlardan da etkilenmektedir. Bu etkiler lagündeki ekolojik dengenin değişimine ve sistemin dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır (Kırdağlı, 1999). Doldurulma tehdidiyle karşı karşıya kalan Çakalburnu Dalyanı'ında önceki yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda alanın büyüklüğü 150 hektar olarak belirtilirken (Benli, 1998; Civaş, 2001), 2014 yılında yapılan hesaplamalar sonucu yüzey alanının 64 hektar olduğu görülmektedir. Ayrıca kirlilik sebebi ile alanda gerçekleştirilen balıkçılık faaliyetlerine son verilmiştir ve alan dalyan niteliğini kaybetmiştir. Alanda bulunan iki farklı noktadan yapılan deşarjların nitelikleri (evsel, tarımsal, nehir) bilinmemektedir. Ayrıca bölge yaz aylarında yoğun insan aktivitesine maruz kalmaktadır.

Lagünler biyolojik aktivite açısından oldukça verimli, doğal zenginlik kaynaklarıdır. Fakat bu alanlar çevresel değişimlerden etkilenen kırılgan ekosistemlerdir. Koruma altında ve yaşamı tehlikede olan birçok bitki ve hayvan türü için temel yaşam alanıdır. İzmir Kuş Cenneti'ndeki bütün su kuşlarının İzmir Körfezi güney bölgesinde sığındığı ve barındığı tek yaşam ortamı Çakalburnu Dalyanı'dır. Tüm bu sebeplerden dolayı lagüner ekosistemdeki değişimleri saptamak amacıyla bu alanlarda fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan periyodik takipler yapılması gerekmektedir. Mikroorganizmalar çevresel etkenlerden dolayı oluşan değişikliklere

karşı oldukça hassastır ve çevresel etkilerin ekosistem işleyişi üzerindeki etkisini belirlemek için yaygın olarak kullanılırlar (Gazihan Akoğlu, 2011).

Yapılan çalışmada Çakalburnu Dalyanı'nda siyanobakter *Synecococcus* ve heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyokütlesindeki değişimleri alanda gerçekleştirilen aylık örneklemeler ile incelenmiş, fiziksel ve kimyasal parametreler ile olan ilişkileri irdelenmiştir.

Belirlenen örnekleme noktalarında gerçekleştirilen ölçümlerde su sıcaklığına ait en düşük değer Aralık ayında 1. istasyonda 8,2 °C ve en yüksek değer Temmuz ayında 7. istasyonda 29,9 °C olmuştur. Yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 19,1 °C' olarak saptanmıştır. Yıl içerisinde en düşük su sıcaklığı değerinin ölçüldüğü istasyon 1. istasyon lagünün dışında İzmir Körfezi'ni temsil etmesi amacıyla belirlenen örnekleme noktasında tespit edilmiştir. En yüksek değerin kaydedildiği 7. istasyon ise deşarj bölgesinin bulunduğu istasyondur. İstasyonlar arasında yıllık ortalama su sıcaklıklarına bakıldığında ise en düşük değer 18,5 ^{o}C ile 3. istasyondayken (lagünün denizle bağlantı noktası), en yüksek değer 7. istasyonda 19,90 ^{o}C olmuştur. Genel olarak lagüner ekosistemin içerisinde yer alan noktaların, bağlantı noktaları ve referans noktasından daha yüksek su sıcaklığı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Can (2003) Çakalburnu'nda gerçekleştirdiği çalışmada en düşük su sıcaklığının Ocak ayında 8 ^{o}C ve en yüksek değerin ise Ağustos ayında 28,5 ^{o}C olduğunu bildirmiştir. Bulunan değerler Can (2003) tarafından gerçekleştirilen çalışma ile benzerlik göstermektedir. Türkiye'nin farklı bölgelerinde yer alan lagüner ekosistemlerde gerçekleştirilen ortalama su sıcaklığı ölçümlerinde (Buhan ve ark., 1998), Köyceğiz Lagünü'nde 19,60°C, (Çevik ve ark., 2008), Akyatan Lagünü'nde 22,61°C, (Alparslan, 2013), Güllük Lagünü'nde 19,01°C, olarak tespit etmişlerdir. Sıcaklık, kimyasal ve biyolojik süreçlerde önemli bir rol oynar. Organik ve inorganik maddenin parçalanma hızları sıcaklığın etkisiyle artar (Lopes ve ark., 2005). Sıcaklık artışıyla paralel olarak canlıların biyolojik ve fizyolojik aktivitesi de artar. Canlıların büyüme ve üreme hızı, suyun sıcaklığına bağlı olarak değişim gösterir. Su sıcaklığı; iklim ve atmosfer şartları, deniz seviyesinden yükseklik, akıntı hızı, mevcut su yatağının yapısı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir (Barlas ve Kiriş, 2004). Kahyalar (2007) yaptığı çalışmada elde edilen sonuçların ve daha

önceki yıllarda yapılan çalışmaların sonuçları dikkate alındığında sıcaklığın *Synechococcus* dinamiğinde oldukça önemli yer tuttuğunu belirtmiştir. Uysal ve Köksalan (2006) tarafından Mersin Körfezi'nde gerçekleştirilen çalışmada da sıcaklığın artışıyla birlikte *Synechococcus* yoğunluğunun arttığı belirtilmektedir. Sıcaklık ile bakteriyel üretim arasında güçlü pozitif korelasyon bulunmaktadır (Shiah ve Ducklow, 1994a; Shiah ve Ducklow, 1994b). Mevsimsel açıdan özellikle yaz ve kış aylarında sıcaklığın bakteriyel üretim üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmektedir (Hoch and Kirchman, 1993; Shiah and Ducklow, 1995). Bakterilerin sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde otlama baskısı altında olduğu da belirtilmektedir (Christaki, ve ark., 2001). Gerçekleştirilen bu çalışmada *Synechococcus* ve heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyokütle değerleri su sıcaklığı değerlerinin artışına paralel olarak artış göstermiştir. Fakat sıcaklık tek başına bakteriyel üretimi etkileyen bir faktör değildir. Diğer fiziksel ve kimyasal parametreler hücre konsantrasyonunu etkileyen faktörler olabilir.

Lagünlerde tuzluluk değişimleri, biyolojik toplulukların zamansal ve alansal dağılım desenini etkilemektedir. Bu nedenle tuzluluk, lagünlerde organizmalar üzerinde etkisi olan ve lagünün farklı bölgelerinde su kalitesinin belirlenmesine izin veren en önemli fiziksel parametredir (Oliveira, 1993; Vega-Cendejas ve Hernandez De Santillana, 2004; Lopes, 2005). Sulardaki tuzluluk akuatik ortamdaki kayalar, yağışlar ve buharlaşma gibi çeşitli faktörlerin etkisi altındadır (Atay ve Pulatsü, 2000; Cirik ve Cirik, 2005).

Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada lagüner ekosistemde yüzey suyu yıllık ortalama tuzluluk değeri 36,4 psu'dur. Tüm örnekleme noktaları arasında en yüksek ortalama tuzluluk değeri ise 1. istasyonda 37,9 psu olurken, en düşük değer ise 7. istasyonda 34,5 psu olmuştur. 7. istasyondaki düşük tuzluluk değerlerinin sebebi olarak yakınında bulunan deşarj bölgesi ve yeterli su sirkülasyonuna sahip olmayışının neden olabileceği düşünülmektedir. Alparslan (2013) Güllük lagününde gerçekleştirdiği çalışmada yıllık ortalama tuzluluk değerini ‰ 38,25 olarak belirtirken, Buhan ve ark., (1998), Köyceğiz lagünündeki çalışmalarında ortalama tuzluluk değerini ‰9,10, Çevik ve ark, (2008), Akyatan Lagünü'nde ‰54,40 olarak belirtmiştir. Lagüner alanların büyüklüğü, derinliği, gelgit değişimleri, tatlı su girişi

ve iklim şartları farklılık göstermektedir (Vega-Cendejas ve Hernandez De Santillana, 2004). Serdar ve ark., (2007) Homa Lagünü'nde gerçekleştirdikleri çalışmada ise en düşük tuzluluk değeri 38 psu ve en yüksek tuzluluk değerlerini ise 43 psu olarak saptamışlardır. Egemen ve ark., (1999), Güllük lagününde yapmış oldukları çalışmada tuzluluk değerlerinin en düşük ‰7,48 ve en yüksek ‰16,48 olduğunu saptamışlar, alanda (Alparslan, 2013) yaptığı çalışmada ise en düşük tuzluluk değerini ‰3,97 ve en yüksek ‰12,82 olarak saptamıştır. Lagünde belirlenen istasyonlarda yıl içerisinde en düşük tuzluluk değeri ise Nisan ayında 7. istasyonda 13,3 psu olarak kaydedilmiştir. Tuzluluğun bu denli düşük olmasının sebebinin örnekleme noktasının deşarj noktasında bulunmasında kaynaklanabileceği ve ayrıca yağışların tuzluluğun düşüşüne sebep olabileceği düşünülmektedir. Lagünde en yüksek tuzluluk değeri ise Ağustos ayında 4. istasyonda 40,2 psu olarak kaydedilmiştir.

Çözünmüş oksijen sucul yaşam için, hayati öneme sahip bir bileşendir. Ayrıca biyokimyasal dönüşümler için de gereklidir. Çözünmüş oksijen yoğunlaşması, sudaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik aktivitelere bağlıdır ve ölçümü, su kalitesinin iyi bir göstergesini sağlar. Lagün suyunda oksijen kaynakları; atmosferle temas, rüzgârın sağladığı dalga ve akıntılar, drenaj kanallarından gelen su ve deniz suyu gibi oksijence zengin başka su kaynaklarının su ortamına katılması ve fitoplanktonun fotosentezle ürettikleri oksijen olarak sıralanabilir. Suda bulunan çözünmüş oksijen, fitoplankton dâhil sudaki organizmaların solunumları, nitrifikasyon, sıcaklığın artışıyla oluşan buharlaşma, su kirliliği, organik madde çürümesi ve hava ile temas sonucunda suyun oksijen kaybetmesi atmosfere dağılımı ile tükenir (Özakkoyunlu, 2007).

Çakalburnu'nda yapılan bu çalışmada yıllık ortalama çözünmüş oksijen değeri 8,09 mg/l olarak belirlenmiştir. İstasyonlar arasında tüm örnekleme dönemlerine ait en yüksek ortalama çözünmüş oksijen değeri 7. istasyonda 9,19 mg/l olarak tespit edilirken, en düşük değere sahip istasyon 6,9 mg/l değeri ile 4. istasyon olmuştur. En düşük ortalama değerin saptandığı 4. istasyonun yakınında yer alan işletmenin girdilerinin, örnekleme noktasında tüm örnekleme dönemlerinde gözlemlenen kirliliğin düşük oksijen değerleri üzerinde etkisi olduğu düşünülmektedir.

Lagünlerde yapılan diğer çalışmalara bakıldığında Alparslan (2013) Güllük Lagününü üç farklı bölgeye ayırarak gerçekleştirdiği çalışmada istasyonlarda ölçülen çözünmüş oksijen yıllık ortalama değerleri 7,89, 9,27, 7,57 mg/l, Çevik ve ark., (2008), Tuzla Lagününde 7,11 mg/l, Akyatan Lagününde 6,83 mg/l, Buhan ve ark.(1998), Köyceğiz Lagününde 9,0 mg/l, Serdar ve ark., (2007) Sofa Lagününde 8,8- 11,2 mg/l olarak ölçmüşlerdir. Barlas ve ark., (2001) yaptıkları çalışmada yıllık ortalama çözünmüş oksijeni 0,5 mg/l olarak bulmuşlardır. Can, (2003), Çakalburnu lagününde gerçekleştirdiği çalışmada en düşük oksijen seviyesini 1 mg/l olarak ölçmüştür. Gerçekleştirilen çalışmada ise yıl içerisinde en düşük çözünmüş oksijen seviyesi Temmuz ayında 0,30 mg/l olarak tespit edilmiştir. Bu değer SKKY (2004) standartlarında yüzeysel sularında çözünmüş oksijen miktarı için belirlenen alt sınır değeri olan 5 mg/l'nin altındadır. Çözünmüş oksijen değerinin 4 mg/l değerinin altına düşmesi ile hipoksiyaya (oksijen yetmezliğine) neden olur ve bu balık ölümlerinin baş nedenidir. Çözünmüş oksijen değerinin düşmesinin sebebi ise Hepsağ (2003) belirttiği gibi artan su sıcaklığı ile birlikte kimyasal reaksiyonların hızlanması, hızlı alg üremesi ve besin elementlerinin artışı ile gerçekleşen ötrifikasyon ve aşırı oksijen doygunluğuna ulaşan ortamın daha sonra bitkilerin ölmelerine bağlı olarak çözünmüş oksijen miktarında hızlı bir düşüşe neden olmasıdır. Çalışmanın gerçekleştirildiği lagüner ekosistemde en düşük oksijen seviyesinin (0,30 mg/l) ölçüldüğü Temmuz ayında 5. istasyonda klorofil-a değeri de (68,66µg/l) yıl içerisindeki en yüksek değerine ulaşmıştır. Bu değerler alanda gerçekleşen alg patlaması sonrasında (post-bloom) evresindeki klorofil-a değerleri olabileceği ve alg patlaması sırasında yükselen değerlerin, patlama sonrasındaki evrede düşüşü ile sonuçlandığını göstermektedir. Alg patlaması ardından yaşanan oksijen değerlerindeki düşüş ekosistemin dengesinin bozulmasına alanda balık ve yengeç ölümlerine neden olmuştur.

