

Proje No: 109Y181

**Sıg Gollerin Ekolojik Yapısının Belirlenmesinde Mikrobik
Çevrimin Rolü**

Prof. Dr. Meryem Beklioğlu Yerli

Arda Özen (Araş. Görevlisi)

Tuba Bucak (Doktora öğrencisi)

Ü. Nihan Yazgan Tavşanoğlu (Doktora öğrencisi)

A.İdil Çakıroğlu (Doktora öğrencisi)

Eti Levi (Doktora öğrencisi)

Ece Saraoğlu (Yüksek Lisans Öğrencisi)

**TEMMUZ, 2011
ANKARA**

ÖNSÖZ

Bakteri, nanoflagellatlar ve siliatlar mikrobik çevrimi oluştururlar. Mikrobik çevrim pelajik sucul komünitelerin mikrobik bileşenleri aracılığıyla karbon ve besin tuzlarının çevrimini içerir. Bakteriler ve bakterilerle beslenen canlılar arasındaki ilişkilerde hidroloji ve ötrofikasyona bağlı oluşan değişikliklerin etkisi özellikle Akdeniz İklim Kuşağındaki göllerde tam olarak bilinmemektedir. Sığ göl ekosistemlerindeki önemleri ve bolluklarına rağmen, mikrobiyal komünitenin birbirleriyle ilişkileri ve çevresel değişimlere verdikleri tepkiler hakkında çok az şey bilinmektedir. Çoğu çalışma ılıman ve tropikal bölgelerde yapılmıştır.

Bu proje kapsamında mikrobik çevrimdeki değişimlerin göllerin trofik seviyesi, mevsimselliği, hidrolojisi ve zooplankton avlanma etkisine bağlı olarak değiştiği hipotezi test edilmiş ve klasik besin ağı ve mikrobik çevrim arasındaki ilişki tartışılmıştır. Proje öncesinde TÜBİTAK105Y332 nolu proje, ODTÜ BAP, Çevre ve Orman Bakanlığı destekli projelerle ve Türkiye-Yunanistan İşbirliği, kapsamında desteklenen Wetlands/Phytoplankton projesi ile ülkemizin kuzeyindeki ve güneyindeki göllerin bir kısmından örnekleme ve yerinde deneysel araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Ancak örneklenen göl sayısını arttırmak, Eymir Göl'ünde mezokozm örnekleme ve Eymir ve Mogan mevsimsel değişimi belirlemek için aylık örnekleme yoluyla bir yıllık örnekleme araştırmaları için mali desteğe ihtiyaç duyulmaktaydı. TÜBİTAK, ÇAYDAG tarafından 1002 Hızlı Destek programında desteklenmiş olan bu proje sayesinde araştırmamızın tamamlanması ve daha isabetli sonuçlar elde etmemiz mümkün hale gelmiştir.

Bu proje kapsamında alınan örneklerin kimyasal analizleri, örneklerin mikroskopta tür teşhis ve sayımları, arazi çalışmaları için verdiği maddi destek ve sağladığı olanaklardan dolayı Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Biyoloji Bölümüne ve ODTÜ- BAP projelerine teşekkürü borç biliriz. Ayrıca araştırmaları yürütebilmemiz için gerekli izinleri sağlama konusundaki desteklerinden ötürü Çevre Orman Bakanlığı (Sulak alanlar Şubesi), Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Sulakalanlar Şubesi çalışanlarına ve TARIM BAKANLIĞI araştırmaları yürütebilmemiz için gerekli izinleri sağlama konusundaki desteklerine teşekkür ederiz. Projenin her aşamasında değerli yorumlarıyla ve deneyimleriyle destek olan Danimarka Ulusal Çevre Araştırmaları Enstitüsünden (NERI) Prof. Dr. Erik Jeppesen'e teşekkür ederiz. Proje süresince arazi çalışmalarına katılarak bizlere yardımcı olan Gizem Bezirci, Şeyda Erdoğan ve Oğuz Akçelik'e teşekkür ederiz.

Bu proje ile ülkemizde ilk defa mikrobik çevrim üzerine farklı etkenlerin (ötrofikasyon, enlemsel gradient, hidroloji, avlanma baskısı ve mevsimsellik) etkisini bir arada, deneysel yaklaşım ve izleme çalışmaları kullanarak araştırma imkanı tanıyan TÜBİTAK, ÇAYDAG'a teşekkürleri borç bilir, çalışmanın tüm ilgili taraflar için faydalı olmasını dileriz.

Prof. Dr. Meryem BEKLİOĞLU YERLİ

Proje Yürütücüsü

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	2
İÇİNDEKİLER	3
ŞEKİLLER DİZİNİ	5
TABLolar DİZİNİ	6
ÖZET	7
ABSTRACT	8
1. GİRİŞ	9
2. GENEL BİLGİ	11
2.1. GİRİŞ	11
2.2. MİKROBİK ÇEVİRİME ETKİ EDEN FAKTÖRLER	13
2.2.1. AŞAĞIDAN YUKARI KONTROLÜN ETKİSİ	13
2.2.2. YUKARIDAN AŞAĞIYA KONTROLÜN ETKİSİ	13
2.2.3. HİDROLOJİ VE SUIÇİ BİTKİLERİN ETKİSİ	15
2.2.4. MEVSİMSELLİĞİN ETKİSİ	16
3. GEREÇ VE YÖNTEM	17
3.1. ENLEMSEL ÖRNEKLEME	18
3.1.1. ANLIK FOTOĞRAF ÇEKME YÖNTEMİ	18
3.1.2. ANALİTİK YÖNTEMLER	18
3.2. MEZOKOZM VE MİKROKOZM DENEYLERİ	19
3.2.1. ZOOPLANKTON MİKROKOZM DENEYİ (YUKARIDAN AŞAĞI AVCI KONTROLÜ)	19
3.2.2. MEZOKOZM DENEYİ	20
3.3. BİYOLOJİK VERİLERİN ÖRNEKLENMESİ	21
3.3.1. BAKTERİ VE HNF ÖRNEKLERİNİN ALINMASI VE SAYIMI	21
3.3.2. SİLİAT ÖRNEKLERİNİN ALINMASI, SAYIM VE TEŞHİSİ	22
3.3.3. FİTOPLANKTON ÖRNEKLERİNİN ALINMASI VE SAYIMI	22
3.3.4. ZOOPLANKTON ÖRNEKLERİNİN ALIM, TEŞHİS VE SAYIMLARI	23
3.4. İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER	24
4. BULGULAR	25
4.1. ANLIK ÖRNEKLEME YAPILAN GÖLLERDE ÖLÇÜLEN FİZİKSEL, KİMYASAL VE BİYOLOJİK DEĞİŞKENLER	25
4.1.1. FİZİKSEL VE KİMYASAL DEĞİŞKENLER	25
4.1.2. FİTOPLANKTON	26
4.1.3. ZOOPLANKTON	27
4.1.4. MİKROBİYAL KOMÜNİTE (BAKTERİ, HNF VE SİLİAT)	29
4.2. ZOOPLANKTON MİKROKOZM DENEYİ	32

4.2.1. ZOOPLANKTON	32
4.2.2. MİKROBİYAL KOMÜNİTE	32
4.3 MEZOKOZM DENEYİ	34
4.3.1. KİMYASAL DEĞİŞKENLER	34
4.3.2. BİYOLOJİK DEĞİŞKENLER	35
4.3.2.1. ZOOPLANKTON	35
4.3.2.2 FİTOPLANKTON (KLOOROFİL-A)	37
4.3.2.3 MİKROBİYAL KOMÜNİTE	37
4.4. MEVSİMSEL ÖRNEKLEME	39
4.4.1. EYMİR VE MOGAN GÖLÜ KİMYASAL DEĞİŞKENLER	39
4.4.2. BİYOLOJİK DEĞİŞKENLER	40
4.4.2.1. ZOOPLANKTON	40
4.4.2.2. FİTOPLANKTON (KLOOROFİL A)	42
4.4.2.3. MİKROBİYAL KOMÜNİTE	43
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	48
5.1.TARTIŞMA	48
5.1.1. ANLIK ÖRNEKLEME (ENLEMSEL GRADİYENT)	48
5.1.2. ZOOPLANKTON MİKROKOZM DENEYİ	49
5.1.3 MEZOKOZM DENEYİ	50
5.1.4 MEVSİMSELLİĞİN ETKİSİ	51
5.2. SONUÇ VE ÖNERİLER	52
6. KAYNAKÇA	53
7.TÜBİTAK	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Klasik Besin zinciri ve Mikrobiyal Döngü	14
Şekil 2: Deney düzeneği şişelerin yerleşim şekli	19
Şekil 3. Deney düzeneği ve göle bırakılma şekli	20
Şekil 4 Mezokozm illüstrasyonu	21
Şekil 5 Mezokozozmların yerleşimi	21
Şekil 6 Göllerdeki Askıda Katı Madde Miktarı (mg L^{-1}) ve Klorofil-a ($\mu\text{g L}^{-1}$) ile Secchi Derinliği (cm)	26
Şekil 7 Fitoplankton takımlarının göllerdeki biyohacim olarak dağılımı	27
Şekil 8 Pelajik ve Littoral Zooplankton gruplarının göllere göre dağılımı	28
Şekil 9 Kuzey ve Güney göllerinin pelajik bölgesinde bulunan Siliat, HNF ve Bakteri miktarları	30
Şekil 10 Kuzey ve Güney göllerinin litoral bölgesinde bulunan Siliat, HNF ve Bakteri miktarları	31
Şekil 11 Eymir Göl'ü mezokozmlarında Haziran 2010- Temmuz 2010 tarihleri arasında TP konsantrasyonlarında meydana gelen değişim	35
Şekil 12. Eymir Göl'ü mezokozmlarında Haziran 2010- Temmuz 2010 tarihleri arasında TN konsantrasyonlarında meydana gelen değişim	35
Şekil 13 Eymir Göl'ü mezokozmlarında zooplankton grupları ve toplam zooplankton miktarında Haziran 2010 ve Eylül 2010 tarihleri arasında meydana gelen değişim	36
Şekil 14 Eymir Göl'ü mezokozmlarında klorofil a konsantrasyonlarında Haziran 2010 ve Eylül 2010 tarihleri arasında meydana gelen değişim	37
Şekil 15 Eymir Göl'ü mezokozmlarında mikrobiyal komünitede Haziran 2010 ve Eylül 2010 tarihleri arasında meydana gelen değişim	38
Şekil 16 Eymir Göl'ünde TP konsantrasyonlarında Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında meydana gelen değişim	39
Şekil 17 Mogan Göl'ünde TP konsantrasyonlarında Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında meydana gelen değişim	39
Şekil 18 Eymir Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik ve litoral bölgede zooplankton miktarlarında meydana gelen değişim	40
Şekil 19 Mogan Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik ve litoral bölgede zooplankton miktarlarında meydana gelen değişim	41
Şekil 20 Eymir Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik bölgede klorofil a konsantrasyonlarında meydana gelen değişim	42
Şekil 21 Mogan Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik bölgede klorofil a konsantrasyonlarında meydana gelen değişim	42
Şekil 22 Eymir Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında litoral bölgede mikrobiyal komünitede meydana gelen değişim	44
Şekil 23 Eymir Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik bölgede mikrobiyal komünitede meydana gelen değişim	45
Şekil 24 Mogan Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında litoral bölgede mikrobiyal komünitede meydana gelen değişim	46
Şekil 25 Mogan Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik bölgede mikrobiyal komünitede meydana gelen değişim	47

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1 Proje kapsamında Kuzey ve Güney enlemlerinden örneklenen göllerin buldukları iller, koordinat, rakım ve maksimum derinlik bilgileri	17
Tablo 2 Göllerdeki ölçülen iletkenlik, tuzluluk ve pH değerleri ve TP ve TN konsantrasyonları	25
Tablo 3. Zooplankton deneyi yapılan göllerdeki zooplankton dağılımı ve yoğunlukları	32
Tablo 4 Deney yapılan Göllerde Mikrobiyal Komünitenin (Siliat, HNF ve Bakteri) inkubasyon öncesi ve sonrasındaki miktarları	34

ÖZET

SIĞ GÖLLERİN EKOLOJİK YAPISININ BELİRLENMESİNDE MİKROBİK ÇEVİRİMİN ROLÜ

Bakteri, nanoflagellatlar ve siliatlar mikrobik çevrimi oluştururlar. Mikrobik çevrim pelajik sucul komünitelerin mikrobik bileşenleri aracılığıyla karbon ve besin tuzlarının çevrimini içerir. Bakteriler ve bakterilerle beslenen canlılar arasındaki ilişkilerde hidroloji ve ötrofikasyona bağlı oluşan değişikliklerin etkisi özellikle Akdeniz İklim Kuşağındaki göllerde tam olarak anlaşılmamıştır. Siğ göl ekosistemlerindeki önemleri ve bolluklarına rağmen, mikrobiyal komünite, birbirleriyle ilişkileri ve çevresel değişimlere verdikleri tepkiler hakkında çok az şey bilinmektedir. Çoğu çalışma ılıman ve tropikal bölgelerde yapılmıştır. Bu çalışmada, kuzeyden güneye enlemsel olarak mikrobik çevrimin farklı besin tuzu ve avlanma durumlarındaki değişimi karşılaştırmalı olarak bir araya getirilmiştir. Mikrobik çevrim üzerinde yukarıdan aşağı etkinin rolü hakkında bilinenler kısıtlıdır ve sonuçlar birbiri ile çelişkilidir. Kuzeyden güneye farklı enlemlerdeki 14 gölde, yerinde besin ağı deneyleri ile mikrobik çevrim üzerine farklı zooplankton gruplarının etkisi araştırıldı. Mevsimlerin etkisi Eymir ve Mogan Göl'lerinde yapılan düzenli örnekleme ile belirlendi. Ayrıca hidrolojik değişimin neden olduğu su seviyesi değişiminin mikrobik çevrim üzerine etkisi Eymir Göl'ünde yapılan mezokozm deneyi ile belirlendi. Bu çalışmada mikrobik çevrimdeki değişimlerin göllerin trofik seviyesi, mevsimselliği, hidroloji ve zooplankton avlanma etkisine bağlı olarak nasıl değiştiği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Klasik besin ağı ve mikrobik çevrim arasındaki ilişki de ayrıca tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: fitoplankton,zooplankton, besin tuzu, siliat, mikrobiyal komünite, su seviyesi değişimi.

ABSTRACT**ROLE OF MICROBIAL LOOP IN DETERMINING THE ECOLOGY OF TURKISH SHALLOW LAKES**

Bacteria, nanoflagellates and ciliates constitute the microbial loop and it is a model of the pathways of carbon and nutrient cycling through microbial components of pelagic aquatic communities. Relations between bacteria and bacterivores are not fully understood, especially lakes in Mediterranean climate zone, in respect to their changes with the eutrophication and hydrological changes. Despite their abundance and likely importance in shallow lake ecosystems, little is known about the microbial communities, their interactions and their response to environmental changes. Most of studies were done in temperate and tropical climatic zones. We comprised a comparative study of the microbial food web community along north to south latitudinal gradient with contrasting nutrient and predation states. Little is known about the impact of trophic cascade on microbial loop and often the results are contradictory. We investigated effect of different zooplankton taxa on microbial loop community with in situ food web experiments in 14 lakes along north to south latitudinal gradient. The effect of seasonality was determined by monitoring in Lakes Eymir and Mogan. However, effect of water level fluctuations on microbial loop was determined by mesocosm experiment in Lake Eymir. We focused on explaining how the microbial loop changes with respect to trophic level of lakes, seasonality, hydrology and grazing effect of zooplankton. Relationship between classical food web and microbial loop was also discussed.

Key Words: phytoplankton, zooplankton, nutrients, ciliate, microbial community, water level fluctuation.

1.GİRİŞ

Projemiz kapsamında mikrobiyal komüniteyi oluşturan bileşenlerin birbirleriyle ilişkileri ve çevresel değişimlere verdikleri tepkileri ve mikrobik çevrimin ülkemizdeki sığ göllerin ekolojileri üzerindeki etkisi; izleme, yerinde deney ve mezokozm deneyleri yaparak ortaya konmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırılarak literatürdeki yarı kurak ve kurak bölge ile ilgili eksikliğin giderilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar bir araya getirilerek bütüncül bir yaklaşımla mikrobiyal komünite üzerinde etkili tüm faktörler araştırılmış ve bu etkilere bağlı olarak mikrobiyal döngünün ülkemiz göl ekosistemleri üzerindeki etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. **Projemizden elde edilen sonuçların olası yararları ise şu şekildedir;**

- a) Göllerdeki besin tuzlarının yenilenmesinde ve döngüsünde mikrobiyal komünitenin önemli bir rolü olduğu bilinmektedir. Küresel ısınma ile beraber artan ötrofikasyon, su seviyesi değişimleri, değişen besin ağı yapısı mikrobiyal döngünün etkinliğinde değişmelere sebep olacaktır. Ancak ülkemizde mikrobiyal döngünün göllerimizde rolüne dair bir çalışma bulunmamaktadır. Projemizden elde ettiğimiz veriler mikrobiyal komünitenin göllerimizde besin tuzlarının yenilenmesi ve döngüsündeki rolünün ortaya konmasını sağlayacaktır.
- b) Ülkemizdeki seçilen sığ göllerde mikrobik çevrim üzerine 'yukardan-aşağı: avcı kontrolü' ve 'aşağıdan-yukarıya:besin tuzu' kontrol mekanizmalarının kuzey-güney enlemleri ve ötrofikasyon etkilerince değişen rolleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular ötrofikleşmiş göllerin restorasyonunda yönlendirici olacaktır.
- c) Güney ve Kuzey enlemlerdeki göllerde, yerinde besin ağı deneyleri ile mikrobik çevrim üzerine farklı zooplankton gruplarının etkisi araştırılmıştır. Bu bulgular ise benzer özelliklere sahip kuzey ve güney enlemlerindeki göllerin "Zaman yerine mekan" yaklaşımı mantığı ile (güneydeki daha sıcak iklim özelliğine sahip göller kuzeydeki göller için model oluşturması) mikrobiyal komünite yapıları ve etkenlere verdikleri tepkiler kıyaslanarak küresel ısınmanın olası etkilerine bağlı olarak kuzeydeki göllerin mikrobiyal komünitelerinde nasıl bir değişim olacağına dair öngörülerin oluşturulmasında faydalı olacaktır.
- d) Eymir ve Mogan Göl'lerinde yapılacak düzenli örnekleme ile mikrobiyal komüniteyi oluşturan canlıların mevsimsel olarak nasıl değiştiği ortaya konmuştur.
- e) Akdeniz iklim Kuşağının temel karakteri olan hidrolojik değişimlerin mikrobik çevrim üzerinde etkisini daha iyi anlamak amacıyla Eymir Göl'ünde 2 farklı su seviyesine yerleştirilen mezokozmlarda araştırılmıştır. Su seviyesi değişimi ve besin tuzlarının yoğunluğu suiçi bitki yayılımında çok kritiktir. Ülkemizdeki göllerin çoğu sığdır ve bu göllerin yüzey alanları çok büyüktür (Beyşehir, Manyas, Işıklı, Marmara Gölleri vb.). Yapılan bu mezokozm deneyi sayesinde küresel iklim değişikliğiyle beraber özellikle kurak iklim bölgelerinde belirginleşen su seviyesi değişiminin suiçi bitki gelişimine ve mikrobik çevrim üzerine etkisi anlaşılmış olacaktır.

Bu sonuç raporunda Kuzey ve Güney enlemlerinde örneklenen göllerden elde edilen sonuçlar, Eymir ve Mogan gölleri mevsimsel örnekleme sonuçları, Eymir Göl'ü mezokozm deneyi sonuçları sunulmuştur. Materyal ve metot kısmında kullanılan tüm metotlarla ilgili bilgiler tam olarak verilmiştir.

Raporun tartışma kısmında mikrobiyal komüniteyi oluşturan bileşenlerin birbirleriyle ilişkileri ve çevresel değişimlere verdikleri tepkileri ve mikrobik çevirimin ülkemizdeki sığ göllerin ekolojileri üzerindeki etkisi tartışılacak ve dünyanın diğer bölgelerindeki çalışmalarla elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak ülkemizin de içinde olduğu yarı kurak ve kurak bölgedeki bu konudaki literatür eksikliğini kapatılmasına katkıda bulunmuş olacaktır. Bu projenin sonucunda elde ettiğimiz veriler, uluslararası saygın dergilerde yayınlanıp konferanslarda sunulacak hem ülkemiz için hem de uluslararası düzeyde göllerin ekolojik yapılarında mikrobik çevirimin etkisini anlamada hem de hidroloji, iklim ve ötrofikasyonun mikrobik çevirime ve göllerin ekolojisine etkisinin belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

“Sığ Göllerin Ekolojik Yapısının Belirlenmesinde Mikrobik Çevirimin Rolü” başlıklı 1002 Hızlı Destek Araştırma Projesi TÜBİTAK ÇAYDAG tarafından 109Y181 numaralı proje olarak onaylanmış ve bir yıllık proje döneminde yapılan çalışmalar 24675 TL proje bütçesi ile desteklenmiştir.

2.GENEL BİLGİ

2.1 Giriş

Göllerin ekolojisinin belirlenmesinde besin tuzları büyük öneme sahiptir. Çünkü göllerdeki birincil üretim doğrudan besin tuzlarının bulunabilirliği ile ilgilidir. Artan besin tuzu girdisi göllerin üretkenliğinin artmasına ve bunun sonucu trofik düzeydeki ilişkilerde değişmelere neden olur. (Jeppesen,1998). Son otuz yıldır artan şehirleşme, şehir kanalizasyon atıkları, sulakalanların regülasyonu, artan tarım faaliyetleri, çoğu sulakalana (göller, dereler, nehirler) fosfor (P) ve azot (N) besin tuzları yüklemesini arttırmış ve dünya çapında “ötrofikasyon” problemini gündeme getirmiştir (Moss ve diğ., 1996, Moss, 1998; Jeppesen, 1998, Mainstone ve diğ., 2000; Smith, 2003; Jeppesen ve diğ., 2005, 2007). İklim değişikliği ile beraber artan siyanobakter patlamaları, değişen besin ağı yapıları, suiçi bitkilerde azalma ile ötrofikasyonun etkisi daha da artacağı beklenmektedir (Mulholland ve diğ., 1997, Søndergaard ve diğ., 2001, Jeppesen ve diğ., 2003, Beklioglu ve Tan, 2008; Özen ve diğ., yayına hazırlanıyor). Bazı sulakalanlar kuruma ile karşı karşıya kalırken, daha yüksek sıcaklık ve düşük su seviyesi sonucunda, sedimandan besin tuzlarının (özellikle fosforun) salınımı ile ötrofikleşme artacaktır (Jeppesen ve diğ., 2003; Mooij ve diğ., 2005; Beklioglu ve Tan, 2008, Beklioglu ve Özen, 2008; Özen ve diğ., 2010).

Fosfor (P) genelde Kuzey ılıman iklim bölgelerindeki göllerde sınırlayıcı besin tuzu (Vollenweider, 1968; Schindler, 1977; Shapiro, 1988) ve fitoplankton büyümesini kontrol eder (Dillon ve Rigler,1974). Bu nedenle fosfor genellikle göllerin trofik düzeyini belirleyen en önemli faktör olarak değerlendirilir. Fosfor kadar önemli olan bir başka besin tuzu ise azottur (N). Birincil tüketicilerin azota ihtiyaçları fosfora göre daha fazla olmasına rağmen göllerde azot konsantrasyonu fosfora göre daha fazladır ve bu nedenle göllerde genelde azot fazlalığı olur (Moss, 2001; Maberly ve diğ., 2002). Küçük havzaya ve azot girdisine sahip olan göller ile azotun sistemi denitrifikasyon ile terk ettiği ve fosforun sistemde kaldığı göllerdir (James ve diğ.,2002) olduğu için sınırlayıcı besindir. Öte yandan azotun konsantrasyonu genellikle fosfor konsantrasyonu ile doğrudan ilişkilidir ve bu nedenle iki besin tuzunun ayrı ayrı etkilerinden bahsetmek zordur. Bunun yanında yapılan çalışmalar azotun rolünün daha önce sanılandan daha da fazla olduğunu göstermiştir (Moss, 2001; González Sagrario ve diğ., 2005; James ve diğ., 2005; Jeppesen ve diğ., 2005). Fakat yarı kurak, Akdeniz İklim Kuşağı, gibi bölgelerde azot sıcaklıkla artan denitrifikasyon sonucu su-içi azot miktarlarını azaltarak sınırlayıcı besin tuzu durumuna getirmektedir.

Son yıllarda göllerdeki besin ağı yapısı ve etkileşimleri ile ilgili özellikle kuzey ılıman göllerinde yapılan ciddi araştırmalar ve tartışmalar bulunmaktadır. Yirmiyıl öncesine kadar en geçerli görüş; besin ağının, en alt basamağındaki besin kaynakları ile kontrol edildiği ve besin zinciri boyunca en alttan yönlendirildiği şeklindeydi. Örneğin “fitoplanktonun popülasyon

yoğunluğu, besin tuzları ve ışık tarafından kontrol edilirken, zooplankton ise fitoplankton tarafından kontrol edilir” yaklaşımında olduğu gibi. Bu durum ‘aşağıdan-yukarı’ kontrol ya da ‘kaynak kontrolü’ olarak adlandırılmaktadır (McQueen ve diğ. 1986). Daha sonraki yıllarda besin ağlarının ‘yukarıdan’ avcı kontrolü ya da ‘yukarıdan-aşağı’ kontrol edildiği görüşü ortaya atılmıştır. Bu görüşe göre, balık popülasyonu zooplanktonları, zooplankton popülasyonu ise fitoplanktonları kontrol eder. (Gulati ve diğ. 1990; Shapiro ve Wright 1984; Carpenter ve diğ. 1985; McQueen ve diğ. 1989). Göllerdeki bu değişimler besin tuzu miktarlarını da etkilemektedir. Bu etkileşim trofik kademeli dizi (trophic cascade) olarak adlandırılmaktadır (Carpenter ve diğ.,1993, Jeppesen ve diğ.,2005). Bununla birlikte değişen besin tuzu seviyelerinde kaynak ve avcı kontrolünün ‘birlikte etkisinin’ önemli olduğu unutulmamalıdır (Jeppesen ve diğ., 1994; Jeppesen, 1998; Jeppesen ve diğ. 2006, 2007a; Jeppesen ve diğ., 2007b). Ancak 1980’lerden itibaren klasik besin ağı görüşü değişmeye başlamıştır. Geleneksel fitoplankton-zooplankton besin zinciri görüşü mikrobiyal döngü kavramı ile desteklenmeye başlanmıştır (Azam ve diğ., 1983). Ancak pelajik besin ağının tüm elemanlarını içeren sınırlı sayıda çalışma mevcuttur [örneğin (Carrick ve diğ., 1991; Nixdorf ve Arndt, 1993; Gaedke ve Straile, 1994; Mathes ve Arndt, 1994)]. Mikrobiyal döngünün son yıllardaki tanımlaması (Azam ve diğ., 1983; Pomeroy, 1974, Caron ve Goldman, 1990, Azam, 1998) besin tuzlarının döngüsünün tekrar gözden geçirilmesini gerektirmiştir. Çoğu sucul sistemde genellikle birincil üretimin tamamına yakınının fitoplanktondan zooplanktona oradan balıklara dikey bir besin zinciri şeklinde geçtiği düşünülmekteydi (Steele, 1974). Ancak son 20 yıldır yapılan çalışmalar sonucu anlaşılmıştır ki **fitoplankton hücre içeriğinin %50’si geleneksel besin zincirini atlayıp besin tuzlarının hızlıca yenilediği karmaşık bir mikrobiyal döngüden geçmektedir. Bu nedenle fitoplankton üretiminin büyük bir kısmı dolaylı ya da doğrudan daha yukarı trofik seviyelere geçmek yerine mikrobiyal döngüye girer** (Berman, 1990; Fenchel, 1988; Pomeroy ve Wiebe, 1988; Sherr ve Sherr, 1991). Bu açıdan bakıldığında **mikrobiyal komuniteler besin tuzu çevirimini büyük ölçüde arttırabilir ve besin ağının temelinde güçlü pozitif geri bildirimlere neden olabilir.** Bu nedenle besin tuzlarının ve karbonun klasik besin ağı ve mikrobiyal döngü olmak üzere iki yol izlediği (Şekil 1) ve bunlar arasındaki değişimlerin komünite düzeyindeki besin tuzlarının kullanımına bağlı olarak değiştiği düşünülmektedir (Legendre ve Rassoulzadegan 1995).