Lagünde en yüksek oksijen değeri ise Kasım ayında 6. istasyonda 18,82 mg/l olarak tespit edilmiştir. Yukarıda belirtilen diğer çalışmalarda da oksijen değerinin en yüksek kış aylarında tespit edildiği belirtilmiştir.

Klorofil-a fitoplanktonların toplam biyokütlesinin basit bir ölçüsü olarak kullanılan bir parametredir. Alan klorofil-a açısından değerlendirildiğinde yıllık

ortalama klorofil-a değeri 9,46 µg/l olarak belirlenmiştir. Yıl içerisinde en düşük klorofil-a değeri Ocak ayında 2. istasyonda 0,27 µg/l iken, en yüksek Temmuz ayında 5. istasyonda 68,66 µg l^{-1} olarak tespit edilmiştir. Ayrıca parametrik olmayan Sperman Rank Order kolerasyon testi sonucunda klorofil-a değerinin, çözünmüş oksijen değeri ile negatif korelasyon gösterdiği saptanmıştır.

Tablo 4.1 Kimyasal parametrelere ait diğer çalışmalar

	$(NO_3$- $NO_2)$ - N	NH_4-N	o.PO_4	Si $(OH)_4$	Kaynak
Çakalburnu Lagünü (µM)	0,06-339,5	0,08-87,63	0,07-7,86	2,54-77,3	Bu çalışma
Çakalburnu Lagünü (µM)	0,2-258,6	3,01-33,9	0,4-52	0,19-6,09	Can (2001)
Homa Lagünü (mg/l)	0,74-6,88	2,53-62,58	0,18-3,14	0,15-1,76	Egemen ve ark. (1999)
Güllük Lagünü (mg/l)		0,09-2,47	1,99		Alparslan (2013)
İzmir Körfezi (µM)	0,10–18	0,10–33	0,01–9,8	0,87–8,8	Küçüksezgin (2009)

NO_3+NO_2, PO_4, NH_4 ve Si birincil üretimi etkileyen ya da birincil üretimden etkilenen besin elementleridir (James, 2004).

Bu besin elementlerinden azot canlıların en önemli bileşeni olan proteinlerin yapısına katıldığı için temel besin elementlerdendir. Azot doğal sularda çözünmüş gaz halinde, çözünmüş veya asılı organik bileşik ve mineral olarak bulunabilir. Bu azot şekillerinden sadece mineral halde olanlar sudaki ototrof canlılar tarafından besleyici element olarak kullanılır. Mineral azotun amonyum (NH4), nitrit (NO_2) ve nitrat (NO_3) olmak üzere üç formu bulunmaktadır (Özakkoyunlu, 2007). Nitrat çoğu fotosentetik ototroflar için temel bir nutrienttir (APHA, 1998). Nitrat bakteriyel nitrifikasyonun bir yan ürünü olarak ortama dahil olur (Giritlioğlu, 1975). Organik kirlenmenin yoğun olduğu ve aşırı yağışların görüldüğü dönemlerde nitrat miktarının önemli ölçüde arttığı bilinmektedir. Yağmur sularının tarım arazilerini yıkaması sonrasında suda kolayca çözünen nitrat, doğal su ortamına karışır. Sulak alanlar bitkilerin özellikle nitrifikasyon ve denitrifikasyon işlemlerini yürüten bakteriyel metabolizma sayesinde azotun ortamdan azaltılmasında oldukça etkilidir.

Nitrit, amonyumun oksitlenmesi reaksiyonunda, amonyağın yükseltgenmesi ya da nitratın indirgenmesinden meydana gelen bir ara üründür. Proteinli bazı organik

maddelerin biyolojik olarak bozunmasından da nitrit meydana gelir. Doğal sularda konsantrasyonu düşük olmasına rağmen organik kirlenmenin olduğu, oksijen içeriğinin düşük olduğu, çevresel ve endüstriyel atık su deşarjının olduğu yerlerde yüksek miktardadır (Giritlioğlu, 1975). Dolayısıyla sularda nitrit miktarının yüksek olması suların kirlenmiş olduğunun göstergesidir (Egemen ve Sunlu, 1996).

Sudaki amonyum miktarı organik maddenin bozunması, organik gübre kullanımı, evsel ve endüstriyel kirlenme sonucunda ortaya çıkar. Deoksidasyon olayıyla nitratın nitrite, nitritin de amonyuma dönüşmesi sudaki amonyum miktarını artırıcı yönde etki yapar (Özakkoyunlu, 2007). NH_4 su yüzeyinde yoğun olarak bulunur ve planktonik azot fikse eden organizmalar tarafından kullanılır (özellikle *Synechococcus*). Heterotrofik bakteriler ise organik azotu okside ederek NH_4 formuna çevirir, nitrifikasyon bakterileri ise ile NO_3 ve NO_2 ye çevrimini gerçekleştirir. Bu reaksiyon oksijen tüketimine neden olur (James, 2005).

Çakalburnu Dalyanı'ında gerçekleştirilen tez çalışmasında azot formları nitrat-nitrit azotu (NO_3+NO_2)-N ve amonyum azotu (NH_4-N) olarak değerlendirilmiştir. Yıl bazında nitrat- nitrit azotu ortalama değerinin 19,08 µM olduğu görülmektedir. En düşük nitrat-nitrit azotu Mayıs ayında 5. istasyonda 0,06 µM olarak saptanırken, en yüksek değer Şubat ayında 4. istasyonda 339,56 µM olarak tespit edilmiştir. Nitrat-nitrit azotu değerinin Şubat ayında bu denli yüksek olmasının sebebi olarak düşük sıcaklık değeri, yağışlar ve ölçüm gerçekleştirilen istasyonun yakınında bulunan deşarj noktası gösterilebilir. Ayrıca 4. örnekleme noktası, istasyonlar arasında en yüksek ortalama değere (67,85 µM) sahip olan istasyondur. Can, (2003) Çakalburnu lagününde yaptığı çalışmada en yüksek nitrat+ nitrit azotu değerini yağışların yoğun olduğu dönemde 250 µM olarak tespit edildiğini bildirmiş yağışlar ve rekreasyon alanının konsantrasyonu etkileyen başlıca faktörler olabileceğini belirtmiştir. Demir, (2008) yılında Akyatan lagününde gerçekleştirdiği çalışmada ise nitrit ve nitrat parametrelerini ayrı olarak değerlendirmiş ve her iki değerinde kış aylarında ve yağışların yoğun olduğu dönemlerde nitrit, 6,40 mg/l ve nitrat 4,929 mg/l olarak saptadığını belirtmiştir. Ayrıca nitrit ve nitrat değerlerinin yüksek olduğu örnekleme istasyonunun lagünün deniz etkisinde uzak olan noktasal olmayan kaynaklardan yağış, tarla içi sulama ve drenaj kanalları gibi çeşitli etkenlerle lagüne

sızan azotlu organik maddelerin sebep olabileceğini belirtmiştir. Türkiye'deki en fazla çalışma yapılan lagüner ekosistemlerden olan Güllük lagününde yapılan çalışmaların sonucuna bakıldığında ise Egemen ve ark., (1999), nitrit azotu için en düşük Ağustos ayında 0,001 mg/l, en yüksek Mart ayında 0,205 mg/l ölçerken, nitrat değerleri için en düşük Ocak ayında 0,049 mg/l , en yüksek olarak Mart ayında 3,85 mg/l olduğu görülmektedir. Alparslan, (2013) alanda gerçekleştirdiği çalışmada ise nitrit değişkeninin Haziran ve Temmuz aylarında ölçülemediğini, en yüksek değerin ise 0,78 mg/l olduğunu belirtirken, nitrat değerinin en düşük 1,01 mg/l, en yüksek 22,08 mg/l olduğu görülmektedir. Değerlerin Egemen ve ark., (1999) yılındaki çalışmasında farklı bulunmasının nedeni olarak ise yıllar bazında çevresel faaliyetlerin (Günlük tur tekneleri, ikincil konutlar, turizm, liman taşımacılığı vb.) artışının etkisi olduğu düşünülebileceğini belirtmektedir. Gerçekleştirilen değişkenler arası parametrik olmayan Nitrat+nitrit azotu değerinin en düşük değerinin sebebinin ise yükselen sıcaklık ve bakteri faaliyetlerinin etkisi olduğu düşünülmektedir. Demir, (2008) nitrit değişkenin en düşük seviyede ölçüldüğü (0,003 mg/l) Ağustos ayında sıcaklığın ve bakteri faaliyetlerinin etkisi olabileceğini belirtmiştir. Nitrat değerinin düşüşüne ise sıcaklık artışı ile birlikte azalan çözünmüş oksijen seviyesinin neden olabileceği düşünülmektedir. Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında Sperkman korelasyon testi sonucunda nitrat+nitrit değerinin sıcaklık ve *Synechococcus* bolluk ve biyokütle değerleri ile ters bir korelasyona, çözünmüş oksijen değişkeni ile ise doğru bir korelasyona sahip olduğu görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada NH_4-N ortalama yıllık değeri 8,25 µM olurken, en düşük NH_4-N değeri Mayıs 1. istasyonda 0,08 µM en yüksek değeri ise Mart ayında 5. istasyonda 87,63 µM olarak ölçülmüştür. Lagünün denize bağlandığı iki kanalda yer alan örnekleme noktaları (2. ve 3.) ve lagünün dışarısında bulunan 1. istasyonda yıllık ortalama amonyum azotu değerleri alanın içindeki örnekleme noktalarına kıyasla çok daha düşük değerlere sahiptir. Alparslan, (2013) Güllük lagünündeki çalışmasında en düşük ve en yüksek amonyum değerini 0,09-2,47 mg/l olarak bildirmiştir. Demir, (2008) yılında Akyatan lagününde gerçekleştirdiği çalışmada ise en düşük ve en yüksek amonyum değerlerini 0,2-4,2 mg/l olarak saptamıştır. Her iki çalışmada belirtilen en yüksek amonyum değeri ile gerçekleştirilen çalışmada ölçülen amonyum değerleri arasındaki fark dikkat çekmektedir.

Planktonik organizmaların kullandığı fosfat formu orto fosfattır ($o.PO_4$-P). Ayrıca fosfat planktonik organizmaları sınırlayıcı element olarak bilinmektedir. Lagünlerde fosfatın potansiyel kaynakları, gelgit akışı, yağış miktarı, su ve yeraltı suyu akışı, lagün içerisinde azotun tespit edilmesini ve fosforun tekrar mineralize edilmesini kapsar. Daha sonraki iki kaynak, lagün ve kıyı suyuna nütrientin taşınmış önemli yükleri; bitişik su havzasında ziraat ve kentleşmenin gelişimi ile olumsuz yönde etkilenebilir (Sylaios ve Theocharis, 2002).

Gerçekleştirilen bu çalışmada $o.PO_4$-P yıllık ortalama değeri 1,65 µM'dür. Yıl boyunca en düşük $o.PO_4$-P değeri Mart ayında 3. istasyonda 0,07 µM, en yüksek değer ise Temmuz ayında 5. istasyonda 7,86 µM olarak ölçülmüştür. İstasyonlardaki yıllık ortalama amonyum azotu değerlerine bakıldığında en yüksek değerin 5. istasyonda 2,11 µM olduğu görülmektedir. En düşük değere sahip nokta ise 7. istasyon (1,14 µM) olmuştur. Can, (2003) yılında Çakalburnu Dalyanı'ndaki çalışmasında en düşük orto fosfat değerini 0,4 µM olarak belirtirken, en yüksek değer 52 µM'dir. Egemen ve ark., (1999) Homa Lagününde en düşük ve en yüksek orto fosfat değerlerini 0,18-3,14 mg/l olarak saptamışlardır. Egemen ve ark., (1999) Güllük lagünündeki çalışmalarında ise orto fosfat değerlerinin 0,005-0,07mg/l olduğu görülmektedir. Aynı lagünde Alparslan, (2013) ise fosfat değerlerini 0,06-1,99 mg/l olarak bildirmiştir.