Tüm organizmalarda karbon ve azot döngüsü birbiri ile yakından ilişkilidir (Sterner & Elser, 2003). Bakteri protein ve nükleik asitler için daha fazla azota ihtiyaç duyar. Bu nedenle gelişmeleri için fitoplankton tarafından üretilen çözünmüş organik maddeye (DOM) ihtiyaç duyarlar ve bu bakterilerin temel karbon ve azot kaynağıdır (Wheeler & Kirchman 1986; Kirchman 1994). Bunun yanında fitoplanktonlar bakteriler tarafından üretilen amonyuma bağımlıdırlar ve daha üstteki gruplar ise gelişmeleri için buna ihtiyaç duyarlar. Bütün bunlar fitoplanktonlar ve bakteriler arasında karbon ve azot metabolizması bakımından yakın ilişki olduğunu göstermektedir.

2.2 Mikrobik çevrime etki eden faktörler

2.2.1 Aşağıdan Yukarı Kontrolün Etkisi

Besin ağı içinde mikrobiyal döngünün ağırlığı gölün üretkenliğine (Bird ve Kalff, 1984; Riemann ve Søndergaard, 1986; Weisse, 1991; Cotner ve Biddanda, 2002) ve yıl içindeki besin tuzlarının döngüsüne bağlı olarak değişebilir (Weisse ve Muller, 1998). Komünite yapısı, mikrobiyal komünitenin potansiyel avcısı, zooplanktonların kompozisyonu, mikrobiyal komünitenin kendi kompozisyonu trofik düzeye bağlı ilişkileri anlamak açısından önem arz etmektedir (Porter ve diğ., 1988). Mikrobiyal seviyede besin ağı ile olan ilişkilerin karbonun üretimi ve yenilenmesinde önemli olduğu konusunda güçlü deliller bulunmaktadır (Sherr & Sherr 1987; Capblancq 1990; Weisse 1991). Ayrıca bakteri tarafından yeniden oluşturmanın mevcut bakteriyel subsratların C/N/P oranından bağımsız olduğu ve bakteriler tarafından besin tuzu zenginleşmesine verilen tepkilerin fitoplanktonlardan bağımsız olduğu ve mikrobiyal populasyonların ötrofikasyonun daha hassas bir göstergesi olabileceği öne sürülmektedir (Nelson et al., 2008).

Genel olarak besin tuzlarındaki artış pelajik besin ağlarındaki tüm seviyelerde organizmaların biyokütlesinde artışa neden olur (Pace, 1986; Berninger ve diğ., 1991), ancak mikrobiyal grubun buna tepkisi farklı olur (Christoffersen ve diğ., 1993; Gasol ve Vaque', 1993; Jansson ve diğ., 1996). Fosfordaki artış hızlı bir şekilde bakteriyel üretimi artırır ve bakteri komünite yapısında önemli değişimlere neden olur (Nelson ve Carlson, 2008). Besin ağındaki yapısal değişimler bazı gruplarda (hetotrofik flagellatlar gibi) aşağıdan yukarı kontrolden yukarıdan aşağı kontrole geçişe neden olabilir (Weisse, 1991). Kaynakların sınırlı olduğu oligotrofik göllerde plankton dinamikleri daha çok besinlerin çevirimi ile ilgilidir bu nedenle mikrobiyal döngünün oligotrofik göllerde birincil üretimi ötrofik göllere göre daha fazla kontrol ettiği düşünülmektedir (Bird ve Kalff, 1984; Cho & Azam 1990; Simon ve diğ., 1992). Ayrıca besin tuzları azaldıkça mikrobiyal döngü içerisindeki çevirim ve besin tuzlarının yenilenmesi daha da önem kazanmaktadır. (Thingstad ve diğ., 1998). Siyanobakterlerin artması ve bakterilerin biyokütlesinin artması protistaların ve metazoaların artmasına neden olur (Gulati, 1990; Noges ve diğ., 1998; Jeppesen ve diğ., 2000). Buna bağlı olarak mikrobiyal yollar daha da önem kazanır ancak siyanobakter patlamalarına bağlı olarak ötrofik göllerde tüm besin ağlarının etkinliği azalır (Gliwicz 1969; Christoffersen, 1996; Havens, 2006). Moustaka ve diğ., (2006) tarafından Costaria Gölünde (Yunanistan) yapılan bir çalışma toksik siyanobakter patlamalarının mikrobiyal döngüyü zayıflattığını ortaya konmuştur. Çünkü Hetotrofik nanoflagellatlar (HNF) ve siliatlar rotiferlerin ve küçük kladoserlerin artmasına bağlı olarak azalmıştır.

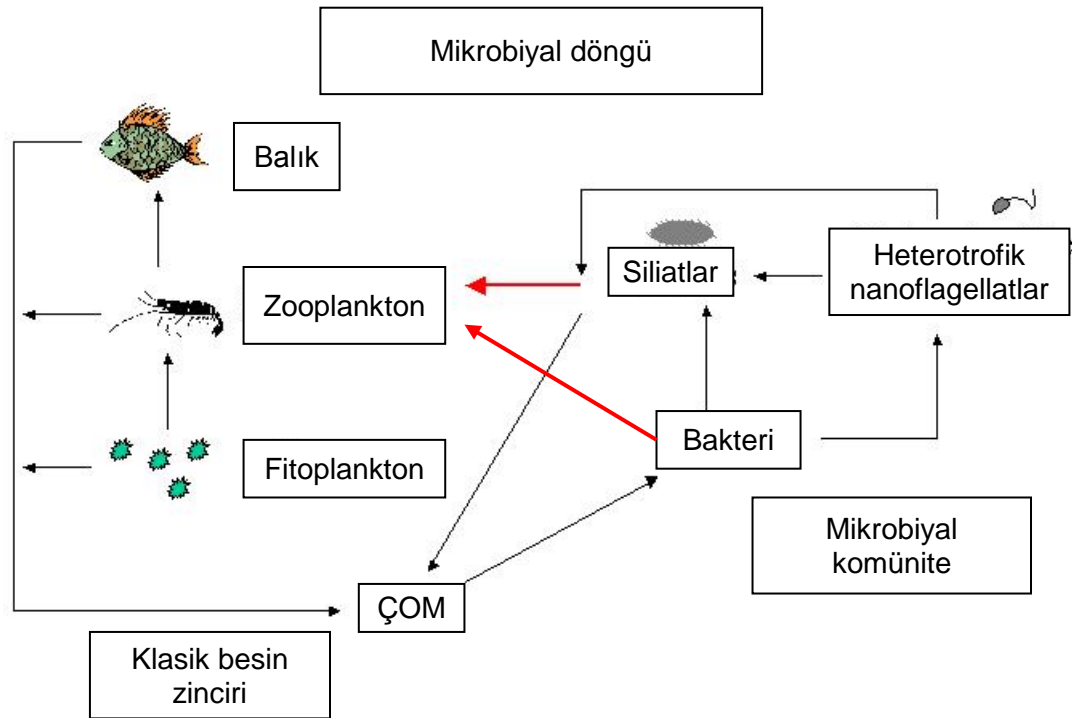
2.2.2 Yukarıdan Aşağı Kontrol Etkisi

Göllerde zooplanktonların bakteriler üzerindeki avlanma baskılarına ait çalışmalar giderek artmaktadır (Sanders ve diğ., 1989; Vaque ve diğ., 1992; Hwang & Heath, 1999). Göllerde kladoserler HNF üzerinde yaz boyunca en yüksek olumsuz etkiyi yapan bir gruptur (Gasol ve diğ., 1995). *Daphnia*'nın baskın olduğu göllerde bu grubun etkisinin tüm mikrobiyal komünite üzerinde dolaylı ya da doğrudan görüldüğü gösterilmiştir (Jurgens, 1994; Jurgens & Jeppesen, 2000).

Kladoserler, siliat ve HNF gruplarını azaltarak bakterilerin artmasını sağlayarak, bakteri için uygun olan organik maddenin dibe çöküp kaybolmasını önlediklerinden olumlu etkilerinden de söz edilebilir (Jeppesen ve diğ., 1992). Kopepodlar siliatları baskılar ve HNF'ları siliat baskısından kurtarırlar (Sommer ve diğ., 2003). Kalanoid kopepodlar bakterileri tüketirler (Knoechel & Holtby, 1986), ancak siklopoid kopepodların tüketmediği gözlemlenmiştir (Sanders ve diğ., 1989; Thouvenot ve diğ., 1999).

Yine hidrolojiye bağlı meydana gelecek olan ötrofikasyon ve besin ağlarındaki değişmeye bağlı olarak Akdenizdeki göllerde bakteri ve siliatlar üzerinde ılıman bölgedeki göllere göre daha az bir yukarıdan aşağı etki ve daha güçlü bir aşağıdan yukarı kontrol beklenmektedir (Conty ve diğ., 2007).

Zooplankton mekanizmalarını etkileyen faktörler aynı zamanda dolaylı olarak mikrobiyal komüniteyi de etkiler. Christoffersen ve diğ., (1993) tarafından yapılan bir çalışmada planktivor balıkların ötrofik göllerde zooplankton komünite yapısını ve dolaylı olarak mikrobiyal komüniteyi etkilediğini ortaya koymuştur. Kladoserler baskınken bu grup fitoplanktonları, HNF, rotifer ve bakterileri kontrol eder. Kladoserler balıklar tarafından azaltıldığında mikrobiyal komünite de HNF biyokütlesi artar.



Şekil 1 Klasik Besin zinciri ve Mikrobiyal Döngü

2.2.3 Hidroloji ve Suiçi Bitkilerin etkisi

Suiçi bitkiler, mikrobiyal kolonizasyon için yer sağlamaları ve ışık, sıcaklık, besin tuzları açısından mekansal (spatial) çeşitlilik sağlamaları açısından önemlidir (Wilcock ve diğ., 1999; Stanley ve diğ., 2003). Suiçi bitkilerde *Daphnia* için barınak etkisi sağladığından HNF üzerinde olumsuz etkiye sahiptirler. Jurgens ve Jeppesen, (2000) yaptıkları çalışmada hiç suiçi bitki yokken siliatların ve bakterilerin daha fazla miktarda bulunduğunu göstermiştir. Suiçi bitkilerin bakteriler üzerinde olumlu etkileri de vardır. Suiçi bitki kaynaklı P ve organik karbonun bakterileri arttırdığı yapılan mezokozm çalışmaları ile gösterilmiştir (Wehr ve diğ., 1999). Bu çalışmaya göre yoğun suiçi bitki yataklarının göliçi P akışını fitoplanktonlardan bakterilere doğru yönlendirdiği anlaşılmıştır. Ancak suiçi bitkilerin mikrobiyal komünite üzerindeki etkisi ile yapılmış sınırlı sayıda araştırma mevcuttur (Komarkova ve Komarek, 1975; Kleppel ve diğ., 1980; Middelboe ve diğ., 1998; Mitamura ve Tachibana, 1999; Reitner ve diğ., 1999; Scheffer, 1999; Theil-Nielsen ve Søndergaard, 1999). Bu nedenle projemiz kapsamında hidroloji ve buna bağlı suiçi bitki gelişimine bağlı değişimlerin mikrobik çevrimi nasıl etkileyeceğini ortaya koyacak olan Eymir Göl'ündeki mezokozm çalışmasından çıkacak sonuçlar önemli hale gelmektedir.

Hidrolojik yapı (su seviyesi değişimleri, suyun kalma zamanı, akım gibi), temel iyonlar ve suiçi makrofitleri üzerinde etkin bir role sahiptir (Beklioglu ve diğ., 2006; 2007). Su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak suiçi bitkilerin gelişme dinamikleri üzerinde önemli etkilere sahiptirler ve farklı suiçi bitki komuniteleri oluşur. (Medeiros dos Santos & de Assis Esteres 2002), Artan su seviyesinde ışık geçirgenliğinin azalması veya düşük su seviyesinde özellikle buz tabakası ile dalga hareketleri su içi bitkiler üzerinde yıkıcı etkiler yaratmaktadır. Su içi bitkilere olan bu yıkıcı etkiler göl ekosistemindeki biyolojik ve fizikokimyasal süreçleri doğrudan değiştirmektedir (Carpenter ve Lodge 1986, Jeppesen ve diğ., 1997). Yine hidroloji ile ilgili olarak ortaya çıkan ötrofikasyon ile suiçi bitkilerin azalması ve kaybolması arasında da yakın bir ilişki vardır (Moss 1990; Scheffer 1990). Göller, suiçi bitkiler ötrofikasyon kaynaklı olarak kaybolmasına bağlı olarak fitoplanktonların baskın olduğu bulanık su durumuna geçerler. (Scheffer, 1989; Scheffer, Hopper, Meijer, Moss, & Jeppesen, 1993). İklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışı suiçi bitkilerin gelişme ve üremelerini de etkileyecektir (Madsen ve Brix 1997, Santamaría ve van Vierssen 1997). İklim değişikliğine bağlı olarak meydana gelecek olan su seviyesindeki değişimlerin Akdeniz bölgesinde suiçi bitkileri arttırması beklenmektedir (Coops ve diğ., 2003; Beklioglu ve diğ., 2006). Ancak bu etki su seviyesindeki azalmaya bağlı artan ötrofikasyon ile baskılanabilir (Beklioglu & Tan, 2008). Hidrolojideki değişimler, besin tuzları ve suiçi bitkilerin yoğunluğu ve çeşitliliği üzerine etkili olacaktır ve bu değişimlere bağlı olarak mikrobiyal komünitede değişimler meydana gelecektir.