Silikat yıllık ortalama değeri 15,25 µM olmuştur. Yıl içerisinde en düşük Silikat değeri Şubat ayında 1. istasyonda 2,54 olurken, en yüksek değer Ocak ayında 4. istasyonda 77,33 µM olarak kaydedilmiştir. Silikat değerleri arasındaki geniş değer aralığının fitoplankton bloomlarının etkisinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Mihnea, 1987). Ayrıca silikat konsantrasyon seviyesi yoğun diatom bloomları sonrasında azalırken, nehir girdileri ve yağışlı dönemlerde tekrar artış göstermektedir (Ivanov, 1985; Bolga, 1986). Can, (2003) Çakalburnu'nda gerçekleştirdiği çalışmada silikat değerlerinin 0,3-192,3 µM arasında değişim gösterdiğini bildirmektedir. Egemen ve ark., (1999) Homa ve Güllük lagünlerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarda ise silikat değer aralığı sırasıyla; 0,15-1,76 ve 0,19-6,09 mg/l'dir. Gerçekleştirilen bu çalışmanın reaktif silikat değerleri, alanda 2001-2002 yılları arasında Can, (2003) gerçekleştirdiği çalışmasındaki değerlerden daha

düşük olduğu görülürken, Türkiye'nin değişik lagünlerinde gerçekleştirilen çalışmalardaki değerlerden çok daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çakalburnu Dalyanı'ında Ekim 2014- Eylül 2015 tarihleri arasında aylık örneklemeler ile gerçekleştirilen tez çalışmasında biyolojik parametrelerden *Synechococcus* bolluk değerlerinin yıl içerisindeki değişimlerine bakıldığında; 7x 10^2-1,9x10^4 hücre/ml arasında değişim gösterdiği görülmektedir. En düşük hücre sayısı değeri Ocak ayında 2. örnekleme noktasında tespit edilirken, en yüksek hücre sayısı değeri ise Ekim ayında 4. örnekleme noktasında saptanmıştır. Ayrıca 4. istasyon, örnekleme noktaları arasında en yüksek yıllık ortalama hücre sayısına (3x10^4) sahip olan istasyondur.

Ötrofik kıyı sularında, pikoplankton belirli mevsimlerde ve koşullarda yüksek bolluk ve biyokütle ile önemli bir rol oynayabilir (Gaulke ve ark., 2010; Murrell ve Lores., 2004). S*ynechococcus* bolluğundaki azalmanın sebeplerinden birisinin kış dönemindeki düşük sıcaklık olabiliceği (Oguz ve ark., 1992) gerçekleştirdiği çalışmada belirtilmiştir. Ayrıca Agawin ve ark., 1998; Raven, 1986 kış aylarında yüksek değerlere ulaşan fitoplanktonun (birincil üretimde rol alan organizmalar), yaz aylarında otlama baskısı ile yoğunluğunun azaldığı ve kış döneminde azalan ototrofik pikoplanktonun ortamda baskın olduğu saptamıştır. Uysal ve Köksalan (2006) gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda *Synechococcus* hücre sayısının yaz ve sonbahar aylarında yüksek, ilkbahar ve kış aylarında ise düşük olduğunu belirtmişlerdir. Lagüner ekosistemde gerçekleştirilen bu çalışmada *Synechococcus* bolluğunun gerçekleştirilen birçok çalışma ile benzer olarak kış aylarında yoğunluğunun azalmış, sıcaklığın artışı ile paralel olarak hücre sayısı yaz aylarında artmış ve sonbaharda en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Ayrıca *Synechococcus* hücre sayısının düşük olduğu kış aylarında, birincil üretimi belirlemek amacıyla ölçümlenen (klorofil-a) değerlerinin yüksek olduğu gözlemlenmektedir.

Agawin ve ark., (1998) Akdeniz'de (Blanes Körfezi) yaptıkları çalışmada yüzey sularında *Synechococcus* en düşük hücre sayısını 5x10^5 hücre/ml olarak rapor ederken en yüksek hücre sayısını 7x10^7 olarak bulmuşlardır. Atlantik subtropikal döngülerinde Zubkov ve ark.,(2000a) tarafından yapılan çalışmada *Synechococcus*

hücre sayısının 0,3-30x10^6 hücre/ml değerleri arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Uysal, (2001) Karadeniz'de gerçekleştirdiği çalışmada yüzey sularında siyanobakteri *Synechococcus* hücre sayısını 2.7x10^7 hücre/ml olarak bildirmiştir. Uysal, (2001) Batum da gerçekleştirdiği çalışmada ise yüzey sularında en yüksek hücre sayısını 1.25x10^8 hücre/ml olarak saptamıştır.

Çakalburnu lagüner ekosisteminde bir yıl boyunca devam eden çalışmada örneklemeler her ay aynı saat dilimi içerisinde (09:00-12:00) gerçekleştirilmiştir. Uysal'da (2001) gerçekleştidiği çalışmada *Synechococcus* hücrelerinin gece yarısından başlayarak öğle saatlerine kadar otlama baskısı altında olduğunu, hücre bölünmelerinin öğleden sonra ve akşam saatlerinde gerçekleştiğini ve *Synechococcus* popülasyonun kendini yenilediğini saptamıştır. Çalışmalarda örneklemenin yapıldığı saatin hücre boyutu (bölünme öncesi ve bölünme sonrası büyüklük farkı) üzerinde önemli bir etkisi vardır (Sherry ve Uysal, 2001). Kurt, (2002) Doğu Karadeniz kıyısal bölgesinde yaptığı çalışmada *Synechococcus* hücre sayısını 0.1x10^6- 33x10^7 hücre/ml aralığında değişim gösterdiğini tespit etmiştir. Karadenizde gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise Feyzioğlu ve ark., (2004) *Synechococcus* hücre sayısını yüzeyde 0.12-3.7x10^6 arasında değişim gösterdiği belirtmiştir. Karadeniz, Marmara, Ege Denizi ve Akdeniz'de Uysal, (2006) tarafından yapılan çalışmada *Synechococcus*'un farklı denizlerdeki dikey dağılımı incelemiştir. 1994-1996 ve 2001 yıllarında gerçekleştirilen çalışmada Karadeniz yüzey suyu *Synechococcus* hücre sayısı en düşük ve en yüksek 9x10^2 – 1,45x10^5 hücre/ml olarak saptanmıştır.

Ege Denizi ortalama *Synechococcus* hücre sayısı ise 1,8x10^4 hücre/ml olmuştur. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada ise *Synechococcus* yıllık ortalama hücre sayısı 5,3x10^4 hücre/ml olmuştur. Parametrik olmayan Spearman Rank-Order korelasyonu testinde *Synechococcus* bolluk değerlerinin çözünmüş oksijen, nitrat-nitrit azotu değerleri arasında negatif korelasyon bulunurken, sıcaklık, orto fosfat, klorofil ile pozitif korelasyon bulunmuştur. Uysal ve Köksalan, (2006) Mersin Körfezinde gerçekleştirdikleri çalışmada *Synechococcus* hücre sayısının yüzey sularında haftalık değişimlerini incelemişlerdir. Çalışmada *Synechococcus* hücre sayısının 6.4x10^3-1.5x10^5 hücre/ml arasında değişim gösterdiği belirtilmektedir. Kıyısal sularında sıcaklık, nütrient yoğunluğu, tuzluluk değişkenlerinin *Synechococcus* hücre sayısı

etkili olduğunu belirlemişlerdir. İyon Denizinde fizikokimyasal faktörler ile pikoplankton dağılım ve hücre sayısı üzerine etkilerini araştırmak amacıyla Caroppo ve ark., (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışmada pikoplankton en yüksek hücre sayısına sonbaharda $45{,}2x10^3$ hücre /ml ulaşmıştır. Bir yıl boyunca gerçekleştirilen çalışmada pikoplanktonun dağılım ve hücre sayısının mevsimsel değişiminin sıcaklık ve azotlu ile önemli ölçüde ilişkili olduğu belirtilmiştir. *Synechococcus* hücre döngüsü üzerine fosfatın etkisini belirlemek amacı ile Vaulot ve ark., (1996), Akdeniz'de gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda araştırıcılar *Synechococcus* hücrelerinin yaz döneminde fosfat değeri ile sınırlandıklarını rapor etmişlerdir. *Synechococcus* hücre sayısının mevsimsel olarak değişimini belirlemek amacıyla Alonso ve ark. (2005) tarafından Palma Körfezi ve Mayarka Adasında yapılan çalışmada *Synechococcus* hücre sayısının yaz aylarında maksimum hücre sayısına ulaştığını ve nutrient oranındaki azalma ile birlikte *Synechococcus* hücre sayısının da azaldığını belirtmektedirler. *Synechococcus* yoğunluğunun otalama baskısı dışında, fiziksel ve kimyasal faktörlerden oldukça etkilendiği bulunmuştur.

Kahyalar, (2007) İskenderun Körfezi'nde (Yumurtalık- Su Gözü kıyı hattı) pikoplanktonik *Synechococcus* bolluk ve biyokütlesinin mevsimsel değişimini incelediği çalışmasında *Synechococcus* hücre yoğunluğunu 1,2-37,4x 10^4 olarak saptamıştır. Bayındırlı, (2007) Kuzeydoğu Akdenizde (Kilikya Baseni) yıl boyunca *Synechococcus* hücre yoğunluğunu ve biyokütlesini aylık olarak incelediği çalışmada en düşük hücre yoğunluğunu $2{,}73x10^6$ hücre/ml ve en yüksek $8{,}01x10^6$ olarak belirtmiştir. Gazihan Akoğlu, (2011) Mersin Körfezi'nde gerçekleştrdiği çalışmasında yüzey sularında *Synechococcus* bolluk değerlerinin $1{,}2x10^3$- $1{,}2x10^6$ arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Bec ve ark., (2011) Fransa kıyılarındaki yirmi dört farklı kıyısal lagünde gerçekleştirdikleri çalışmada fikoeritrin açısından zengin pikosiyanobakteri bolluk değerleri tüm lagünlerde 10^3- 10^8 hücre/ml arasında değişim göstermektedir. En yüksek bolluk değerleri Diana, Urbino, Salses-Leucate lagünlerinde $2x10^8$ olarak saptanırken, yirmi dört lagün arasından yalnızca üç lagünde (Thau, South-Ingril, Ponant) pikosiyanobakteri bolluğu toplam pikoplankton yoğunluğunun >60'ını oluşturmaktadır. Kopuz, (2012) Karadenizde gerçekleştirdiği çalışmasında kıyı istasyonu yüzey sularında *Synechoccoccus* hücre sayısını 0.22-$9.96x10^7$ hücre/ml değerleri arasında bulmuştur. Kopuz, (2012) bahar ayları ile

birlikte (Nisan) besin elementi yoğunluklarında artış gözlendiğini Mayıs ayında ise ilkbahar fitoplankton patlaması gerçekleştiğini belirtmiştir. Fitopanktonların besin elementlerini organik madde sentezinde kullandığı ve bununda ortamda besin elementlerinin düşüşüne sebep olduğu saptanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada *Synechococcus* hücre sayısı bu fitoplankton patlaması sonrasında en yüksek değere ulaşmıştır. Ayrıca örnekleme yapılan tüm derinliklerde hücre sayısı nitrat- nitrit yoğunlaşmasının en düşük olduğu seviyede belirlendiği rapor edilmiştir. Feyzioğlu ve ark., (2015) Karadeniz kıyılarında *Synechococcus* hücre yoğunluğunu belirledikleri çalışmada hücre yoğunluğunun en düşük $7{,}4x10^3$ ve en yüksek $9{,}2x10^4$ olduğu görülmektedir. Zhao ve ark., (2016) Çin Deniz'inin doğusundaki ötrofik sularda gerçekleştirdikleri çalışmada en yüksek *Synechococcus* hücre sayısını 41.01×10^3 hücre cm^{-3} olarak rapor ederlerken Sperkman korelasyon testi ile *Synechococcus'un* tuzluluk ile negatif klorofil-a ile pozitif kolerasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Yaz mevsiminde *Synechococcus* ile sıcakılık arasında pozitif korelasyon saptanmış ve yaz aylarında sıcaklığın *Synechocccus* üzerindeki en etkin parametre olduğunu saptamışlardır.

Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada *Synechoccous* biyokütle değerleri ise 0,01-9,12 µgC/l arasında değişim göstermiştir. *Synechococcus*'a ait yıllık ortalama biyokütle değerleri istasyonlar arasında kıyaslandığında 7. istasyon (3,95 µgC/l) en yüksek ortalama değere sahip olan örnekleme noktasıdır. 2. istasyon (0,57 µgC/l) ise en düşük ortalama biyokütle değerine sahip istasyondur. *Synechococcus* bolluk ve biyokütle değerlerinin belirlenmesi, fiziksel ve kimyasal parametreler ile olan ilişkisini ortaya koymak amacı ile dünyanın farklı deniz, okyanus ve kıyı sularında gerçekleştirilen çalışmalarda otorofik bakteri bolluk ve biyokütlesinin çalışmanın gerçekleştirildiği bölgeye ve örnekleme saatine bağlı olarak değişikler gösterdiği gözlenmektedir (Uysal, 2001; Uysal, 2006; Pan ve ark., 2006).

Pasifik okyanusu kıyıları yüzey sularında Worden ve ark., (2004) tarafından gerçekleştirilen ototrofik pikoplankton biyokütle değerleri 0,40- 22,20 µgC/l arasında değişim göstermiştir. Uysal ve Köksalan, (2006) Akdemiz Kuzey Levantin Baseni'nde biyokütle değerlerini 0,6- 5,1 µg C/l olarak bildirmişleridir. Bayındırlı, (2007) Kuzeydoğu Akdeniz Kilikya Baseni'ndeki çalışmada *Synechococcus*

biyokütle değerleri en düşük 15,98 µg C/l, en yüksek 83,18 µg C/l olarak rapor edilmiştir. Kahyalar, (2007) İskenderun Körfezindeki çalışmasında pikoplankton *Synechococcus* biyokütle değişimini 0,48- 30,9 µg C/l arasında tespit etmiştir. Gazihan Akoğlu, (2011) Mersin Körfezinde gerçekleştirdiği çalışmada ototrofik siyanobakteri *Synechococcus* biyokütle değerlerini 0,07- 129,69 µg C/l olarak saptamıştır. Gazihan Akoğlu, (2011) Mersin Körfezi'ndeki çalışmasında kıyı istasyonlarında ki besin elementi değerlerinin açık deniz istasyonlarına oranla daha yüksek olduğunu, bunun sebebinin ise kıyı bölgesindeki evsel deşarjlar, Seyhan Nehri, ve Tarsus Çayı olduğunu belirmiştir. Yüksek besin elementi değerlerinin bulunduğu bölgelerde heterotrofik bakterilerin hücre sayılarının da yüksek olduğunu, *Synechococcus*'un ise orta körfezde deşarjlara yakın bölgelerde hücre sayılarının yüksek olduğunu belirtmiştir. Bu bölgede ayrıca klorofil-a ve fitoplankton değerleri de yüksek yoğunlaşma seviyelerindedir. Çözünmüş oksijen değerleri yüzeydeki yüksek fotosentetik aktiviteye bağlı olarak artmış ve iç körfezde her zaman yüksek değerler tespit edilmiştir. Yaz ve sonbahar aylarında besince fakir olan ortamda besin elementlerinde düşüş gözlenmiştir. *Synechocccus* ve heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyokütlelerinin yaz aylarının sonunda ve ilkbaharda maksimum seviyeye yükseldiğini belirtmiştir. *Synechococcus*'un büyümesinde besin elementlerinin önemli ve gerekli olduğu belirtilirken, *Synechococcus*'un yüksek yüzey/hacim oranı sayesinde besin elementlerinin yoğunlaşmalarının düşük olduğu dönemlerde dahi fitoplanktonlara oranla gelişmeyi başardıkları rapor edilmiştir. Kopuz, (2012) Karadenizde yaptığı çalışmada *Synechococcus* en yüksek karbon biyokütle değerini 61,67 µg C /l olarak kaydetmiştir. Ayrıca gerçekleştirilen çalışmada (Calvo-Diaz ve Moran, 2006) yaptıkları çalışma ile benzer şekilde *Synechococcus* biyokütlesi üzerinde yıl boyunca hücre boyutundan ziyade hücre sayısının etkili olduğunu bildirmiştir. Zhao ve ark., (2016) Çin Deniz'inin doğusunda fitoplankton patlamaları öncesinde ve patlamanın yaşandığı dönemde *Synechococcus*'un bolluk ve biyokütle değişimlerini değerlendirdikleri çalışmada İlkbahar fitoplankton patlaması görülmeyen dönemde 0,54 mg C m^{-3} ve fitoplankton patlamanın yaşandığı dönemde 1,21 mg C m^{-3} yaz dönemi fitoplankton patlaması öncesi 1,52 mg C m^{-3}ve fitoplankton patlaması sırasında 6,70 mg C m^{-3} olarak kaydetmişlerdir. Meksika körfezindeki çalışmalarda pikoplanktonun zamansal ve mekânsal dağılımını

etkileyen kıyısal sistemlerin lokal süreçleri (küçük bir nehir ya da östarin akıntısı, rüzgar etkisi ve yakın kıyı sirkülasyonları) üzerine odaklanılmıştır (Qian ve ark, 2003; Wawrik ve ark., 2003; Wawrik ve ark., 2004; Liu ve ark., 2004; Murrell ve Lores, 2004; Wawrik ve Paul, 2004; Hernández-Becerril ve ark., 2012; ve Aquino-Cruz, 2013). Linacre ve ark., (2015) Meksiko Körfezi'ndeki çalışmalarında *Synechococcus* biyokütle analizleri sonucu biyokütle değerleri 0,02-5,08 µgC/l arasında yer almıştır. Yapılan bu çalışmada temel bileşenler analizi sonucu *Synechococcus* bolluk ve biyoütle değerlerinin sıcaklık ve çözünmüş oksijen ile pozitif, besin elementleri ile negatif korelasyon olduğu görülmektedir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyokütle değişimleri göz önünde bulundurulduğunda; hücre sayısı $7{,}0x10^4$-$3x10^7$ hücre/ml aralığında, biyokütle değerleri ise 1,95- 121,93 µgC/l aralığında yer almıştır. Heterotrofik bakterilerin bolluk değerleri tüm örnekleme dönemleri ortalama dağılımlarında 7. istasyon hücre sayısı değerlerinde en yüksek değere ($2{,}1x10^6$ hücre/ml) sahip olan istasyon iken, biyokütle ortalama değeri en yüksek (17,96 µgC/l) istasyon 4. örnekleme noktasıdır.

Pikoplankton toplulukları pelajik besin ağının ayrılmaz bir parçasıdır (Azam ve Malfatti, 2007). Heterotrofik bakteriler sucul ekosistemlerde organik madde ayrıştırıcıları olarak bilinmektedir ve karbon akışında önemli rol oynar (Lefèvre ve ark., 1996; Hansell ve Carlson, 1998). Bu özellikleri ile heterotrofik bakteriler mikrobiyal döngünün temelini oluşturur (Fuhrman, ve Azam, 1980). Günümüzde deniz ve talı suyun birincil üretiminin yaklaşık % 50sinin, her gün bakteriler tarafından üretildiği kabul edilmektedir (Williams, 1981; Cole ve ark., 1988). Bu bulgu mikrobiyal kütle ve doğal sularda tahmini için uygun yöntemlerin geliştirilmesi ile Hobbie ve ark., (1977) ve Watson ve ark., (1977) denizdeki bakteri popülasyonlarının ne derece yüksek olduğunu gösteren çalışmaları ile keşfedildi. Genellikle bakteriler deniz ve tatlı su ekosistemlerinde yüksek büyüme oranlarına sahiptir. Büyüme sıklıkla avlanma etkisi ile dengelenir (nanoflagellatlar tarafından otlanma) (Sanders ve ark., 1992; Zubkov ve ark., 2000b; Vaqué ve ark., 2002; Tsai ve ark., 2005; Tsai ve ark., 2008). Ayrıca organik madde kaynakları ve viral parçalama heterotrofik bakterilerin yoğunluğu üzerindeki en önemli düzenleyici

faktörler olarak bilinmektedir. Otlama faktörü bakteriler üzerinde ötrofik alanlarda sınırlayıcı olan parametredir (Kopuz, 2012). Besince fakir sucul ekosistemlerden, besince zengin olan sulara uzanan ekosistemlerin öfotik bölgesinde toplam birincil üretimin yaklaşık % 40'ı heterotrofik bakteriler tarafından kullanılmaktadır. Ötrofikasyon, sucul ortama verilen besin tuzları (çözünmüş azot ve fosfor bileşikleri) içerikli kirlilik yükünün alıcı ortamın özümseme kapasitesini aşmasına bağlı olarak yüzey sularında fotosentez kaynaklı aşırı organik madde birikiminin oluşması ve su kalitesinin kötüleşmesidir (Anonymous, 1990). Kıyısal bölgenin yarı kapalı ve sığ olması, mevsimsel tabakalaşma ve açık denizle etkileşimin (akıntı rejiminin) zayıflığı ötrofikasyona duyarlılığını arttıran temel faktörlerdir. Kıyısal alanlardaki yarı kapalı körfezler ve lagünler ötrofikasyonun öncelikle gözlendiği sucul alanlardır (Odabaşı ve Büyükateş, 2009). Kopuz, (2012) araştırmasında Tuna deşarjı etkisinde kalan ve ötrofik olarak nitelendirilen bölgede bulunan örnekleme istasyonlarından alınan örneklerin diğer bölgeler ile karşılaştırıldığında bakteri hücre sayılarının daha düşük olduğunu belirtmiştir. Düşük bakteri sayısına ise nanoplanktonik otlayıcı baskısının ve viral parçalamanın sebep olabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada yıl içerisinde besin tuzlarının yüksek oranlarda tespit edildiği dönemlerde su kalitesi bozulmuş ve ötrofikasyona neden olmuştur.

Morgan ve ark., (2006) Karadeniz'de karbon biyokütle değerlerini 30- 38 µg C/l arasında belirtirken, Kopuz , (2012) ise aynı bölgede gerçekleştirdiği çalışmasında biyokütle değerlerinin yüzeyde 21,52- 92,1 µg C/l arasında olduğunu rapor etmiştir. İki çalışma arasındaki biyokütle değer farkının yoğun kıyısal girdiler sebebiyle artış gösterdiği belirtilmektedir. Akdeniz Kilikya Baseni'nde Bayındırlı, (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada en yüksek bakteri hücre sayısı değeri Eylül ayında tespit edilmiş ve değer aralığı ise 7,3- 9,7x10^9 hücre/ml olarak rapor edilmiştir.

Vázquez-Domíngueza, (2008) Atlantik okyanusundaki çalışmalarında mikrobiyal plankton (*Phlorococcus, Synechococcus*, pikoökaryot) ve heterotrofik bakterilerin bolluğunu araştırmışlar ve kuzey bölgesi yüzey sularında 0,63x10^6 hücre/ml güney bölgesinde ise 0,7-1,6x10^6 hücre/ml olarak kayıt etmişlerdir. Heterotrofik bakterilerin biyokütle değer aralığı ise 5,86-9,98 mgC/l' dir. Zhang ve ark., (2008) Pasifik okyanusunun subartik ve subtropikal bölgelerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında

pikoplankton bolluk komünite yapısını araştırmışlardır. Pikoökaryotlar, *Synechococcus* ve heterotrofik bakterilerin ölçümleri akım sitometrisi ile gerçekleştirilmiş ve genel olarak alanda heterotrofik bakterilerin baskın olduğu rapor edilmiştir. Çalışmada en yüksek bakteri sayısı 3.2×10^5 hücre/ ml olarak belirtilirken, biyokütle değerlerinin 4,99- 10,56 $mg\ C\ m^{-3}$ arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Lasternas ve ark., (2010) Akdeniz'deki heterotrofik bakterilerin yoğunluğunu belirledikleri araştırmalarında bakteri hücre sayısının $1{,}8x10^5$- $3{,}9x10^6$ hücre /ml arasında değişim gösterdiğini ve fiziko-kimyasal parametreler ile ilişkilerine bakıldığında ise bakteri bolluğunun klorofil-a, tuzluluk ve sıcaklık değişkenleri ile negatif korelasyon gösterdiğini belirlemişler. Zhao ve ark., (2010) Çin Deniz'inin batısında sonbahar ve ilkbahar dönemlerinde gerçekleştirdikleri çalışmada; ortamın hidrografik özellikleri ile heterotrofik bakterilerin bolluk değerlerinin değişimleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Sonuçlar, heterotrofik bakterilerin dağılımlarının ilkbaharda sıcaklık tarafından sonbaharda ise alt-trofik seviye besleme ile kontrol edildiğini rapor etmişlerdir. Çalışmada ilkbahar bakteri hücre sayısı 3,2–15,7 $\times\ 10^5$ hücre cm^{-3} ve sonbahar ise 2,3–13,6 $\times\ 10^5$ hücre cm^{-3} olarak saptanmıştır. Mersin Körfez'inde Gazihan Akoğlu, (2011) heterotrofik bakterilerin bolluğunu yüzeyde $1{,}3x10^5$- $1{,}3x10^7$ hücre/ml aralığında olduğunu belirtirken, heterotrofik biyokütle değerlerini ise 0,71-80,42 μgC/l arasında kayıt etmiştir. Kış ve ilkbahar aylarında düşük değerlerde seyreden bakteri bolluk ve biyokütle değerleri, yaz ve sonbaharda yüksek değerlerde gözlenmiştir. Bakteri bolluk ve biyokütle değerleri mevsimlere bağlı değişiklik göstermiştir. Yüksek seviyelerde tespit edilen yaz ve sonbahar dönemlerinde su kolonunun üst kısmında sıcak bölgelerde yoğunlaşmışlardır. Bu çalışmada ilkbahar aylarıyla birlikte heterotrofik bakterilerin hücre sayısı ve biyokütle değerlerini artış göstermiş, bunu yaz ayları takip etmiş ve en yüksek değere ise sonbaharda ulaşmıştır. Heterotrofik bakteriler büyük ölçüde ototrofik plankton tarafından sentezlenen organik maddeye bağımlı olduğundan, klorofil-a ile bakteri bolluğu ve biyokütlesi arasında pozitif yönlü bir ilişki olması beklenir (Kopuz, 2012). Gerçekleştirdiğimiz çalışmada benzer olarak heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyokütle değerleri ile klorofil-a değişkeni arasında pozitif korelasyon bulunmuştur.