2.2.4 Mevsimselliğin Etkisi

Mikrobik çevrimin nasıl çalıştığını anlamak için mikrobiyal komünitenin mevsimsel dinamiklerinin de gözönüne alınması gerekmektedir (Cleven ve diğ., 2001; Höfle ve diğ.,1999; Pernthaler ve diğ.,1998). Yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarı kontrol mekanizmaları bakteriyel komünitelerin yapı ve dinamiklerinde mevsimsel değişimler gösterir. Muylaert ve diğ. (2002) bakteriyel komünitenin ötrofik göllerde subsrat kaynağına göre değiştiğini göstermiştir (fitoplankton yada başka kaynaklar). Berrak su surumundaki göllerde ise yukarıdan aşağı kontrol mekanizmaları daha etkilidir. Organik maddelerin ayrışımı bakteriyel komünitenin kompozisyonuna bağlıdır (Pinhassi ve diğ., 1999; Riemann ve diğ., 2000) ve yukarıdan aşağı kontrol besin tuzlarının çevrimini etkileyebilir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Göllerde mikrobiyal komünitenin rolü ve mikrobiyal komünite üzerine etki eden faktörleri araştırmak üzere kuzey ve güney enlemlerdeki göller (Tablo 1) anlık fotoğraf çekme yöntemi ile güncel fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler için örneklenmiş ve bu göllerde zooplankton etkisini anlamak için mezokozm deneyleri yapılmıştır. Düzenli örnekleme çalışması, Eymir ve Mogan Göllerinde mevsimselliğin etkisini araştırmak için Mart 2010-Şubat 2011 tarihleri arasında bir yıl süreyle aylık olarak örneklenmiştir. Eymir Göl'ünde mikrobiyal komünite için hidroloji ve balık etkisinin mikrobiyal komünite yapısını ve döngüyü nasıl etkilediği ortaya koymak için Haziran 2010'da mezokozm düzeneği kurulmuş ve Haziran-Eylül 2010 tarihleri arasında aylık örnekleme yapılmıştır. Projede kullanılan yöntemler aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 1 Proje kapsamında Kuzey ve Güney enlemlerinden örneklenen göllerin buldukları iller, koordinat, rakım ve maksimum derinlik bilgileri

Göl adı	İller	Koordinatlar	Rakım (m)	Maksimum derinlik (m)
Hamam	Kırklareli	41 49 40 N; 27 57 93 E	5	1,9
Saka		41 48 10 N; 27 59 36 E	1	2,5
Poyrazlar	Adapazarı	40 50 32,8 N; 30 28 12,3 E	36	4,7
Yeniçağa	Bolu	40 46 44,7 N; 32 01 28,5 E	988	4,4
Gölcük		40 39 15,6 N; 31 37 34,6 E	1228	5,2
Taşkısığı	Adapazarı	40 52 42 N; 30 25 55 E	27	3,4
K.Akgöl	Adapazarı	40 52 39 N; 30 25 57 E	20	1
Emre	Afyon	39 06 29,7 N; 30 26 16,2 E	1154	4,3
Gebekirse	İzmir	37 59 09,2 N; 27 18 14,7 E	0	5,4
Gölcük_Ö		37 59 29,9 N; 27 19 08,0 E	1049	2,5
Gölcük	Kühtaya	39 16 90,3 N; 29 08 39,1 E	1300	3,4
Yayla	Denizli	38 03 118 N; 28 46 350 E	1150	2
Saklıgöl		37 46 644 N; 29 23 865 E	1903	7,5
Baldıma	Muğla	36 41 72 N; 28 50 063 E	4	1,5

3.1. Enlemsel Örneklemeye

3.1.1. Anlık Fotoğraf çekme yöntemi:

Göllerin uzun dönemli izlenmesi ile zamansal çözünürlüğü yüksek veri kümesi elde edilir. Fakat bu veri kümesinde mekânsal çözünürlük zayıftır çünkü sadece araştırması yapılan gölün bulunduğu bölgenin koşullarını yansıtabilir ve bu bilgi de gölün bulunduğu coğrafya, iklim ve tür çeşitliliğini etkileyecek diğer etkilerin altında mekânsal genelleme yapmaya izin vermez. Mekansal çözünürlük ise enlemsel gradient içinde Zaman Yerine Mekan Yaklaşımı içinde ılıman kuşaktan ekvatora doğru gidildikçe sıcaklığın ve biyolojik aktivitenin artması temel alınarak, çok sayıda benzer özelliğe sahip göl “Anlık Fotoğraf Çekme Örneklemeye” yöntemi ile bir ya da iki kez (örn: ilk bahar ve büyüme mevsiminde) aynı protokol kullanılarak çok sayıda göl örneklenerek mekansal çözünürlük arttırılabilir (www.eurolimpacs.ucl.ac.uk; <http://www.projectenaew.wur.nl/salga>;). Çok sayıda araştırma alanı aynı yöntemi kullanarak 1-2 defa fiziksel, kimyasal ve biyolojik çok sayıda değişken için standart protokolleri kullanarak örneklenmesi prensibine dayanır (Stemberger ve diğ., 2001). Bu örneklemeye ile elde edilecek verilerde mekansal çözünürlüğünün yüksek olması hipotezlerin sınanmasına imkan verir. Otuz yedi ortaklı EU-FP6 kapsamında desteklenen EUROLIMPACS kapsamında geliştirilen, Hollanda Hükümetince desteklenen SALGA projesi (www.eurolimpacs.ucl.ac.uk; <http://www.projectenaew.wur.nl/salga>) ve şimdi ODTÜ Limnoloji Laboratuvarında ortakları arasında buluna EU-FP7 REFRESH gibi çok büyük ortaklı ve geniş coğrafik yayılımı olan projelerde sınanan “Zaman Yerine Mekan Yaklaşımıyla, “Anlık Fotoğraf çekme- AFÇ” örneklemede kullanılan örnekleme yöntemleri 105Y332 nolu proje kapsamında ülkemizde kuzey-güney enlemleri boyunca örneklenen 26 gölün örneklemede kullanılmış ve uygunluğu sınanmıştır. Anlık fotoğraf çekme örneklemede her ne kadar mevsimsel değişimlere bağlı fiziko-kimyasal değişimler ihmal edilse de çok sayıda göl eş zamanlı olarak aynı yöntemler kullanılarak ekosistem dinamikleriyle ilgili mekanizmaların çözümlenmesinde ve mikrobiyal komüniteye etki eden faktörlerin ve mikrobiyal komünitenin göl ekolojilerine etkisinin enlemsel olarak kuzey ve güneydeki göller arasındaki benzerlik ve farklılıkların anlaşılmasında kullanılmak üzere güvenilir veri üretilecektir.

3.1.2. Analitik Yöntemler

Pelajikte göllerin belirlenen en derin noktasında bot sabitlenerek maksimum ve Secchi disk derinliği ölçülmüştür. Saha çalışmasında aynı noktadan her yarım metrede çok değişkenli ölçer (Multi-Prob) ile sıcaklık, çözünmüş oksijen, iletkenlik, pH, tuzluluk ölçümleri yapılmış, aynı noktadan su örnekleycisi ile her yarım metrede 3 lt olmak üzere toplam 40 lt su örneğine ulaşılanana kadar biyolojik örneklerle birlikte eş zamanlı olarak su örneği alınarak alt örnekleme ile 40 lt den 500 ml'lik polietilen şişeye kimyasal analizler için konan su örneği dondurularak laboratuvara getirilmiştir. Kimyasal analizler, TP (Mackereth, ve diğ., 1978), TN (Skalar San^{plus} azot oto-analizörü ve ilgili sertifikalı metodlar kullanılarak yapılmıştır (Houba, V.J.G., 1987; Krom, M.,1980; Kroon, H., 1993; Searle, P.L., 1984; Skalar). Askıda katı madde analizi de pelajikten alınan aynı su örneğinden 500 ml suyun ağırlığı bilinen filtrelerden süzülüp tartılması prensibine

dayanarak hesaplanmıştır (Anonim, 2004). Pelajikden alınan 40 lt'lik su örneğinden 500 ml su örneğinde Klorofil-a yoğunluğu etanol çözdürme yöntemine (Jespersen ve Christoffersen 1987) göre yapılmıştır.

Bu şekilde göllere ait besin tuzu miktarları saptanmıştır. Analitik yöntemler, kuzey ve güneyden örneklenmiş göllerde, Eymir ve Mogan Göllerinde, Eymir mezokozm deneyinde kullanılmıştır.

3.2 Mikrokoz m ve Mezokoz m deneyleri

3.2.1 Zooplankton mikrokoz m deneyi (yukarıdan aşağı avcı kontrolü)

Farklı zooplankton gruplarının mikrobiyal komünite üzerine etkisini araştırmak için gölün pelajik bölgesinden alınan su kullanılarak Şekil 1'de gösterildiği gibi şişeler yerleştirilmiştir. Su örnekleri tüm şişelere 20 mikrometrelik filtrelerden zooplankton uzaklaştırmak için süzülerek konmuş Zooplankton eklemek için, 20 mikrometrelik filtrelerden 1er litre su süzülerek zooplankton eklemeleri ilgili şişelere yapılmıştır. Şişeler her grup için 3 tekrarlı ve her bir set (zooplankton + ve zooplankton -) için ikili olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 2). Hazırlanan düzenek Şekil 3'deki gibi göle bırakılarak bir gün boyunca gölde bekletilmiştir ve inkubasyon öncesinde ve sonrasında zooplankton ve mikrobiyal komünite (bakteri, HNF ve siliat) için örnek alınmıştır.

Zooplankton (+)	Zooplankton (-)	Zooplankton (+)	Zooplankton (-)
1A	2A	3A	4A
1B	2B	3B	4B
1C	2C	3C	4C



Şekil 2 Deney düzeneği şişelerin yerleşim şekli



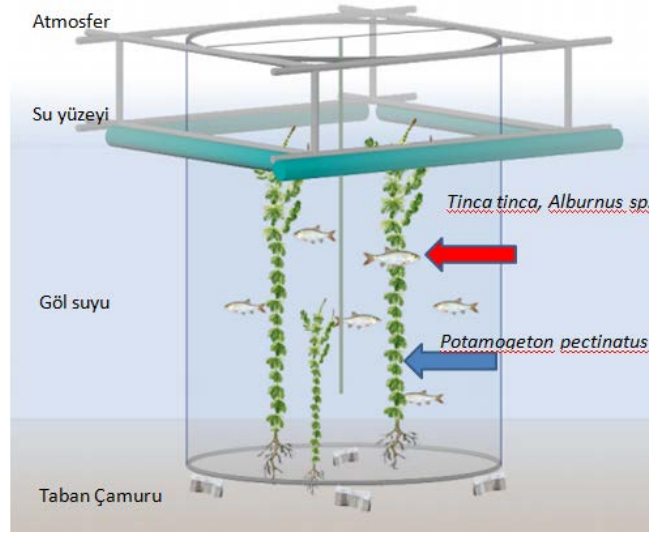
Şekil 3 Deney düzeneği ve göle bırakılma şekli

3.2.2 Mezokozm Deneyi

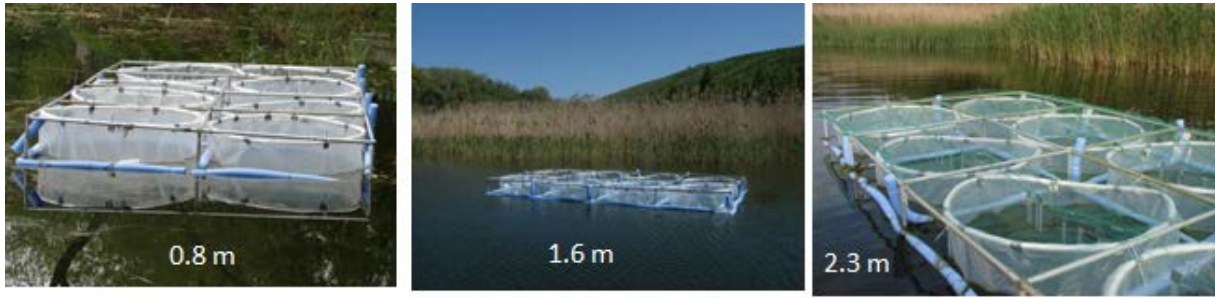
Yazın yaşanan ve iklim değişiklikleri ile de artması beklenen kuraklıklar sebebiyle coğrafyamızda bulunan göller şiddetli su seviyesi değişimleri yaşamaktadırlar. Eymir Göl'üne kurulan mezokozm deneyi yaz sezonunu kapsamaktadır (Haziran-Eylül) ve kurulan düzeneğin sabit olması sebebiyle su seviyesi değişikliklerinin etkisi kontrollü bir şekilde anlaşılabilir. Bu deney ODTÜ Biyoloji Bölümü Yüksek Lisans öğrencileri Tuba Bucak ve Ece Saraoğlu'nun tez çalışmaları kapsamında ODTU BAP tarafından desteklenerek su seviyesindeki değişimlerin ve balık etkisinin suiçi bitkilerin gelişimi üzerindeki etkisini anlamak için tasarlanmıştır. Mikrobiyal Komünite üzerine su seviyesi değişiminin etkisini anlamak için mikrobiyal komünite örnekleri bu mezokozmlardan alınmıştır.