Zhao ve ark., (2013) Sarı Deniz'de bahar fitoplankton patlaması sırasında pikoplankton bolluk değişimi araştırdıkları çalışmalarında heterotrofik bakterilerin fitoplankton patlaması sırasında, klorofil-a değeriyle birlikte en yüksek hücre sayısına ulaştığını tespit etmişlerdir. Gerçekleştirilen birçok çalışma bu sonucu desteklemektedir (Martinez-Martinez ve ark., 2006; Larsen ve ark., 2004; Hyun ve Kim, 2003). Jyothibabu ve ark., (2013), Mannar ve Palk Körfezleri'nde otuz farklı lokasyonda örnekleme yaparak pikoplankton ve nanoplanktonun trofik seviyedeki yerini belirlemek amacı ile floresan mikroskobu ve flowsitometri yöntemlerini birlikte kullandıkları çalışmalarında Mannar Körfezi'nde en yüksek karbon katkısının ototrofik nanoplankton ve heterotrofik bakteriler tarafından olduğunu bildirmişlerdir. Heterotrofik bakterilere ait hücre sayısı değeri en yüksek Palk Körfezi yüzey sularnda $4.12x10^6$ hücre/ml olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada heterotrofik bakteriler tuzluluk ve nitrat-nitrit azotu değerleriyle pozitif korelasyon göstermektedir.

Chiang ve ark., (2014) oligotrofik pelajik kıyı sularında gerçekleştirdikleri nanoflegellat otlamasının bakteri popülasyonu üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında 1,4-18,2 $x10^5$ hücre /ml arasında değişim gösterirken biyokütle değerleri 3,8-37,3 μgC/l arasında tespit edilmiştir. Bakteri ile nanoflagellat grazing arasında ise pozitif ilişki rapor edilmiştir. Ayrıca bakteriyel bolluk ve hücre yaşama yeteneğinin her ikisi de fosfat yoğunlaşmasının artışına paralel olarak artış gösterir. Akdeniz'de fosfatın besin elementleri arasında kısıtlayıcı nutrient olduğu kabul edilmiştir (Thingstad ve Rassoulzadegan 1995; Thingstad ve ark., 1998; Zohary ve Robarts 1998; Van Wambeke ve ark., 2002). Yapılan bu çalışmada bakterilerin bolluk ve biyokütlesinin fosfat değeri ile arasında korelasyon tespit edilmemiştir.

BÖLÜM BEŞ
SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen tez çalışmasında; Yeryüzünün biyoçeşitlilik ve üretkenlik açısından en önemli ekosistemleri arasında yer alan lagüner ekosistemi tanımlamak amacıyla, besin zincirinde birincil üretimde baskın olarak bulunan pikoplankton (*Synechoccoccus* ve heterotrofik bakteriler) bolluk ve biyokütlesindeki değişimler incelenmiştir. Bu doğrultuda *Synechococcus* ve heterotrofik bakterlerin hücre sayısı ve biyokütle değişimlerini etkileyen faktörleri ortaya koymak amacı ile alanda ayrıca fiziksel ve kimyasal parametrelerin ölçümleri de gerçekleştirilmiş ve aralarındaki etkileşim ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışma süresince ortamda baskın olarak bulunan pikoplankton (*Synechococcus* ve heterotrofik bakteriler) heterotrofik bakteriler olmuştur. *Synechococcus* bolluk ve biyokütlesi sonbahar aylarında en yüksek değere ulaşırken, heterotrofik bakterlerin hücre sayısı ve biyokütle değerleri ilkbahar aylarında en yüksek değerlere ulaşmıştır.

Parametrik olmayan Sperman Rank Order korelasyon testi sonucunda *Synechococcus* ve heterotrofik bakterlerin bolluk ve biyokütle değerlerinin birbirleriyle pozitif korelasyona sahip oldukları saptanmıştır. Ayrıca *Synechococcus* hücre sayısı ve biyokütle değerleri, sıcaklık, orto fosfat ve klorofil-a değerleri ile pozitif korelayon göstermiştir. Heterotrofik bakterilerin bolluk ve biyokütle değerleri ile sıcaklık ve klorofil- a değerleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir.

Tez çalışmasının gerçekleştirildiği Çakalburnu dalyanı lagüner ekosistem özellikleri taşıyan, açık denizle etkileşimi zayıf, sığ ve su sirkülasyonunun yetersiz olduğu kapalı bir ortamdır. Bu faktörler lagünler gibi kıyısal alanların ötrofikasyona olan duyarlılığını arttıran faktörlerdir. Bu faktörlerin yanı sıra dalyanın iki farklı bölgesinde yer alan ve nitelikleri bilinmeyen deşarj noktaları ve işletme girdisi alanın su kalitesini olumsuz etkilemektedir. Deşarj bölgelerindeki örnekleme istasyonlarından alınan örnekler diğer bölgeler ile karşılaştırıldığında besin elementleri değerlerinin yüksekliği dikkat çekmektedir. Alana yapılan deşarjların niteliklerinin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması alan ekosistemi açısından önem arzetmektedir.

Lagüner ekosistemleri etkili ve verimli bir şekilde kullanabilmek ve koruyabilmek için öncelikli olarak lagünlerdeki besin zincirini iyi tanımak ve ekosistemi etkileyen faktörleri araştırmak gerekmektedir. Bu amaçla alanda besin zincirinin tüm basamaklarını içeren çalışmaların gerçekleştirilmesi ve alanın fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından periyodik olarak takip edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Agawin, N. S. R., Duarte, C. M., ve Agustí, S. (1998). Growth and abundance of *Synechococcus* ssp. in a Mediterranean Bay: seasonality and relationship with temperature. *Marine Ecological Progress Series, 170,* 45- 53.

Aliaume, C., Panfili, J., Chang, C.W., Durand, J.D., Hernandez, P., Laleye, P., Morales, B., Tzeng, W. N., ve Whitfield, A. K. (2007). *Mugil DATABASE*. European Commission, 27.

Almeida, M.A., Cunha, M. A., ve Alcantara, F. (2001). Factors influencing bacterial production in a shallow. *Estuarine System Microbial Ecology, 42 (3),* 416-426.

Alonso, P., Navarro, N., Duarte, C. M., ve Agusti, S. (2005). Seasonalıty of Pıco-Phytoplankton Abundance And Cell Death In A Medıterranean Bay (Bay of Palma, Majorca Island). *Vıe Et Mılı, 55 (3-4)* , 177-184.

Alparslan, E. (2013). *Güllük Lagünü'nün su kalitesi yönünden incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.

Alpbaz, A. (1990). *Deniz balıkları yetiştiriciliği.* İzmir: EgeÜniversitesi Su Ürünleri Yayınları.

Ameryk, A., Podgórska, B., ve Witek, Z. (2005). The dependence between bacterial production and environmental conditions in the Gulf of Gdańsk. *Oceanologia ,47 (1),* 27-45.

Anonymous, (1990). Final reports on research projects dealing with eutrophication and plankton blooms (Activity H). *MAP Technical Reports Series, 37.*

Andrulewicz, E. (1996). Proposal for the Baltic monitoring program(HELCOM BMP) and coastal monitoring program (HELCOM BMP) for the Polish marine areas the Baltic Sea. *Oceanological Studies,* 1-2, 159.

APHA, AWWA, WEF, (1998).Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. L.S. Clesceri, A.E. Greenberg ve A.D. Eaton (Ed.). United Book Press, Baltimore, MD, USA. 4-103.

Aquino-Cruz, A. (2013). Studies on picophytoplankton in the southern Gulf of Mexico: recognition of picoprokaryotes and abundances of picophytoplankton during "dry season Braz. *Journal of Oceanograpy, 61,* 265–276.

Atay, D., ve Pulatsü, S. (2000). *Su kirlenmesi ve kontrolü.* Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.

Azam, F., Fenchel, T., Field, J.G., Gray, G.S., Meyer-Reil, L.A., ve Thingstad, F., (1983). The ecological role of water-column microbes in the sea. *Marine Ecology Progress Series, 10,* 257-263.

Azam, F., ve Malfatti F. (2007). Microbial structuring of marine ecosystems. *Nature Reviews Microbiology, 5 (10),* 782–791.

Bachelet, G., Montaudoin, X., Auby, L., ve Labourg, P. J. (2000). Seasonal Changes in Macrophyte and Macrozoobenthos Assemblages in Three Coastal Lagoons Under Varying Degrees of Eutrophication. *ICES Journal of Marine Science, 57,* 1495-1506.

Barlas, M.,ve Kiriş, E. (2004). *Akçay (Muğla-Denizli)' ın fiziko-kimyasal ve bentik makroinvertebrata yönünden incelenmesi*. Muğla: Muğla Üniversitesi Yayınları.

Barnes, R. S. K. (1980). *Coastal lagoons.* Cambridge: Cambridge University Press. 106.

Bayındırlı, C. (2007). *Monthly changes in the abundance and biomass of picoplankton (heterotrophic bacteria & cyanoacteria Synechococcus) in the Cilician Basin (Eastern Mediterranean)*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniveristesi, Mersin.

Bec, B., Collos, Y., Souchu, P., Vaquer, A., Lautier, J., Fiandrino, A., Benau, L,. Orsoni, V., ve Laugier, T. (2011). Distribution of picophytoplankton and nanophytoplankton along an anthropogenic eutrophication gradient in French Mediterranean coastal lagoons. *Aquatic Microbial Ecology, 63,* 29-45.

Beklioğlu, M., Ceran, Y., Erdem, O., Erdoğan, S., Hemmami, M., Koopmanschap, E., Meriç, T., Özen, A., ve Dinç-Sarısoy, H. (2007). *Sulakalan Yönetim Planlaması Rehberi.* H. Özbek, (Ed.), Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü ve Kuş Araştırmaları Derneği. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Benli, H. (1998). *Çakalburnu Dalyanı'nın omurgasız biomasının zaman serileri içinde incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Billen, G., ve Garnier, J. (1997). The Phison River Plume: coastal eutrophication in response to changes in land use and water management in the watershed. *Aquatic Microbial Ecology, 13,* 3–17.

Bodungen, B., van, Smetacek V., Tilzer M. M., ve Zeitzschel, B. (1986). Primary production and sedimentation during spring in the Antarctic Peninsula region. *Deep Sea Research,* 33, 177-194.

Bratbak, G. Levasseur, M., Michaud, S., Cantin, G., Fernández, E., Heimdal, B.R., ve diğer. (1995). ''Viral activity in relation to Emiliania huxleyi blooms: a possible mechanism of DMSP release?''. *Marine Ecology Progress Series,* 128, 133–142.

Brum, JR., Morris, J. J., Decima, M., ve Stukel, MR. (2014). Mortality in the oceans: causes and consequences. *Eco-DAS IX Symposium Proceedings,* 16–48.

Buhan E., Yılmaz, H., Çirik, Ş., ve Morkan, Y. (1998). Köyceğiz Lagün ekosistemi balık verimliliği ve sorunları. *Doğu Anadolu Bölgesi III. Su Ürünleri Sempozyumu,* 269-281.

Campbell, L., ve Vaulot, D. (1993). Photosynthetic community structure in the subtropical North Pacific Ocean near Hawaii (station ALOHA). *Deep-Sea Research,40,* 2043- 2060.

Can, E. (2003). *Çakalburnu Dalyan alanında dağılım gösteren yengeç türlerinin saptanması ve akdeniz yeşil yengeç (carcınus aesturaii nardo,1847) türünün üreme, büyüme gibi biyolojik özelliklerinin incelenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Carlson, C. A., Bates, N. R., Ducklow, H. W., ve Hansell, D. A. (1999). Estimation of bacterial respiration and growth efficiency in the Ross Sea, Antarctica. *Aquatic Microbial Ecology, 19,* 229- 244.

Caron, D., A, Lim, E. L., Miceli, G., Waterbury, J. B., ve Valois, F. W. (1991). Grazing and utilization of chroococcoid cyanobacteria and heterotrophic bacteria by protozoa in laboratory cultures and a coastal plankton community. *Marine Ecological Progress Series,76,* 205- 217.

Caroppo, C., Turıcchia, S., ve Margheri, M.C. (2006). Phytoplankton assemblages in coastal waters of the northern Ionian Sea (eastern Mediterranean), with special reference to cyanobacteria. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom, 86,* 927-937.

Castel, J., Caumette, P., ve Herbert, R. (1996). eutrophication gradients in coastal lagoons as examplified by the bassin d'arcachon and the etang du prevost, in coastal lagoon. *Eutrophication and Anaerobic Process Hydrobiologia,* 329.