Farklı su seviyelerindeki suiçi bitki gelişimini anlayabilmek amacıyla, 1,2 metre çaplı pvc boru etrafına sarılmış polietilen naylonlarla kaplı silindirik mezokozmlar (yapay havuz) alttan taban çamuruna oturan ve su yüzeyinin 15 cm üzerinde atmosfere açık olarak (Şekil 3) 3 farklı derinliğe (0,8, 1,6, 2,3 m) (Şekil 4) her bir derinlik seviyesinde 4 tekrarlı kontrollü deneyler için 24 odalı bir mezokozm yapılmıştır. Ancak deneyin 3. ayında, 2,3 metre derinliğine kurulan mezokozmların zarar görmesi ve iş göremez hale gelmeleri nedeni ile deney 0,8 ve 1,6 metre derinliklerde devam ettirilmiştir. Düzenekler kurulmadan önce kurulacakları alanlardaki suiçi bitkiler dalgıçlar tarafından temizlenmiştir. Her mezokozma, Eymir Gölü'nün faunasından küçük boyutlu (<10 cm) ve omni-planktivör balıkları temsil edecek 12 balık (*Tinca tinca*, *Alburnus sp.*) eklenmiş ve 10 adet bitki (*Potamogeton pectinatus*) ekilmiştir.

Ayda bir yapılan örneklemelerde fiziksel (derinlik, ışık geçirgenliği, sıcaklık, askıda katı madde, çözünmüş katı madde), kimyasal (toplam azot, toplam fosfat, tuzluluk, iletkenlik, pH, çözünmüş oksijen) ve biyolojik (mikrobiyal komünite, fitoplankton, zooplankton, suiçi bitkileri) değişkenler ölçülmüştür.



Şekil 4 Mezokozm illüstrasyonu (Özkan 2008'den uyarlanarak yeniden çizilmiştir)



Şekil 5 Mezokozozmların yerleşimi

3.3 Biyolojik Verilerin Örneklenmesi ve Tayinleri

3.3.1 Bakteri ve HNF örneklerinin alınması ve sayımı:

Anlık Örneklem ve Mevsimsel Örneklem için:

Bakteri ve HNF örnekleri su kimyası için alınan örnekten pelajik ve littoral bölgeden alınmıştır.

Zooplankton deneyi için:

İnkubasyon öncesi ve sonrası Bakteri ve HNF örnekleri ilk gün 1. ve 2. Set şişelerden ve 2. Gün tüm şişelerden alınmıştır.

Mezokozm Deneyi:

Şırınga şeklinde tüp örnekleyici ile bakteri ve HNF örnekleri alınmıştır.

Alınan örnekler %2 glutaraldehyde içeren elli ml'lik kahverengi cam şişelerde sabitlenmiş ve aynı gün içerisinde süzülmüştür.

10 ug ml⁻¹ final konsantrasyonunda 4'6-diamidino-2-phenylindole (DAPI, Sigma) ile örnekler 10 dakika (Porter and Feig 1980) boyanır. Boyanan örnekler bakteri için 2-5 ml 0,22 µm filtrede

ve HNF için 10- 15 ml 0,8 µm filtrede (HNF) süzölmüştür. Filtreler sayıma kadar -20 derecede saklanmış ve sayım yapılacağı zaman filtreler lam üzerine alınıp üzerlerine immersiyou yağ konulup lamelle kapatılmıştır. Her bir filtrede en az 400 bakteri ve HNF için filtrenin tamamı floresans ataçmanlı ışık mikroskobu ile karanlık ışık almayan bir ortamda sayılmıştır.

3.3.2 Siliat örneklerinin alınması, sayımı ve teşhisi

Anlık Örnekleme ve Mevsimsel Örnekleme için:

Su kimyası için alınan 40 L'lik su örneği alınmıştır.

Zooplankton deneyi:

İlk gün sadece ilk 2 setten ikinci gün tüm şişelerden örnek alınmıştır.

Mezokozm deneyi:

Şırınga şeklinde tüp örnekleyici ile bakteri ve HNF için alınan sudan alınarak örneklenmiştir.

Siliat örnekleri 100 ml'lik %2'lik lugol içeren kahverengi cam şişelere alınmıştır. Utermöhl (1958) tekniği ile inverted mikroskopta sayılmıştır. En az 200 siliat sayılmış ve tanımlar Foissner & Berger, 1996 ve Foissner ve diğ., 1999'a göre yapılmıştır.

3.3.3 Fitoplankton örneklerinin alınması, teşhis ve sayımları

Anlık Örnekleme ve Mevsimsel Örnekleme için:

Pelajikden alınan 40 lt'lik su örneğinden su iyice karıştırılarak fitoplankton için doğrudan %2'lik Lugol çözültisi içeren 50 ml'lik kahverengi cam şişelere konularak örnekler alınmıştır.

Mezokozm deneyi için:

3 L su örneği alınıp iyice karıştırılarak doğrudan %2'lik Lugol çözültisi içeren 50 ml'lik kahverengi cam şişelere konularak örnekler alınmıştır.

Sayım işlemi için örnek hazırlarken, elli ml'lik örnek şişeleri 2 dakika boyunca ortalama 100 kezden fazla karıştırılarak örnek şişesinin tabanının tekrar karışması ve örneğin homojen olarak şişede dağılması sağlanmıştır. Karıştırma işleminden sonra örneğin yoğunluğuna göre (örnek yoğunluğuna klorofil-a yoğunluğuna bakılarak karar verilmiştir) 5 ve 10 ml'lik Hydro-Bios çöktürme çemberlerine alınıp 6-12 saat çökmesi için bekletilerek alt örnekler hazırlandı. Çöktürme işleminden sonra bu örnekler ODTÜ Biyoloji Bölümü, Limnoloji laboratuvarında Leica DMI4000B inverted mikroskop ve 630X büyütme ve çeşitli tayin anahtarları (Presscott, 1978 ve 1982; Barber & Haworth, 1981; Round ve ark, 1990; Lund & Lund, 1998; John ve ark, 2002; Wehr & Sheath, 2003) kullanılarak teşhis edildi ve sayımları gerçekleştirildi. Birden fazla alt örnek hazırlanarak baskın türün sayısı en az 200 olacak şekilde sayımlar gerçekleştirilmiştir. Alt örnekler örneğin homojen dağılım göstermemesi yada az sayıda örnek içermesi durumunda tekrar hazırlanmıştır. Her gölden alınan fitoplankton örnekleri en az 2 alt örnek sayılarak örneklerin tür kompozisyonu bakımından homojen dağılıp dağılmadıkları kontrol edilmiştir. Her bir tür için her gölde en az 10 bireyin doğrusal ölçümleri Leica DFC 280 mikroskop kamerası kullanılarak Leica Qwin yazılımı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her tür için uygun geometrik şekil belirlenerek her tür

için ayrı ayrı ortalama hacimleri hesaplanmıştır. Fitoplankton türlerinin hacimleri Wetzel ve Likens, 1991; Hillebrand ve diğ., 1999 ve Sun ve Liu, 2003'e göre hesaplanmıştır. Her bir türün biyo-hacmi ise ortalama hücre hacimleri ile birey sayısının çarpımı ile bulunmuştur.

Örneklerin biyohacim hesaplamaları şu şekilde yapılmıştır:

Çöktürme çemberindeki toplam alan (C):

$(\pi * \text{çöktürme çemberinin çapı}^2 / \pi * \text{mikroskopta ilgili büyütmedeki alanın çapı}^2)$ formülünden hesaplanır.

Çemberdeki tür sayısı (Tx):

Çember toplam alanının (C)/sayılan alan sayısına bölümü(Fc) * sayılan birey sayısı

Çemberdeki türün toplam hacmi (TBVx):

$T_x * \text{Türün hacmi (BVx)}$

TBVx'in alt örnek hacmine bölünmesi ile de $106 \text{ X m}^3 \mu\text{ml}^{-1}$ cinsinden türün biyohacmi hesaplanır (Prescot, 1982).

3.3.4 Zooplankton örneklerinin alım, teşhis ve sayımları

Anlık örnekleme ve mevsimsel örnekleme için :

Pelajik deki en derin noktadan alınan 40 litre su örneği iyice karıştırılarak 20 litresi 20 mikrometrelik filtreden geçirilerek elde edilen zooplankton örneği %4'lük lügol içerisinde muhafaza edilmiştir. Ayrıca yine her gölde pelajik en derin örnekleme noktasına paralel olarak seçilen litoral bölgeden plexi-glas boru örnekleyicisiyle toplam 20 litre su iyice karıştırılarak alınarak ve 20 mikrometreden süzülerek alınan litoral örnekleri de % 4'lük lügol içerisinde muhafaza edilmiştir.

Zooplankton deneyi için:

Zooplankton olan şişelerden inkubasyon öncesi ve sonrası 1 L su 20 mikrometrelik filtreden geçirilerek elde edilen zooplankton örneği %4'lük lügol içerisinde muhafaza edilmiştir (Cladocera baskın olan göllerde gözle görülebilen ve en baskın olan Cladocera türlerinden 10 adet seçilerek başlangıçta konulmuştur).

Mezokozm deneyi için:

Plexi-glas boru örnekleyicisiyle 3 L su alınıp iyice karıştırılarak, 20 mikrometreden 3 L süzülerek % 4'lük lügol içerisinde muhafaza edilmiştir.

Alınan örnekler Cladocera ve Copepoda grupları için stereo mikroskop kullanılarak Rotifera grubu ise inverted mikroskop kullanılarak yurtiçinde ve yurtdışında yaygın olarak kullanılan tayin anahtarları ile teşhisleri (Scourfield ve Harding, 1966, Ruttner-Kolosko, 1974, Pontin 1978, Einsle, 1993, Reddy, 1994, Segers, 1995, Smirnov 1996, Karaytuğ, 1999, Flossner, 2000, Smith, 2001, Ueda ve Reid, 2003) ve sayımları yapılmıştır. Bazı gruplarda lugolden boyanması gibi karşılaşılabilecek teşhis zorlukları karşısında cins düzeyinde bırakılmıştır. Göldeki litredeki birey sayısını hesaplamak için her tür için bulunan toplam birey sayısı süzülen suyun hacmine bölünerek hesaplanmıştır.

3.4 İstatistiksel Yöntemler

Anlık örnekleme yapılan göllerde mikrobiyal komünite üyeleri açısından Kuzey ve güney gölleri arasında hem pelajik hem de litoralda fark olup olmadığını anlamak için t testi yapılmıştır (Sigma Stat 10.0, SYSTAT Şirketi, ABD.) Yine Eymir ve Mogan göllerinin pelajik ve litoral bölgeleri arasında fark olup olmadığını anlamak için t testi yapılmıştır (Sigma Stat 10.0, SYSTAT Şirketi, ABD.)

Mezokozm deneyi için aylar içinde mikrobiyal komünite üzerine derinlik ve balık etkisini test etmek için tekrarlı ölçüm varyans analizi (repeated measures ANOVAs) SAS 9.13 yazılımı (SAS Şirketi, NC). Siliat, HNF, klorofil a ve bakteri için tüm veri seti, normal dağılımı sağlamak için logaritmik çevirimi yapılarak kullanılmıştır. Aylar arasındaki farkı belirlemek için ise Tukey testi kullanılmıştır.

4.BULGULAR

4.1. Anlık Örnekleme Yapılan Göllerde Ölçülen Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Değişkenler

4.1.1 Fiziksel ve Kimyasal Değişkenler

Araştırma kapsamında örneklenen 14 gölde ölçülen bazı fiziksel ve kimyasal değişkenler Tablo 2' de sunulmuştur. Elektrik iletkenliği ve tuzluluk değerleri genel olarak güneydeki göllerde daha fazladır (Tablo 2). Örneklenen göllerdeki pH değerleri kuzey ve güney göllerinde birbirine benzer ve Yayla gölü ve Saklıgöl dışında bazik karakterdedir.

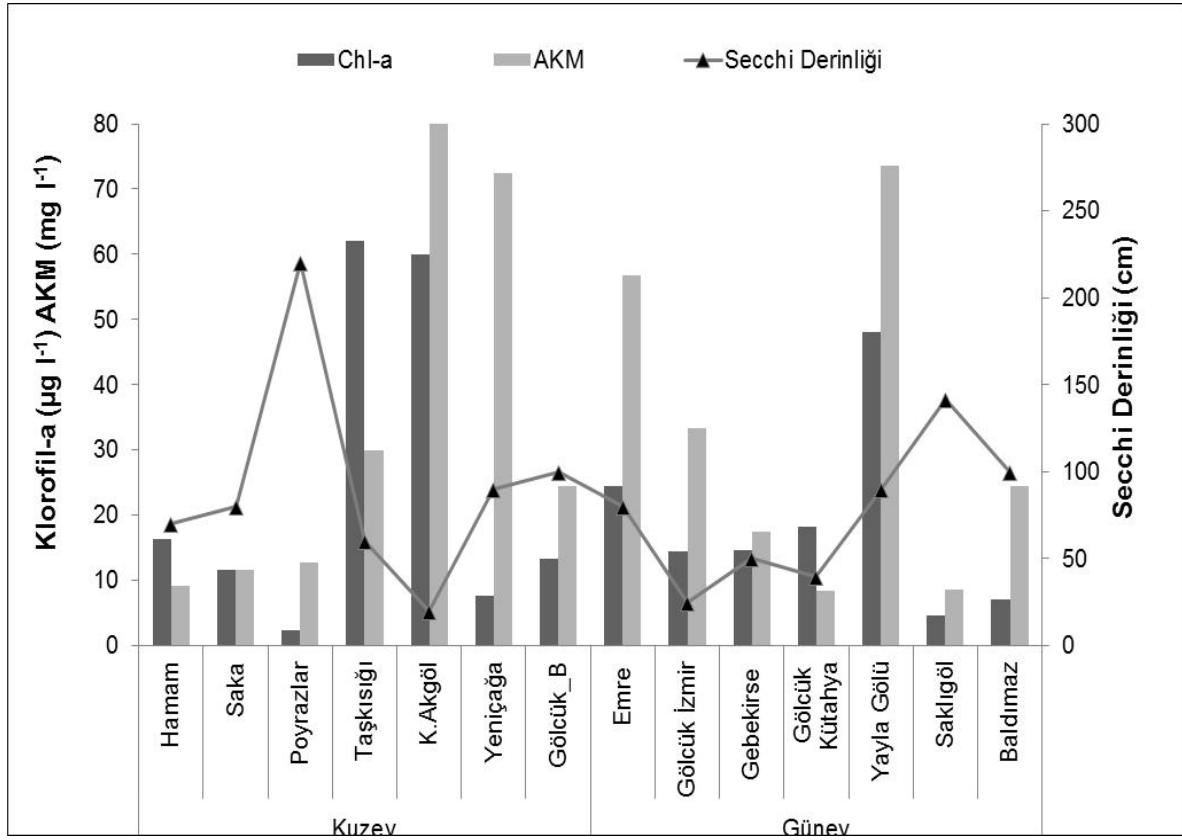
Araştırılan göllere ait Klorofil-a ve askıda katı madde yoğunlukları ve Secchi disk derinliği değerleri Şekil 6'de verilmiştir. Klorofil- a, Askıda Katı Madde ve Secchi derinlikleri birlikte incelendiğinde klorofil-a ve askıda katı madde miktarı güney göllerinde artış eğilimi göstermektedir. Secchi derinlikleri ise genel olarak kuzey göllerinde güney göllerine göre daha fazladır.