Charpy, L., ve Blanchot, J. (1999). Picophytoplankton biomass, community structure and productivity in the Great Astrolabe Lagoon, Fiji. *Coral Reefs, 18,* 255-262.

Chiang, K. P., Tsaia, A.Y., Tsaia, P.J., Gonga, G.C., Huangc, B.Q., ve Tsaia, S.F. (2014). The influence of nanoflagellates on the spatial variety of picoplankton and the carbon flow of the microbial food web in the oligotrophic subtropical pelagic continental shelf ecosystem. *Continental Shelf Research, 80,* 57–66.

Chisholm, S., W. Olson, R. J., Zettler, E. R., Waterbury, J. B., Goericke, R., ve Welschmeyer, N. (1988). A novel free-living prochlorophyte occurs at high cell concentrations in the oceanic euphotic zone. *Natur*e, 334, 340- 343.

Cho, B.C., ve Azam, F. (1988). Major role of bacteria in biogeochemical fluxes in the ocean's interior. *Nature, 2,* 332-441.

Cho, B.C. ve Azam, F. (1990). Biogeochemical significance of bacterial biomass in the ocean's euphotic zone. *Marine Ecological Progress Series, 63,* 253-259.

Christaki, U., Courties, C., Karayanni, H., Giannakourou, A., Maravelias, C., Kormas, K., ve Lebaron, P., (2002). Dynamic characteristics of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* consumption by bacterivorous nanoflagellates. *Microbial Ecology, 43,* 341- 352

Cirik, S., ve Cirik, Ş. (2005). *Limnoloji ders kitabı.* İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.

Civaş, N. (2001). *Çakalburnu Dalyanı (Balçova-İzmir) çevresindeki kuş türlerinin araştırılması.* Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.

Cognetti, G., ve Maltagliati F. (2000). Biodiversity and adaptive mechanisms in brackish water fauna. *Marine Pollution Bulletin, 40,* 7–14.

Cole, J. J., Findlay, S., ve Pace, M. L. (1988). Bacterial production in fresh and saltwater ecosystems: a cross-system overview. *Marine Ecological Progress Series. 43,* 1-10.

Cotner, J.B., Suplee, W., Chen, N. W., ve Shormann, E.D. (2004). Nutrient, sulfur and carbon dynamics in a hypersaline lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 59,* 639- 652

Cunha, M.A., Almeida, M.A., ve Alcântara, F. (2000). Patterns of ectoenzymatic and heterotrophic bacterial activities along a salinity gradient in a shallow tidal estuary. *Marine Ecology Progress Series, 204,* 1–12

Cunha, M.A., Dias, J.M., Almeida, M.A., Lopes, J.F., ve Alcântara, F. (2003). Fluxes of bacterioplankton between a tidal estuary and the sea: returning to the "Outwelling Hypothesis". *Aquatic Ecology, 37,* 45–54

Çağırankaya, S., ve Köylüoğlu, F. (2013). Sulak alan kavramı, sulak alan nedir? Sulak alan sınıflandırması. B. T. Meriç, S. Çağırankaya, (Ed.), *Sulak Alanlar.* Ankara: Kayıhan Ajans Turizm

Çevik, F., Polat, S., ve Dural, M. (2008). Akyatan ve Tuzla Lagünlerinin (Adana, Türkiye) fitoplanktonu ve mevsimsel değişimi. *Journal of Fisheries Science, 2(1),* 19-29.

Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, (2004). Flora-fauna ve hassas bölgeler. *Çevre Atlası.*(1. Baskı) içinde (128-143). Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı.

Çevre Komisyonu Raporu, (1999). Ankara: Türkiye Büyük Millet Meclisi, Çevre Komisyonu.

Demir, A. (2008). *Akyatan Lagünü'nde tuzluluk ve bazı kirlilik düzeylerinin saptanarak coğrafi bilgi sistemi destekli dağılımlarının belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Ducklow, H., Purdie, D. A., Williams, P. J. L., ve Davies, J. M. (1986). Source Science, *New Series, 232,* 4752, 865- 867.

Ducklow, H. W., ve Carlson, C. A. (1992). Oceanic bacterial production. *Advanced Microbial Ecology, 12,* 113- 181.

Ducklow, H.W., Church, M., Kirchman, D., L. Smith, D., ve Steward, G . (2001). The seasonal development of the bacterioplankton bloom in the Ross Sea, Antarctica 1994–1997. *Deep-Sea Research II, 48,* 4199- 4221.

Egemen, Ö., Önen M., Büyükışık, B., Hoşsucu, B., Sunlu, U., Gökpınar, Ş., ve Cirik, S. (1999). Güllük Lagünü (Ege Denizi, Türkiye) ekosistemi. *Turkish Journal of Agriculture and Foresty, 3,* 927-947.

Egemen, Ö., ve Sunlu, U. (1996). *Su kalitesi ders kitabı.* İzmir: Ege Üniversitesi Yayınevi.

Falkowski, P. G., ve Raven, J. A. (1997). *Aquatic photosynthesis.* Oxford: Blackwell Science.

Fenchel, T. (1982). Ecology of heterotrophic microflagellates, quantitative occurance and importance as consumers of bacteria. *Marine Ecological Progress Series, 9,* 35- 62.

Feyzioğlu, A. M., Kurt, I. Boran, M., ve Sivri, N. (2004). Abundance and distribution of cyanobacteria *Synechococcus* spp in the South-eastern Black Sea during 2001 summer. *Indian Journal of Marine Sciences, 33 (4),* 365- 368.

Fogg, G. E. (1986). Picoplankton. *Proceedings of the Royal Society B, 228*, l- 30.

Fogg, G. E. (1987). Marine Planktonic Cyanobacteria, Fay P (Ed.), *The Cyanobacteria* (393- 414). Amsterdam: Elsevier.

Francisco, D., Mah, R., ve Rabin, A. (1973). Acridine orange- epifluorescence technique for counting bacteria in natural waters. *Transactions of the American Microscopical Soci*ety 92, 416–21.

Fuhrman, J. A., ve Azam, F. (1980). Bacterioplankton secondy production estimates for coastal waters of British Columbia, Antarctica, and Southern California. *Applied Environmental Microbiology, 39*, 1085- 1095.

Fuhrman, J. A., ve Azam, F. (1982). Thymidine incorporation as a measure of heterotrophic bacterioplankton production in marine surface waters: evaluation and field results. *Marine Biology, 66*, 109- 120.

Fuhrman, J. A., Steeter, T. D., Carlson, C. A., ve Proctor, L. M. (1989). Dominance of bacterial biomass in the Sargasso Sea and its ecological implications. *Marine Ecological Progress Series, 57,* 207- 217.

Fuhrman, J. A. (1999). Marine viruses: biogeochemical and ecological effects. *Nature, 399,* 541–548.

Gasol, J. M., Doval, M., Pinhassi, J., Calderon-Paz, J., Guixa-Boixareu, N., Vaqué, D., ve Pedros-Alio, C. (1998). Diel variations in bacterial heterotrophic activity and growth in the northwestern Mediterranean. *Marine Ecological Progress Series,164*, 107–124.

Gasol, J. M., Pinhassi, J., Alonso-Sáez, L., Ducklow, H., ve diğer., (2008). Towards a better understanding of microbial carbon flux in the sea. *Aquatic Microbial Ecology 53*, 21–38.

Gaulke, A.K., Wetz, M.S., ve Paerl, H.S. (2010). Picophytoplankton: a major contributor to planktonic biomass and primary production in a eutrophic, river-dominated estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 90,* 45–54.

Gazihan, A. A. (2011). *Temporal and spatial changes in the abundance and biomass of pico (heterotrophic bacteria & Synechococcus) and nanoplankton (flagellates) of the Mersin Bay relationships with ambient physical, chemical and biological parameters.* Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mersin.

Gilabert, J. (2001). Short-term variability of the planktonic size structure in a Mediterranean coastal lagoon. *Journal of Plankton Research, 23(2),* 219-226.

Giorgio, P.A., ve Cole, J.J. (1998). Bacterial growth efficiency in natural aquatic systems. *Annual Review Ecology, Evolution and Systematics, 29,* 503-541.

Giritlioğlu, T. (1975). İ*çme suyu kimyasal analiz metotları*. Ankara: İller Bankası Yayını.

Gonzalez, J. M., Torreton, J. P., Dufour, P., ve Charpy, L. (1998).Temporal and spatial dynamics of the pelagic microbial food web in an atoll lagoon. *Aquatic Microbial Ecology, 16,* 53-64.

Grasshoff, K., Ehrhardt, M., ve Kremling, K. (Ed.), (1983). *Methods of Seawater Analysis.* Verlag Chemie.

Hagström, A., Larsson, U., Horstedt, P., ve Normark, S. (1979). Frequency of dividing cells, a new approach to the determination of bacterial growth rates in aquatic environments. *Applied Environmental Microbiology, 37,* 805- 812.

Hansell, D., Ducklow, H., Carlson, C., ve Smith, O. (1998). Organic carbon partitioning during spring phytoplankton blooms in the Ross Sea polynya and the Sargasso Sea. *Limnology and Oceanograpy, 43(3),* 1998. 375-386

Hansell, D.A., ve Carlson, C.A. (1998). Net community production of dissolved organic carbon. *Global Biogeochemical Cycles, 12*, 443–454.

Harris, G.P. (1986). *Phytoplankton ecology*. New York: Chap. ve Hill ltd.

Havskum, H., ve Hansen, A. S. (1997). Importance of pigmented and colourless nano-sized protists as grazers on nan-oplankton in a phosphate-depleted Norwegian fjord and in enclosures. *Aquatic Microbial Ecology, 12,* 139- 151.

Hepsağ, E. (2003). Köyceğiz-Dalyan Lagün havzası su kaynaklarının su kalitesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Hernández-Becerril, D.U., Aquino-Cruz, A., Salas-De-León, D.A., Signoret-Poillon, M., ve Monreal-Gómez, M.A. (2012). Studies on picophytoplankton in the southern Gulf of Mexico: pigment analysis and potential importance of the picoeukaryote Prasinophyte Micromonas pusilla. *Marine Biology Research, 8,* 331–340.

Hobbie, J. E., ve Williams, P. J. L. (1981). *Heterotrophic Activity in the Sea* (Ed.). New York: Plenum Press.

Hobbie, JE., Daley, RJ., ve Jasper, S. (1977). Use of Nuclepore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Applied Environmental Microbiology, 33,* 1225–8.

Hoch, M. P., ve Kirchman, D. L. (1993). Seasonal and inter-annual variability in bacterial production and biomass in a temperate estuary. *Marine Ecological Progress Series, 98,* 283-295.

Hyun, J.H., ve Kim, K. H. (2003). Bacterial abundance and production during the unique spring phytoplankton bloom in the central Yellow Sea. *Marine Ecological Progress Series, 252*,77–88.

Jochem, F. (1988). On the distribution and importance of pico-cyanobacteria in a boreal inshore area (Kiel Bight, Western Baltic). *Journal of Plankton Research, 10,* 1009- 1022.

Johnson, P.W., ve Sieburth, J.Mc.N. (1979). Chroococcoid cyanobacteria in the sea: a ubiquitous and diverse phototrophic biomass. *Limnology and Oceanography, 24,* 928–935.

Joint, I. R., Owens, N. J. P., ve Pomroy, A. J. (1986). The seasonal production of picoplankton and nanoplankton in the Celtic Sea. *Marine Ecological Progress Series, 28,* 251- 255.

Jouris, C., Billen, G., Lancelot, C., Daro, M. H., Mommaerts, J. P., Bertels, A., ve diğer. (1982). A budget of carbon cycling in the Belgian coastal zone: relative roles of zooplankton, bacterioplankton and benthosin the utilization of primary production. *Netherland Journal of Sea Research, 16,* 260- 275.

Joyce, C. B., Vina-Herbon, C., ve Metcalfe, D. J. (2005). Biotic variation in coastal water bodies in Sussex. England: Implications for saline lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 65,* 633-644.

Joyeux, J.C., ve Ward, A.B. (1998). Constraints on coastal lagoons fisheries. *Advances in Marine Biology, 34,* 73-178.

Jyothibabu, R., Mohan, Arya P., Jagadeesan, L. Anjusha, A., Muraleedharan, K. R., Lallu, K. R., Krishna, K., ve Ullas, N. (2013). Ecology and trophic preference of picoplankton and nanoplankton in the Gulf of Mannar and the Palk Bay, southeast coast of India. *Journal of Marine Systems,* 111–112, 29–44.

Kahyalar, P. (2007). *İskenderun Körfezi (Yumurtalık-Sugözü kıyı hattı) pikoplanktonik Synechococcus yoğunluk ve biyomasının mevsimsel değişimleri.* Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Karadeniz, N. (1995). *Sultansazlığı örneğinde sulak alanların çevre koruma açısından önemi üzerinde bir araştırma.* Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Kaykaç, H., ve Tosunoğlu, Z. (2015). Karina ve Akköy kıyı lagünlerindeki küçük ölçekli balıkçılık. *Su ürünleri Dergisi, 32 (4),* 173-182.