Araştırma kapsamındaki göllerde ölçülen Toplam fosfor (TP) ve Toplam azot (TN) yoğunluğu sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Toplam fosfor (TP) yoğunluğu 21-326 $\mu\text{g L}^{-1}$ arasında değişim göstermektedir. Güney enlemlerindeki göllerde, Saklı göl ve Baldımaz dışında, TP yoğunluğu $\geq 50 \mu\text{g L}^{-1}$ dir ve genel olarak güney enlemlerindeki göllerde TP yoğunluğu kuzey enlemlerindeki göllere göre daha fazladır.

Toplam azot (TN) yoğunluğu 3184-20845 $\mu\text{g L}^{-1}$ değerleri arasında değişim göstermektedir. Toplam azot konsantrasyonu güneydeki göllerde kuzeydeki göllere göre daha fazladır ve güney göllerinde TN değerleri 20845 $\mu\text{g L}^{-1}$ 'ye kadar çıkmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2 Göllerdeki ölçülen iletkenlik, tuzluluk ve pH değerleri ve TP ve TN konsantrasyonları

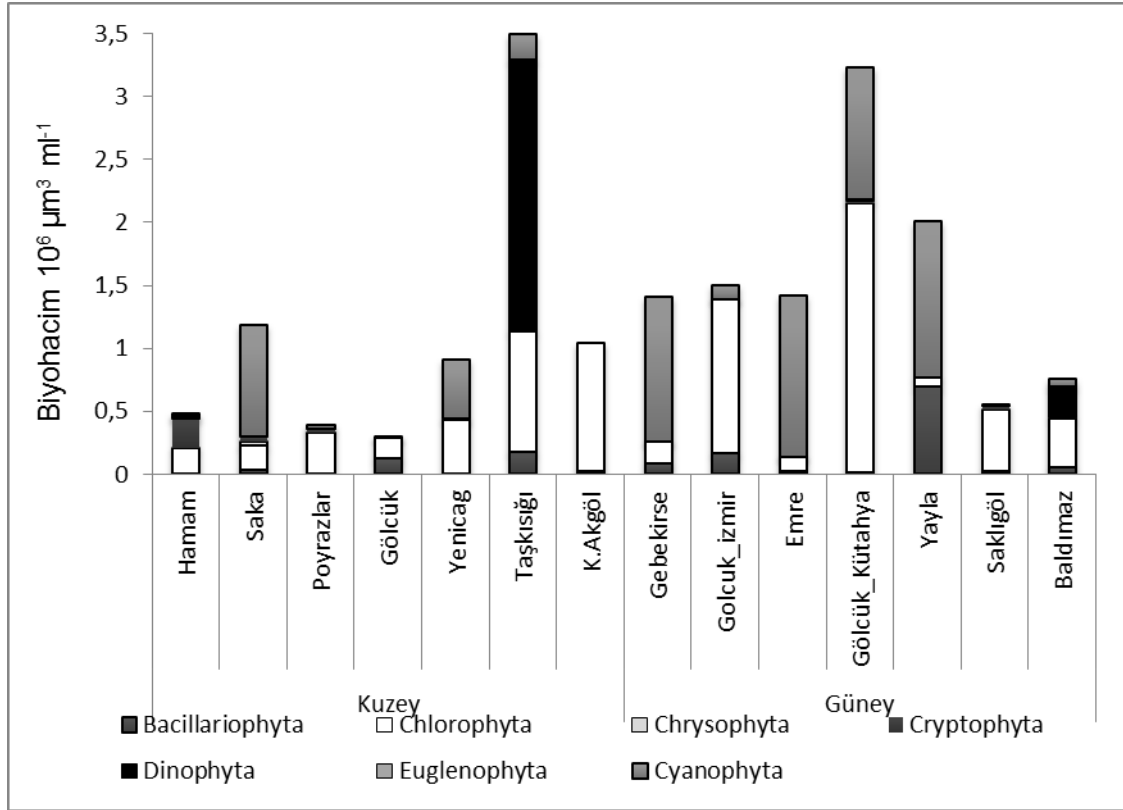
GÖLLER	İletkenlik (μS)	%0Tuzluluk	pH	TP	TN
Kuzey gölleri					
Hamam	122	0,060	8,980	30	3184
Saka	435	0,212	7,617	83,8	14841
Poyrazlar	122	0,060	8,980	21	3933
Yeniçağa	330	0,160	9,100	266,2	12109
Gölcük_Bolu	168	0,120	8,450	52,5	11553
Taşkısığı	303	0,150	8,680	129	9371
K.Akgöl	296	0,140	8,700	150,5	10105
Güney gölleri					
Emre	270	0,130	7,793	88	17025
Gölcük_İzmir	247	0,120	9,640	326	16661
Gebekirse	7608	4,183	8,187	59,6	15099
Gölcük Kütahya	165	0.08	8.480	127	18649
Yayla Gölü	170	0,08	5,500	125	19029
Saklıgöl	1000	0,50	6,900	31	20203
Baldımaz Gölü	5995	3,10	8,170	34	20845



Şekil 6 Gollerdeki Askıda Katı Madde Miktarı (mgL⁻¹) ve Klorofil-a (µg L⁻¹) ile Secchi Derinliği (cm)

4.1.2. Fitoplankton

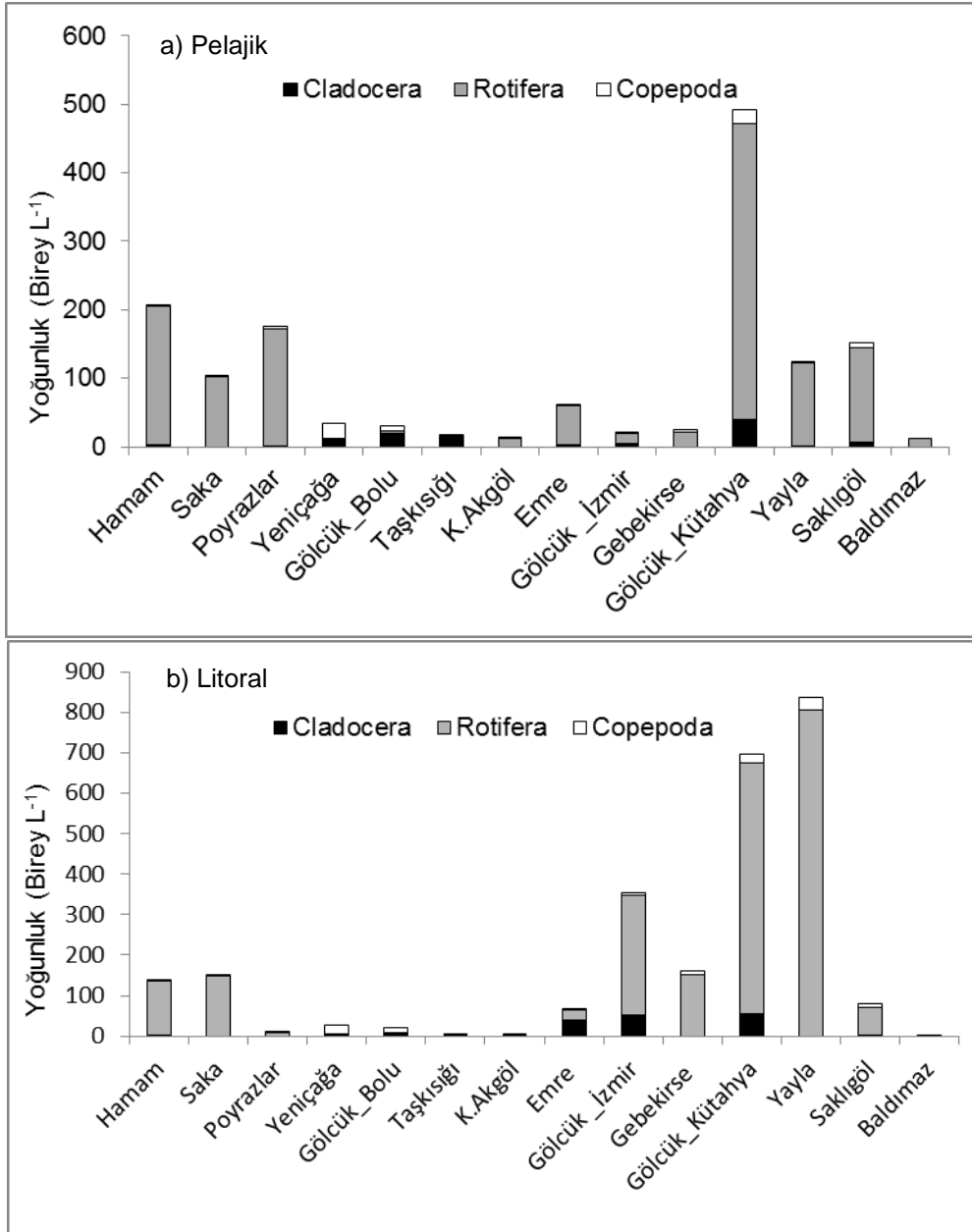
Kuzey-Güney hattı boyunca örneklenen 14 gölün pelajik bölgelerinden alınan fitoplankton örneklerinin ODTÜ, Biyoloji Bölümü, Limnoloji Laboratuvarında teşhis ve sayımları yapılmıştır. Yapılan fitoplankton türlerinin teşhislerinde mümkün olduğunca tür düzeyine inilmeye çalışılmış, tanımlanamayan türler cins düzeyinde bırakılmıştır. Araştırma kapsamında göllerde toplam 71 takson teşhis edilmiştir. Bunların 37 tanesi Chlorophyta, 14 tanesi Cyanobacteria, 15 tanesi Bacillariophyta, 3 tanesi Cryptophyta, 1 tanesi Dinophyta, 1 tanesi Euglenophyta ve 1 tanesi Chrysophyta divizyonlarına aittir. Poyrazlar, Gölcük_Bolu, K.Akgöl, Gölcük_Kütahya, Gölcük_İzmir, Saklıgöl ve Baldımaz göllerinde Chlorophyta'lar, Hamam Göl'ünde Cryptophyta, Taşkısığı Göl'ünde Dinophyta, diğer tüm göllerde ise Cyanobacteria'lar baskın durumdadır (Şekil 7). En yüksek cyanobacter biyohacmi Emre ve Yayla Göllerindedir. Bu gölleri Gölcük Kütahya ve Gebekirse gölleri izlemektedir (Şekil 7).



Şekil 7 Fitoplankton takımlarının göllerdeki biyohacim olarak dağılımı

4.1.3 Zooplankton

Kuzey-Güney hattı boyunca örneklenen 14 gölün pelajik ve littoral bölgelerinden alınan su örneklerinin teşhis ve sayımları ODTÜ, Biyoloji Bölümü, Limnoloji Laboratuvarında Ü.Nihan Yazgan Tavşanoğlu ve Arda Özen tarafından gerçekleştirilmiştir. Pelajik ve littoralde bulunan grupların göllere göre dağılımları Şekil 8'de verilmiştir. Tüm göller incelendiğinde rotiferler pelajikte baskın olan takımdır ve bunları Cladocera takip etmektedir. Copepoda ise en az yoğun takımdır. Cladocera takımı pelajikte sadece Taşkırsığı ve Gölcük (Bolu) göllerinde, Copepoda ise Yeniçağa gölünde baskındır (Şekil 8). Littoralde zooplankton dağılımına baktığımızda Rotifera takımının baskın olduğunu sadece Yeniçağa, Gölcük (Bolu) da Copepoda takımının baskın olduğu, Taşkırsığı ve Emre Göllerinde Cladocera takımının baskın olduğu görülmektedir (Şekil 8).



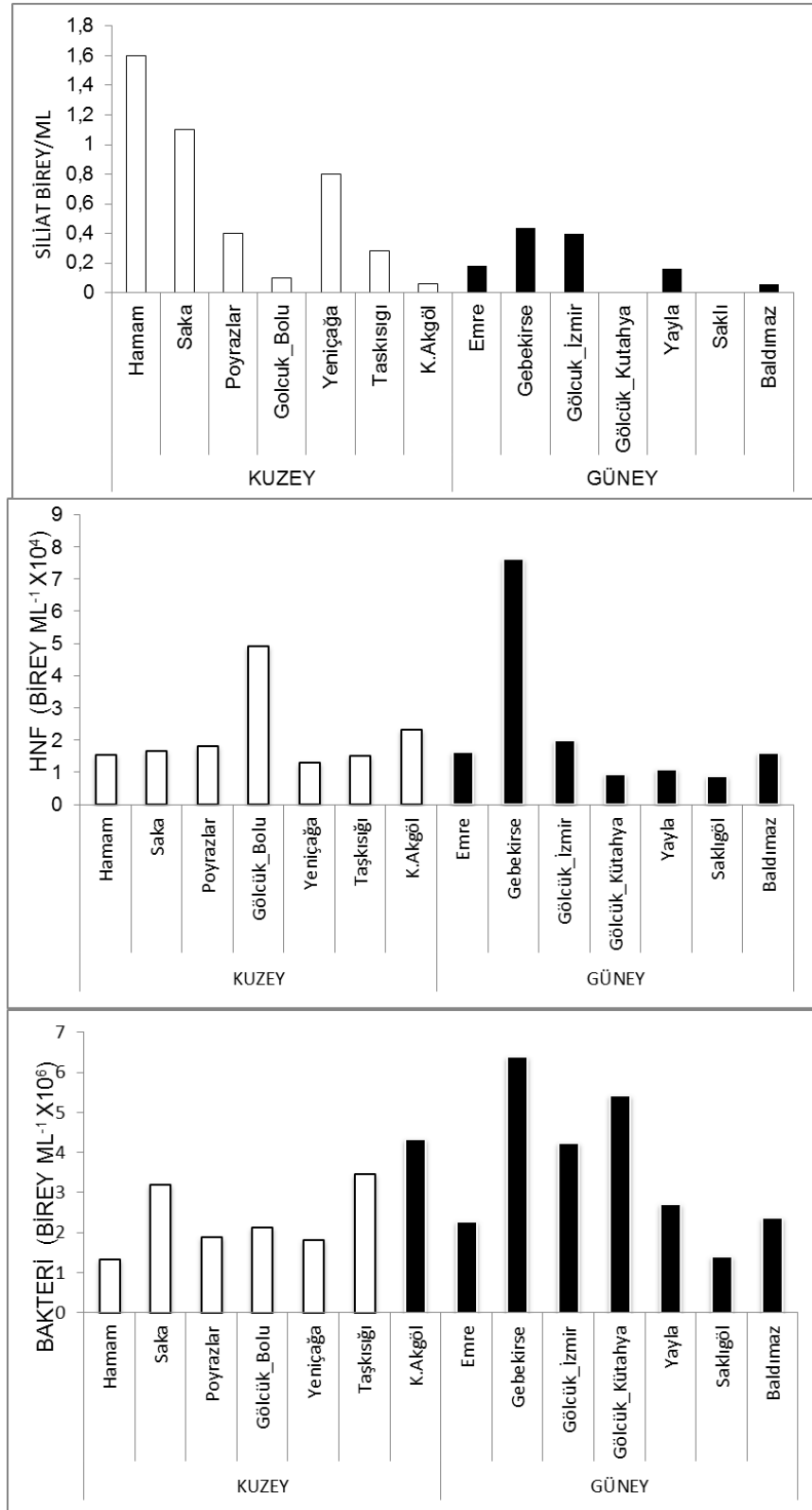
Şekil 8 Pelajik ve Littoral Zooplankton gruplarının göllere göre dağılımı

4.1.4.Mikrobiyal Komünite (Bakteri,HNF ve Siliat)

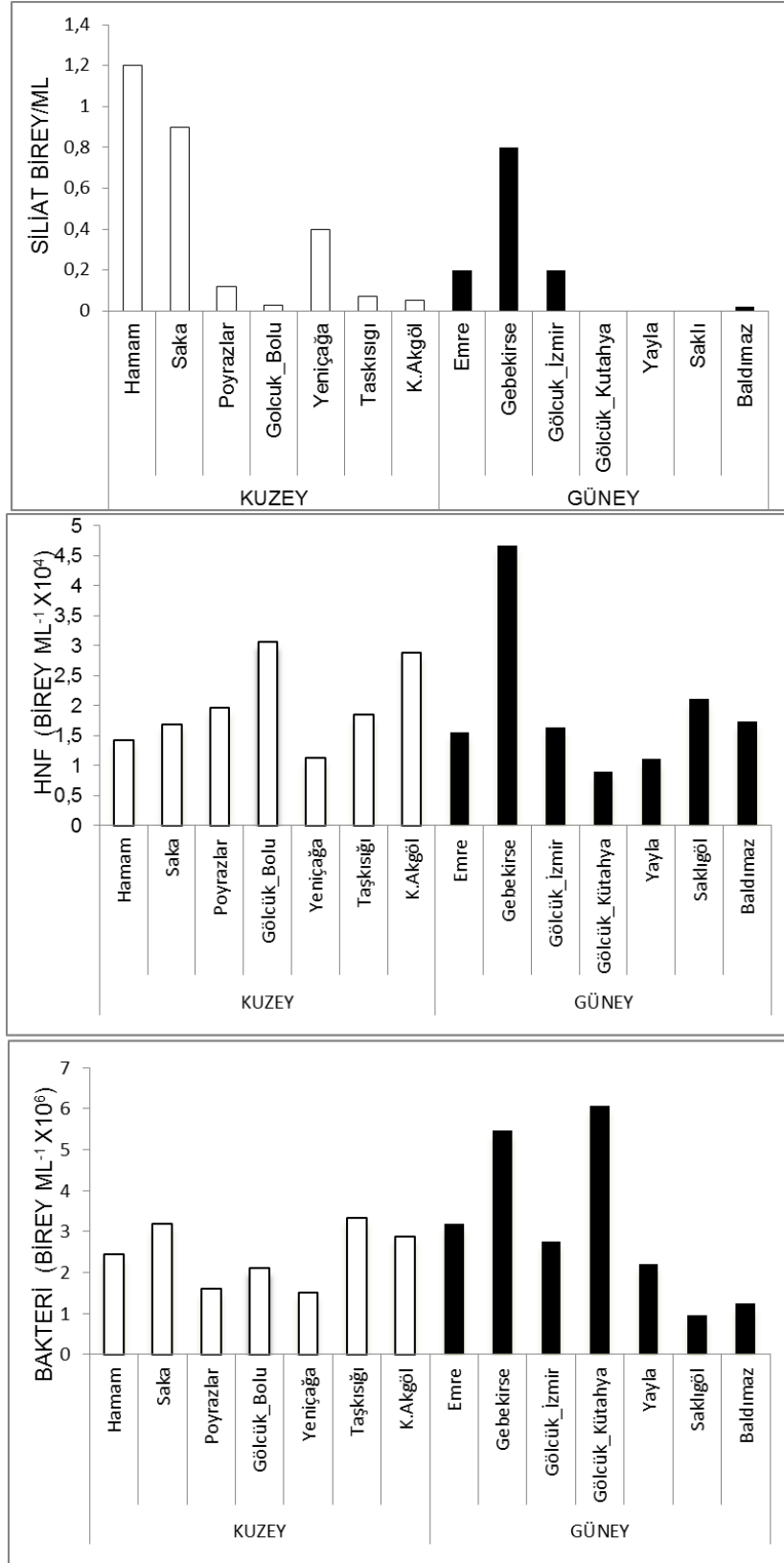
Mikrobiyal Komünite örnekleri kuzey ve güney göllerinin pelajik ve litoral kısmında sayılmıştır. Şekil 9 ve 10'da görüldüğü gibi Güney göllerinde Kuzey göllerine göre hem pelajik hem de littoralda daha fazla bakteri bulunmaktadır. Ancak pelajik ve litoral bölgedeki bu fark istatistiksel olarak önemli değildir (p: 0,264, p:0,405, sırasıyla). Genel olarak hem kuzey hem de güney göllerinin pelajik kısmında littoral göre daha fazla bakteri bulunmaktadır. Sadece Emre ve Gölcük Kütahya göllerinde littoralda pelajike göre daha fazla bakteri bulunmaktadır. Ancak kuzey ve güney göllerinde pelajik ve litoral arasındaki bu farklar istatistiki olarak önemli değildir (p:0,77,p:0,69, sırasıyla).

Kuzey ve Güney gölleri arasında pelajik ve litoral bölgesinde bulunan HNF miktarları arasında belirgin bir fark yoktur (p:0,456, p:p:0,8946). Ayrıca Poyrazlar, K.Akgöl, Saklıgöl ve Baldırmaz gölleri dışında hem kuzey hem de güney göllerinin pelajik bölgesinde littoral bölgeye göre daha fazla HNF bulunmaktadır (Şekil 9 ve 10). Ancak istatistiki olarak kuzey ve güney göllerinin pelajik ve litoral bölgeleri arasında HNF miktarları açısından belirgin bir fark yoktur (p:0,76, p:0,62).

Kuzeydeki göllerde güneydeki göllere göre pelajik ve littoral bölgede daha fazla siliat bulunmaktadır ve kuzey ve güney gölleri arasında hem pelajik hem de litoral bölgeler arasında önemli bir fark vardır (p:0,02, p:0,01, sırasıyla). Kuzey göllerinin pelajik bölgesinde littoral bölgesine göre daha fazla siliat bulunmaktadır (p:0,03). Güney göllerinin pelajik ve litoral bölgeleri arasında önemli bir fark yoktur (p:0,805). Ayrıca güneydeki göllerden Gölcük Kütahya ve Saklıgöl'de siliata rastlanılmamıştır (Şekil 9 ve 10).



Şekil 9 Kuzey ve Güney göllerinin pelajik bölgesinde bulunan Siliat, HNF ve Bakteri miktarları



Şekil 10 Kuzey ve Güney göllerinin litoral bölgesinde bulunan Siliat, HNF ve Bakteri miktarları

4.2. Zooplankton mikrokozmu deneyi

4.2.1. Zooplankton

Zooplankton eklenen şişelerdeki zooplankton yoğunlukları deney öncesi ve sonrasında sayılmış ve birey sayılarında değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Tablo 3'de zooplankton dağılım ve yoğunlukları verilmiştir. Zooplankton deneyi için sadece zooplankton olan şişelerden zooplankton örneği alınmıştır. Rotifera takımı, Hamam, Saka, Poyrazlar, K.Akgöl, Emre, Gölcük Kütahya, Yayla, Saklıgöl ve Baldımaz göllerinde baskınken, Cladocera takımı Gölcük_Bolu, Yeniçağa, Taşkısığı ve gölcük İzmir göllerinde baskındır. Copepoda takımı ise sadece Gebekirse gölünde baskındır.

Tablo 3. Zooplankton deneyi yapılan göllerdeki zooplankton dağılımı ve yoğunlukları (Zooplankton eklenen şişelerde) (birey/litre olarak verilmiştir).

	Cladocera	Copepoda	Rotifera		Cladocera	Copepoda	Rotifera
Hamam	0	10	101	Emre	10	4	49
Saka	0	0	126	Gebekirse	0	80	20
Poyrazlar	5	11	18	Gölcük İzmir	10	0	0
Gölcük_Bolu	10	0	0	Gölcük_Kütahya	76	35	840
Yeniçağa	10	0	0	Yayla	2	8	117
Taşkısığı	193	79	0	Saklıgöl	9	11	55
K.Akgöl	64	14	660	Baldımaz	0	0	20

4.2.2. Mikrobiyal Komünite

Mikrobiyal komünite üzerinde Zooplankton avlanma baskısını anlamak için farklı göllerde yapılan deneylerde siliat, bakteri ve HNF inkubasyon öncesi ve sonrası örnek alınarak sayılmıştır.

Siliat'lar genel olarak zooplankton olan şişelerde inkubasyon sonrası yok olurken zooplankton olmayan şişelerde sayılarında bir değişme meydana gelmemiştir.

Tüm zooplankton taksonlarının bulunduğu ve Rotifera taksonunun baskın olduğu göllerden biri olan Poyrazlar gölünde zooplankton olan şişelerde HNF ve bakteri sayısında belirgin bir artış gözlemlenmezken, zooplankton olmayan şişelerde siliat sayısı aynı kalmış, bakteri sayısında artış gözlemlenmiştir. HNF de ise azalma gözlemlenmiştir. Aynı durumdaki bir diğer kuzey gölü K.Akgöl'de zooplankton olan şişelerde HNF artarken bakteriler azalmaktadır. Zooplankton olmayan şişelerde ise HNF azalırken bakteri artmaktadır. Güney göllerinden aynı durumdaki Emre gölünde ise zooplankton olan şişelerde K.Akgöl gibi zooplankton olan şişelerde HNF artarken bakteri azalmaktadır. K.Akgöl'den farklı olarak zooplankton olmayan şişelerde hem HNF

hem de bakteri azalmaktadır. Başka bir Güney gölü olan Gölcük Kütahya gölünde ise tüm deney setlerinde hem HNF hem de bakteri sayısında artış meydana gelmiştir. Yayla gölünde her iki sette de HNF azalırken, bakteriler zooplankton olan şişelerde artarken olmayanlarda azalmaktadır. Saklıgöl'de ise zooplankton olan şişelerde HNF ve bakteri azalırken, zooplankton olmayan şişelerde HNF artarken bakteri azalmaktadır (Tablo 4).

Sadece Cladocera taksonunun bulunduğu Gölcük Bolu gölünde, zooplankton olan şişelerde bakterilerde inkubasyon sonrası artış gözlemlenirken zooplankton olmayan şişelerde belirgin bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Zooplankton olan şişelerde HNF artarken olmayan şişelerde azalma gözlemlenmiştir. Yine sadece Cladocera takımının baskın olduğu bir diğer göl olan Yeniçağa gölünde ise bakteriler için her iki grup şişe de belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. HNF için ise zooplankton olan şişelerde azalma zooplankton olmayan şişelerde ise artış gözlemlenmiştir. Güney göllerinden sadece Cladocera takımının olduğu Gölcük'te (İzmir) ise zooplankton olan şişelerde HNF artarken bakteri azalmaktadır. Zooplankton olmayan şişelerde ise bakteriler aynı kalırken, HNF azalmaktadır (Tablo 4).