Kırdağlı, M. (1999). Lagün deniz etkileşiminin incelenmesi. A. İ. Aldoğan, Y. Ünsan, E. Bayraktarkatal, (Ed.), *Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi 99 Bildiri Kitabı (367-377).* İstanbul: Yapım Matbaacılık.

Kimor, B., Gordon N., ve Neori, A. (1992). Symbiotic associations among the microplankton in oligotrophic marine environments, with special reference to the gulf of Aqaba, Red Sea. *Journal of Plankton Research, 14*, 1217–1231.

Kirchman, D., Graham, S., ve Reish, D. (1982). Mitchell bacteria induce settlement and metamorphosis of Janua (Dexiospira) brasiliensis Grube (Polychaeta: Spirorbidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 56,* 153–163

Kjelleberg, S., Albertson, N., Flardh, K,. Holmquist, L., Jouper-Jaan, A., Marouga, R., Ostling, J., Svenblad, B,. ve Weichart, D. (1993). How do non-differentiating bacteria adapt to starvation? *Antonie Leeuwenhoek, 63,* 333- 341.

Kjerfve, B. (1994). Coastal lagoons process. *Elsevier Oceanography Series, 60,* 577.

Kjerfve, B., ve Knoppers, B. A. (1991). Tidal Choking in a Coastal Lagoon. B. Parker (Ed.), *Tidal Hydrodinamics.* Newyork: John Wiley ve Sons.

Knap, A., Michaels, A., Close, A., Ducklow, H., ve Dickson, A. (1996). *Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) core measurements.* Joint Global Ocean Flux Study Report, 19, 170.

Knoppers, B. (1994). Aquatic primary production. Kjerve, B. (Ed.), *In: Costal lagoons processes.* (243- 286). Amsterdam: Elsevier Oceanography Series.

Kopuz, Ü. 2012. *Mikrobiyal döngüde pikoplankton dinamiği ve güneydoğu karadeniz pelajik besin zincirindeki önemi.* Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Köksalan, İ. (2000). *Temporal variability in Synechococcus spp., abundances in the northern Levantine Basin as inferred from the weekly time series observations in 1998.* Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mersin.

Kudoh, S. Kanda, J. ve Takahashi, M. (1990). Specific growth rates and grazing mortality of chroococcoid cyanobacteria *Synechococcus* spp. in pelagic surface waters in the sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 142,* 201- 212.

Kuosa, H. (1991). Picoplanktonic algae in the northern BalticSea: Seasonal dynamics and flagellates grazing. *Marine Ecological Progress Series, 73,* 269–276

Kuparinen, J. ve Kuosa, H. J. (1993). Autotrophıc and heterotrophıc picoplankton in the Baltıc sea in. *Advances in Marine Biology, 29,* 73-128.

Kurt, İ. (2002). *Karadeniz'de birincil üretimi etkileyen cyanobacterium Synechococcus'un mevsimsel ve uzaysal dağılımı.* Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Küçüksezgin, F. (2009). Status of pollution in the Izmir Bay (EasternAegean),1996–2008:nutrients, heavy metals and total hydrocarbon concentrations. *International*

Workshop Entitled İmpact Of Large Mediterranean Coastal Cities On Marine Ecosystems.

Landry, M. R. (2001). Microbial loops. Steele, J.H. Thorpe, S, Turekian, K. (Ed.), *Encyclopedia of Ocean Sciences.* London: Academic Press.

Lantoine, F., ve Neveux, J. (1997). Spatial and seasonal variations in abundance and spectral characteristics of phycoerythrins in the tropical Northeastern Atlantic ocean. *Deep-Sea Research II, 44,* 223-246.

Lasternas, S., Agusti, S., ve Duarte, C. M. (2010). Phyto- and bacterioplankton abundance and viability and their relationship with phosphorus across the Mediterranean Sea. *Aquatic Microbial Ecology, 60,* 175- 191.

Lefèvre, M. D., Lambert, C.E., ve Miquel, J.C. (1996). Is DOC the main source of organic matter remineralization in the ocean water column? *Journal of Marine System, 7,* 281–291.

Legendre, L. F. (1995). Microbial food webs and the export of biogenic carbon in oceans. *Aquatic Microbial Ecology, 9,* 69- 75.

Legendre, L., Robineau, B., ve LeBlanc, B. (1999). Single-celled cyanobacteria in the first year sea ice and ice-covered waters of the Northern Hemisphere. Marine Cyanobacteria. *Bulletin de l' Institut Océanographie, 19,* 169–174.

Levin, L.A., Boesch, D.F., Covich, A., Dahm, C., Erseus, C., Ewel, K.C., ve diğer. (2000). The function of marine critical transition zone sand the importance of sediment biodiversity. *Ecosystems, 4,* 430-451.

Li, W. K. W. (1998). Annual average abundance of heterotrophic bacteria and *Synechococcus* in surface ocean waters. *Limnology and Oceanography, 43 (7),* 1746- 1753.

Linacre, L., Lara, R., Camacho- Ibar, V., Carlos- Herguera, J., Guzman, C., ve Bartrina, V. (2015). Distribution pattern of picoplankton carbon biomass linked to mesoscale dynamics in the southern gulf of Mexico during winter conditions *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 106.

Liu, H., Dagg, M., Campbell, L., Urban-Rich, J., ve Sdences, O. (2004). Picophytoplankton and bacterioplankton in the Mississippi River plume and its adjacent waters. *Estuaries, 27*, 147–156.

Lopes, J.F., Dias, J.M., Cardoso, A.C., ve Silva, C.I.V. (2005). The water quality of the Ria de Aveiro lagoon, Portugal: from the observations toward the implementation of a numerical model. *Marine Environmental Research, 60,* 594-628.

Lugioyo, G., M. Loza, S., ve Abreu, P. C. (2007). Biomass distribution of heterotrophic and autotrophic microorganisms of the photic layer in Cuban southern oceanic waters. *Revista de Biologia Tropical, 55 (2),* 449- 457.

Malone, T. C., ve Ducklow, H. W. (1990). Microbial biomass in the coastal plume of Chesapeake Bay: phytoplankton- bacterioplankton relationships. *Limnology and Oceanography, 35,* 296- 312.

Mével, G., Vernet, M., Goutx, M., ve Ghiglione, J.F. (2008). Seasonal to hour variation scales in abundance and production of total and particle-attached bacteria in the open NW Mediterranean Sea (0–1000 m). *Biogeosciences, 5,* 1573–1586.

Moore, L.R., Goericke, R., ve Chisholm, W. (1995). Comparative physiology of *Synechococcus* and Prochlorococcus: influence of light and temperature on growth, pigments, flourescence and absorptive properties. *Marine Ecological Progress Series, 116,* 259-175.

Morgan, J. A., Quinby, H. L., ve Ducklow H. W. (2006). Bacterial abundance and production in the western Black Sea. *Deep-Sea Research II, 53,* 1945- 1960.

Moss, B. (2000). Biodiversity in freshwater – an issue of species preservation or system function? Environmental *Conservation, 27,* 1-4.

Munn, C. B. (2004). *Marine microbiology: ecology and applications.* United Kingdom: Bios Scientific Pub Ltd.

Murphy, L. S., ve Haugen, E. M. (1985). The distribution and abundance of phototrophic ultraplankton in the north Atlantic. *Limnology and Oceanography, 30,* 47-58.

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.

Nagata, T. (1988). The mlcroflagellate-picoplankton food linkage In the water column of Lake Blwa. *Limnology and Oceanography, 33,* 504- 517

Nielsen, T.G., ve Kiørboe, T. (1994). Regulation of zooplankton biomass and production in a temperate, coastal ecosystem. *Limnology and Oceanography, 39,* 508–519.

Nixon, S.W. (1982). Nutrients, primary production, and fisheries yields in coastal lagoons. *Oceanologica Acta Journal, 5,* 357–371.

Odabaşı, S., ve Büyükateş, Y. (2009). Klorofil-a, çevresel parametreler ve besin elementlerinin günlük değişimleri: Sarıçay Akarsuyu örneği (Çanakkale, Türkiye). *Ekoloji, 19,* 73, 76-85

Odum, E.P. (1971). *Fundamentals of ecology.* Saunders (Ed.), London.

Oguz, T., La Violette, P. E., ve Unluata, U. (1992). The upper layer circulation of the Black Sea: Its variability as inferred from hydrographic and satellite observations. *Journal of Geophysical Research, 97,* 12569- 12584.

Oliveira, A. M. (1993). *Advection and dispersion process in a coastal lagoon system: Mundau Manguaba*. Carolina: University of South Carolina.

Olson. R. J., Chisholm. S. W., Zettler, E. R., Altabet, M. A., ve Dusenberry, J. A. (1990). Spatial and temporal distributions of prochorophyte picoplankton in the North Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research, 37,* 1033- 1051.

Özakkoyunlu, S. (2007). *Gölünyazı Gölü'nün (Çorum) Su kalitesinin fiziksel ve kimyasal yöntemlerle tespit edilmesi ve göl civarında yaşayan bazı hayvanların belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Paerl, H.W., Pinckney, J.L., Fear, J.M., ve Peierls, B.L. (1998). Ecosystem responses to internal and watershed organic matter loading: consequences for hypoxia in the eutrophying Neuse River Estuary, North Carolina. *Marine Ecological Progress Series, 166,* 17-25.

Paerl, H.W., Valdes, L.M., Peierls, B.L., Adolf, J.E., ve Harding, L.W. (2006). Anthropogenic and climatic influences on the eutrophication of large estuarine ecosystems. *Limnology and Oceanograpy, 51,* 448-462.

Pakalne, M. (2004). *Wetland management methods in protected nature areas and their application in LIFE-Nature projects.* Latvia: Baltic Environmetntal Forum, University of Latvia Department of Botany and Ecology.

Pan, L. A., Zhang, J., Chen, Q., ve Deng, B. (2006). Picoplankton community structure at a coastal front region in the northern part of the South China Sea. *Journal of Plankton Research, 28,* 3, 337- 343.

Partensky. F., Blanchot. J., ve Vaulot, D. (1999). Differentiel distribution and ecology of Prochlorococcus and Synechococcus in oceanic waters: a review. *Bulletin de Institut Oceanographique, Monaco, 19,* 457-474.

Perkins, F. O., Haas, L. W., Phillips, D. E., ve Webb, K. L. (1981). Ultrastructure of a marine Synechococcus possessing spinae. *Canadian Journal of Microbiology, 27,* 318-329.

Pomeroy, L. R. (1974). The ocean's food web, a changing paradigm. *BioScience, 24,* 499- 504.

Pomeroy, L. R., Williams, P. P., Azam, F., ve Hobbie, J. E. (2007). The microbial loop. *Oceanography, 20,* 28- 33.

Porter, K. G., ve Feig, Y. S. (1980). The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnology and Oceanograpy, 25,* 943–8.

Qian, A.E., Jochens, M.C., ve Kennicutt II, D.C. (2003). Biggs Spatial and temporal variability of phytoplankton biomass and community structure over the continental margin of the northeast Gulf of Mexico based on pigment analysis. *Continental Shelf Research, 23,* 1–17, 55–67.

Qian, Y., Jochens, A.E., Kennicutt II., ve Biggs, D.C. (2003). Spatial and temporal variability of phytoplankton biomass and community structure over the continental margin of the northeast Gulf of Mexico based on pigment analysis. *Continental Shelf Research, 23,*1–17

Raven, J.A. (1986). Physiological consequences of extremely small size for autotrophic organisms in the sea. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences, 214,* 1–70.

Sanders, R.W., Caron, D.A., ve Berniger, U.G. (1992). Relationships between bacteria and heterotrophic nanoplankton in marine and fresh water: an inter-ecosystem comparison. *Marine Ecological Progress Series, 86,* 1–14.

Sanders, R.W., Caron, D.A., ve Berniger, U.G. (1992). Relationship between bacteria and heterotrophic nanoplankon in marine and fresh water: an inter-ecosystem comparison. *Marine Ecological Progress Series, 86,* 1-14.

Scanlan, D.J., Silman, N.J., Donald, K.M., Wilson, W.H., Carr, N.G., Joint, I.R., ve Mann, N.H. (1997). An immunological approach to detect phosphate stress in populations and single cells of photosynthetic picoplankton. *Applied Environmental Microbiology, 63,* 2411-2420.

Schapira, M., Buscot, M. J., Pollet, T., Leterme, S., ve Seuront, L. (2010). Distribution of picophyplankton communities from brackish to hypersaline waters in a South Australian coastal lagoon. *Saline Systems, 6,* 2.

Schultz, Jr. G.E., White III, E.D., ve Ducklow, H.W. (2003). Bacterioplankton dynamics in the York River estuary: Primary influence of temperature and freshwater inputs. *Aquatic Microbial Ecology, 30, (2),* 135-148.

Schumann, R., Reiling, T., Görs, S., Hammer, A., Selig, U., ve Schiewer, U. (2003) .Viability of bacteria from different aquatic habitats. I. Environmental conditions and productivity. *Aquatic Microbial Ecology, 32,*121–135.

Serdar, S., Lök, A., Yıldız, H., Acarlı, S., ve Goulletquer, P. (2007). Growth and survival rates of carpet shell clam (Tapes decussatus Linnaeus, 1758) using various culture methods in Sufa (Homa) Lagoon. *Aquacultural Engineering, 37 (2),* 89-99.

Serdar, S., ve Lök, A. (2005). Çakalburnu Dalyanı'ndan toplanan akivadeslerin (Tapes decussatus L., 1758) mevsimsel olarak gonad gelişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi,* 3-4, 389–39.

Sherry, N. D., ve Wood, A. M. (2001). Phycoerythrin-containing picocyanobacteria in the Arabian Sea in February, 1995: diel patterns, spatial variability, and growth rates. *Deep-Sea Research, Part 2, Topical Studies in Oceanography, 48,* 1263-1284.

Shiah, F. K., ve Ducklow, H. W. (1994a.) Temperature and substrate regulation of bacterial abundance, production and specific growth rate in temperate estuarine ecosystems. *Marine Ecological Progress Series, 103,* 297- 308.

Shiah, F. K., ve Ducklow, H. W. (1994b). Temperature regulation of heterotrophic bacterioplankton biomass, production and specific growth rate in the Chesapeake Bay. *Limnology and oceanography, 39 (6),* 1243-1258.

Sieburth, J. M. (1984). Protozoan bactivory in pelagic marine waters. J.E. Hobble, P.J. Williams, (Ed.), *Heterotrophic activity in the sea* (405-444). New York: Plenum Publishing Corporation.

Sieracki, M. E., Johnson, P. W., ve Sieburth, J. M. (1985). The detection, enumeration and sizing of aquatic bacteria by image analyzed epifluorescence microscopy. A*pplied and Environmental Microbiology, 49,* 799-810.

Sieracki, M. E., Viles, C. L., ve Webb, K. L. (1989). An algorithm to estimate cell biovolume using image analyzed microscopy. *Cytometry, 10,* 551- 557.

Smayda, T.J., ve Reynolds, C.S. (2001). Community assembly in marine phytoplankton; application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. *Journal of Plankton Research, 23,* 447-461.

Smayda, T.J., ve Reynolds, C.S. (2003). Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *Journal of Sea Research, 49,* 95-106.

Smith, R. E. H., Geider, R. J., ve Platt, T. (1984). Microplankton productivity in the oligotrophic ocean. *Nature, 311,* 252- 254.

Stockner, J. G. (1988). Phototrophic picoplankton: an overview from marine and freshwater systems. *Limnology and Oceanography, 33,* 765- 775.

Stricland, J. H. D., ve Parsons, T. R. (1972). *A practical Handbook of seawater Analysis.* Ottowa: Fisheries Research Board of Canada.

Su Kirliliği Konrtolü Yönetmeliği, (2004). *Kıta içi yüzey sularının sınıflandırılması.* 3 Ağustos 2016, http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod =7.5.7221& sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0

Suttle CA. (2007). Marine viruses—major players in the global ecosystem. *Nature Reviews Microbiology, 5,* 801–812.

Taira, Y., Uchimiya, M., ve Kudo, I. (2009). Simultaneous estimation of viral lysis and protozoan grazing on bacterial mortality using a modified virus-dilution method. *Marine Ecology Progres Series, 379,* 23-32.

Takahashi, K. (1986). Seasonal fluxes of pelagic diatoms in the subarctic Pacific, 1982-1983. *Deep Sea Research, 33,* 1225- 1251.

Thingstad, T. F., Zweifel, U., ve Rassoulzadega, F. (1998). P limitation of heterotrophic bacteria and phytoplankton in the Northwest Mediterranean. *Limnology and Oceanograpy, 43,* 88–94.

Thingstad, TF., ve Rassoulzadegan, F. (1995). Nutrient limitations, microbial food webs, and 'biological C-pumps': suggested interactions in a P-limited Mediterranean. *Marine Ecological Progress Series, 117,* 299–306.

Tsai, A.Y., Chiang, J., ve Gong, G.C. (2005). Seasonal diel variations of picoplankton and nanoplankton in a subtropical western Pacific coastal ecosystem. *Limnology and Oceanograpy, 50,* 1221-1231.

Tsai, A.Y., Chiang, J., ve Gong, G.C. (2008). Seasonal variations in trophic dynamics of nanoflagellates and picoplankton in coastal waters of the western subtropical Pacific Ocean. *Aquatic Microbial Ecology, 51,* 263-274.

Tuncel, S. G., Tugrul, S., ve Topal, T. (2007). A case study on trace metals in surface sediments and dissolved inorganic nutrients in surface water of Ölüdeniz Lagoon –Mediterranean. *Water Research, 41,* 365-372.

Tuomi. P.ve Kuuppo, P. (1999). Viral lysis and grazing loss of bacteria in nutrient-and- carbon manipulated brackish water enclosures. *Journal of Plankton Research, 21,* 923-937.

Türkiye kıyılarındaki lagünlerin yönetim ve geliştirme stratejileri ve ıslahı, (1997). Ankara: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayını.

UNEP/WHO, (1983). Determination of total coliforms in seawater by the membrane filtration culture (MF) method. *Methods for Marine Pollution Studies, 2.*

USEPA. (1998) . *Estuaries and your coastal watershed, office of water*. Washington: Epa- 842-F-98-009.

Uysal, Z., Kıdeyş, A. E., ve Köksalan, İ. (1998). Distribution of Cyanobacterium *Synechococcus* which contributes much to primary production in the Black Sea in relation to physico-chemical parameters. Ankara, TÜBİTAK: 74.

Uysal, Z. (2001). Chroococcoid cyanobacteria *Synechococcus* spp. in the Black Sea: pigments, size, distribution, growth and diurnal variability. *Journal of Plankton Research, 23,* 175-189.

Uysal, Z. (2006). Vertical distribution of marine cyanobacteria *Synechococcus* spp. in the Black, Marmara, Aegean, and eastern Mediterranean seas. *Deep Sea Research Part II, 53,* 1976-1987.

Uysal, Z., ve Koksalan, İ. (2006). The annual cycle of *Synechococcus* (cyanobacteria) in the northern Levantine basin shelf waters (eastern Mediterranean). *Marine Ecology, 27,* 187-197.

Valiela, I. (1995). *Marine ecological processes.* New York: Springer-Verlag Inc.

van den Hoek, C., Mann, D. G., ve Jahns, H. M. (1995). *Algae: An introduction to phycology.* Cambridge: Cambridge University Press.

Van Wambeke, F., Christaki, U., Giannakourou, A. ,Moutin, T., ve Souvemerzoglou, K. (2002). Longitudinal and vertical trends of bacterial limitation by phosphorus and carbon in the Mediterranean Sea. *Microbial Ecology 43,* 119–133.

Vaque, D., Calderon- Paz, J. I., Guixa-Boixereu, N., ve Pedros- Alio, C. (2002). Spatial distribution of microbial biomass and activity (bacterivory and bacterialproduction) in the nothern Weddell Sea during the austral summer (January, 1994). *Aquatic Microbial Ecology, 29,* 107-121.

Vaulot, D., LeBot, N., Marie, D., ve Fukai, E. (1996). Effect of phosphorus on the *Synechococcus* cell cycle in surface Mediterranean waters during summer. *Applied and Environmental Microbiology, 62,* 2527-2533.

Vázquez-Domínguez, E., Vaqué, D., ve Gasol, J. M. (2007). Ocean warming enhances respiration and carbon demand of coastal microbial plankton. *Global Change Biology, 13 (7),* 1327–1334.

Vázquez-Domínguezа, E., Duartec, C., Agustíc, S., Jürgensb, K., Vaquéa, D., ve Gasola J. (2008). Microbial plankton abundance and heterotrophic activity across the Central Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography, 79 (1),* 83–94.

Vega-Cendejas, Ma. E., ve Hernandez De Santillana, M. (2004). Fish community structure and dynamics in a Coastal Hypersaline Lagoon: Rio Lagartos, Yucatan, Mexico. Estuarine, *Coastal and Shelf Science, 60,* 285-299.

Viaroli, P., Bartoli, M., Bondavall, C., Christian, RR., Giordani, G., ve Naldi, M. (1996). Macrophyte communities and their impact on benthic fluxes of oxygen, sulphide and nutrients in shallow eutrophic environments. *Hydrobiologia, 329,* 105–119.

Vincent, W.F. (2000). Cyanobacterial dominance in polar regions. Whitton, B.A. ve Potts, M. (Ed.), *The ecology of cyanobacteria* (321-340). Kluwer: Dordrecht.

Waterbury, J.B., Watson, S.W. ,Guillard, R.R.L., ve Brand, L.E. (1979). Widespread occurrence of a unicellular, marine, planktonic cyanobacterium. *Nature, 277,* 293–294

Waterbury, J. B., Watson, S., W. Valois, F. W., ve Franks, D. G. (1986). Biological and ecological characterization of the marine unicellular cyanobacterium *Synechococcus. Canadian Bullutinl of Fisheries and Aquatic Sciences, 214,* 71-120.

Wawrik, B., Paul, J., Campbell, L., Griffin, D., Houchin, L., Fuentes-Ortega, A., ve Muller-ve Karger, F. (2003). Vertical structure of the phytoplankton community associated with a coastal plume in the Gulf of Mexico. *Marine Ecological Progress Series,* 87–101.

Wawrik, B., ve Paul, J. (2004). Phytoplankton community structure and productivity along the axis of the Mississippi River plume in oligotrophic Gulf of Mexico waters. *Aquatic Microbial Ecology, 35,*185–196.

Wawrik, B., Paul, J., Bronk, D., John, D., ve Gray, M. (2004).High rates of ammonium recycling drive phytoplankton productivity in the offshore Mississippi River plume. *Aquatic Microbia Ecology, 35,* 175–18.

Wiebinga, C. J., Veldhuis, M. J. W., ve De-Baar, H. J. W. (1997). Abundance and productivity of bacterioplankton in relation to seasonal upwelling in the northwest Indian Ocean. *Deep Sea Research, 14,* 451-476.

Wilhelm, S.W., Brigden, S.M., ve Suttle, C.A. (2002). A dilution technique for the direct measurement of viral production: A comparison in stratified and tidally mixed coastal waters. *Microbial Ecology,43 (1),*168-173.

Williams, P.J. (1981). Microbîal contribution to overall marine plankton metabolism: direct measurements of respiration. *Oceanologica Acta,* 4.

Williams, P. J. (1984). Bacterial production in the marine food chain: the emperor's new suit of clothes? M. J. R. Fasham, (Ed.), *Flows of energy and materials in marine ecosystems: theory and practice* (271- 299). New York: Plenum Press.

Worden, Z. Nolan, K. ve Palenik, B. (2004). Assessing the dynamics and ecology of marine picophytoplankton: The importance of the eukaryotic component. *Limnology and Oceanograpy, 49(1),* 168–179

Wyman, M. (1992). An in Vivo method for the estimation of phycoerythrin concentration in marine cyanobacteria (*Synechococcus* spp.). *Limnology and Oceanograpy, 37,* 1300-1306.

Yaşar Korkanç, S. (2004). Sulak alanların havza sistemi içindeki yeri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 6,* 117-126.

Zhang, Y., Jiao, N., ve Hong, N. (2008). Comparative study of picoplankton biomass and community structure in different provinces from subarctic to subtropical oceans. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 55,* 14–15, 1605–1614

Zhao, S., Xiao, T. L., ve Lin, Y. (2010). Spatial variability in biomass and production of heterotrophic bacteria in the East China Sea and the Yellow Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 57 (11–12),* 1071–1078.

Zhao, Y., Zhao, L., Xiao, T., Liu, C., Zhou, J. S. F., Liuf, S., ve Huang, L. (2013). Temporal variation of picoplankton in the spring bloom of Yellow Sea. *ChinaDeep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 97*, 72–84.

Zhao, Y., Zhao, L., Zhang, W., Lingfeng- Huang, J. S., Li, J., Zhai, H., Liu, S., ve Xiao, T. (2016).Variations of picoplankton abundances during blooms in the East China Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 124,*100–108.

Zohary, T., ve Robarts, R.D. (1998). Experimental study of microbial P limitation in the Eastern Mediterranean. *Limnology and Oceanography, 43,* 387–395.

Zubkov M. V., Sleigh, M. A., Burkill, P. H., ve Leakey, R. J. G. (2000a). Bacterial growth and grazing loss in contrasting areas of North and South Atlantic. J*ournal of Plankton Research, 22,* 685-711.

Zubkov, M.V., Sleigh, M. A., Burkill, P. H., ve Leakey, R. J. G., (2000b). Picoplankton community structure on the Atlantic Meridional Transect: a comparison between seasons. *Progress in Oceanography 45,* 369–386.