Cladocera ve Copepoda taksonlarının baskın olduğu Taşkısığı gölünde ise zooplankton olan şişelerde HNF artarken, olmayanlarda azalmaktadır. Bakteriler ise zooplankton olan şişelerde belirgin bir değişim gözlemlenmezken zooplankton olmayan şişelerde ise artış göstermektedir.

Sadece rotiferanın bulunduğu Hamam ve Saka göllerinde zooplankton olan şişelerde HNF artıp bakteri azalırken, olmayan şişelerde HNF azalıp bakteri artmaktadır. Aynı durumdaki Baldımaz gölünde zooplankton olan göllerde bu iki gölle aynı sonuç gözlenirken olmayan şişelerde hem HNF hem de bakteri artmaktadır.

Copepoda taksonunun baskın olduğu tek göl olan güney gölü Gebekirse'de ise hem zooplankton olan hem de olmayan şişelerde HNF azalırken Bakteri artmaktadır (Tablo 4).

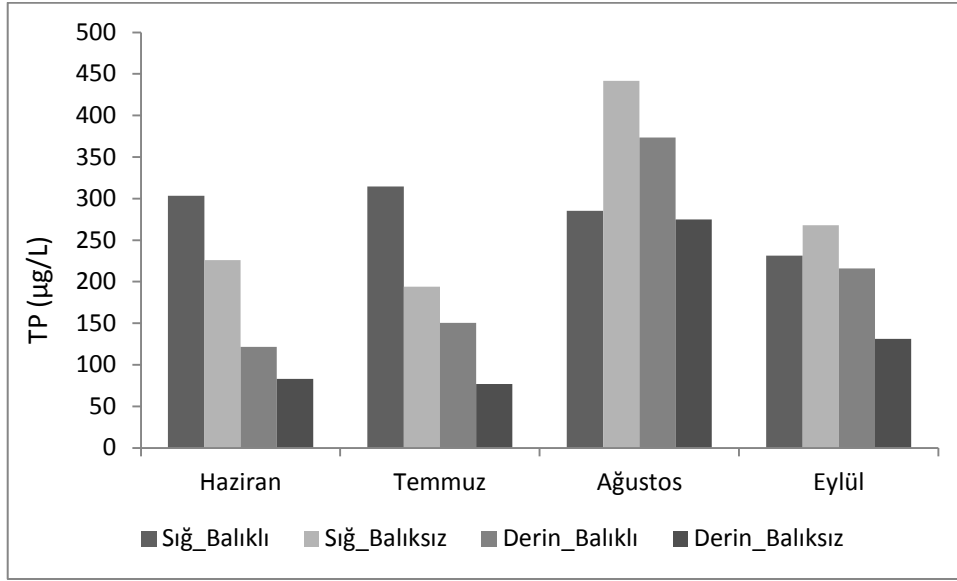
Tablo 4 Deney yapılan Göllerde Mikrobiyal Komünitenin (Siliat, HNF ve Bakteri) inkubasyon öncesi ve sonrasındaki miktarları

	Siliat				HNF				Bakteri			
	Zooplankton (+)		Zooplankton (-)		Zooplankton (+)		Zooplankton (-)		Zooplankton (+)		Zooplankton (-)	
	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş	Başlangıç	Bitiş
Kuzey Gölleri												
Hamam	0,8	0	0,8	0,8	1,37	1,65	1,36	1,25	1,79	1,25	1,8	1,91
Saka	0,4	0	0,4	0,4	1,57	1,92	1,45	1,21	2,57	1,58	2,67	3,71
Poyrazlar	0,2	0	0,2	0,2	1,72	1,47	1,91	1,39	2,3	2,12	2,75	3,17
Yeniçağ	0,6	0	0,6	0,6	1,32	1,15	1,51	2,4	1,84	1,8	1,4	1,48
Gölcük_Bolu	0,14	0	0,14	0,14	1,83	2,11	3,24	2,48	2,37	2,86	2,34	2,48
Taşkırsığı	0,05	0	0,05	0,05	2,06	3,15	2,06	1,79	3,5	3,43	3,63	6,7
K.Akgöl	0	0	0	0	2,29	3,43	3,16	2,45	3,54	2,43	3,5	4,34
Güney Gölleri												
Emre	0,18	0	0,16	0,16	1,52	1,74	1,48	1,18	2,75	2,22	2,7	2,35
Gebekirse	0,6	0	0,6	0,6	5,71	2,35	3,8	2,41	6,78	7,45	8,97	10,11
Gölcük_İzmir	0,8	0	0,8	0,8	1,47	2,03	1,06	1,21	3,72	2,77	2,93	2,63
Gölcük_Kütahya	0	0	0	0	1,16	1,81	1,19	1,53	3,69	4,35	3,96	4,33
Yayla	0,14	0	0,15	0,15	1,9	1,32	1,99	1,24	2,33	2,97	2,64	2,06
Saklıgöl	0	0	0	0	1,68	1,39	1,1	1,36	1,63	1,41	1,84	1,45
Baldırmaz	0,04	0	0,03	0,03	1,71	1,96	1,8	1,3	0,84	1,73	0,8	1,37

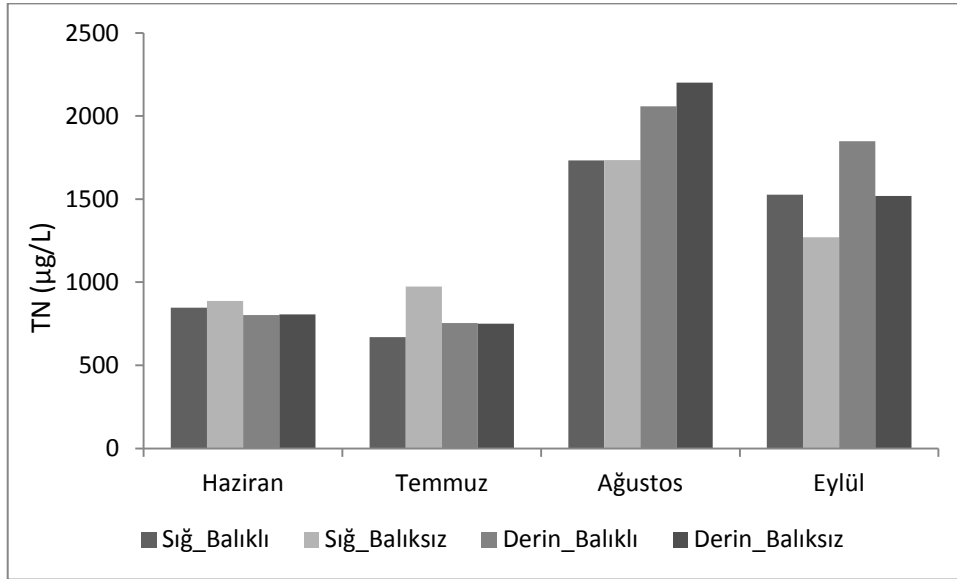
4.3 Mezokozm Deneyi

4.3.1. Kimyasal değişkenler

Eymir Göl'ünde Haziran 2010 ve Eylül 2010 tarihleri arasında aylık alınan su örneklerinden elde edilen TP ve TN sonuçları Şekil 11 ve Şekil 12'de verilmiştir. TP konsantrasyonları genel olarak sığ mezokozmlarda daha yüksektir. En yüksek TP konsantrasyonları tüm mezokozmlarda Ağustos ayında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. (Şekil T). Genel olarak TN konsantrasyonları tüm mezokozmlarda birbirine yakın değerlerde bulunurken. TP'de olduğu gibi en yüksek değerler Ağustos ayında meydana gelmiştir.



Şekil 11 Eymir Göl'ü mezokozmlarında Haziran 2010- Temmuz 2010 tarihleri arasında TP konsantrasyonlarında meydana gelen değişim (Her bir set için ortalama değerler verilmiştir).

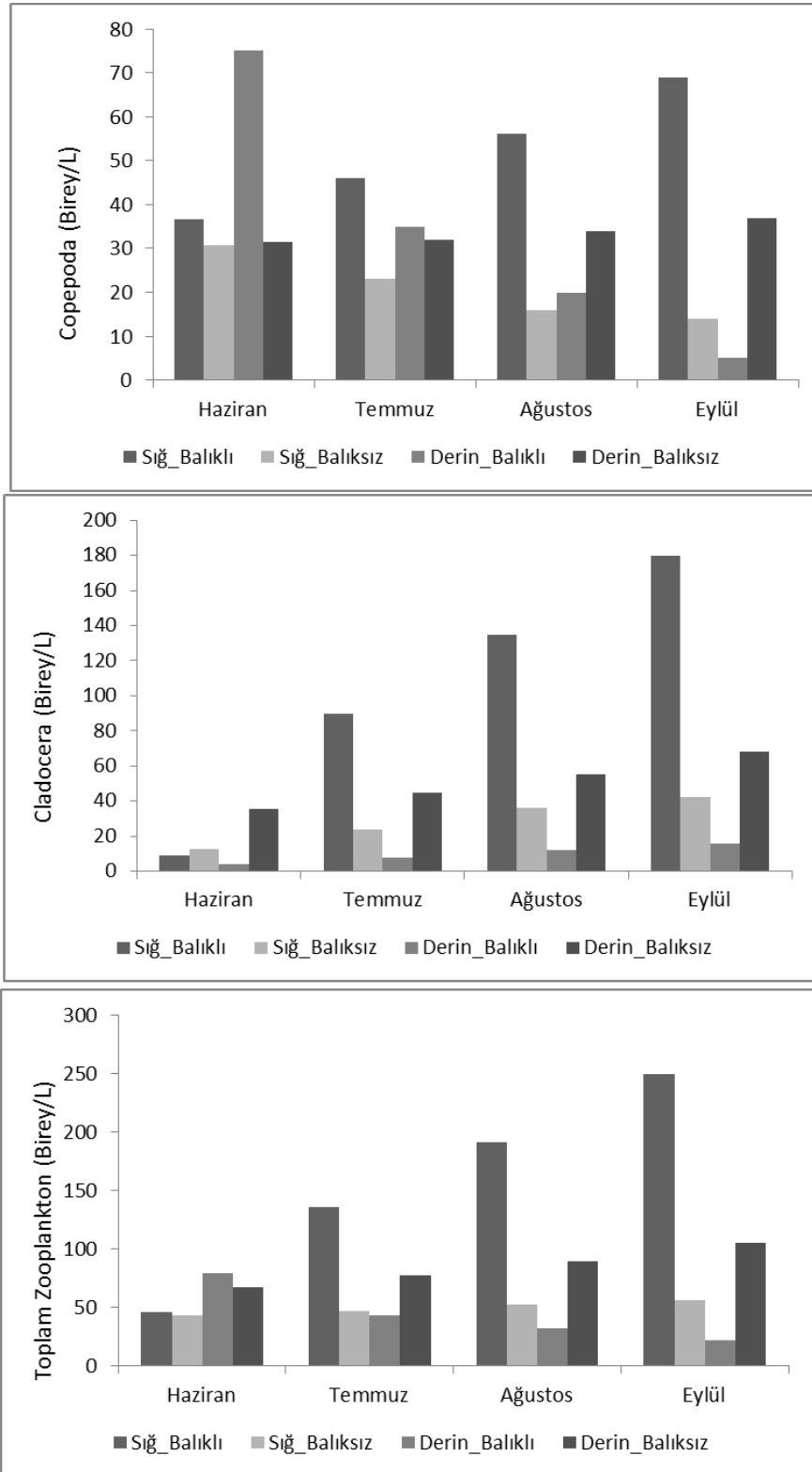


Şekil 12. Eymir Göl'ü mezokozmlarında Haziran 2010- Temmuz 2010 tarihleri arasında TN konsantrasyonlarında meydana gelen değişim (Her bir set için ortalama değerler verilmiştir).

4.3.2. Biyolojik Değişkenler

4.3.2.1. Zooplankton

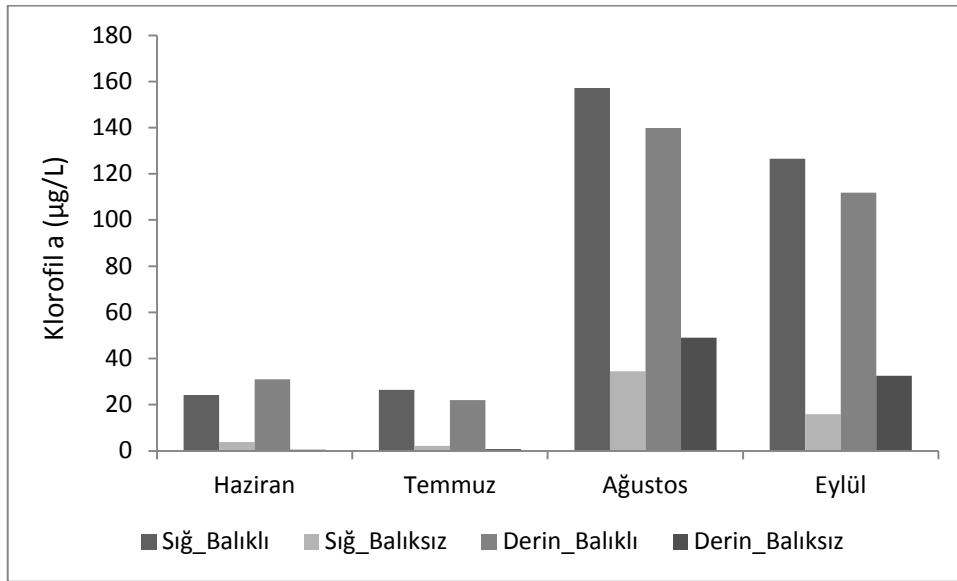
Örnekleme boyunca tüm mezokozmlarda Cladocera ve Copepoda taksonları bulunmaktadır. Siğ balıklı mezokozmlarda en yüksek miktarda zooplankton bulunurken, derin balıksız mezokozmlarda, ikinci sırada yer almaktadır (Şekil 13).



Şekil 13 Eymir Gölü mezozozmlarında zooplankton grupları ve toplam zooplankton miktarında Haziran 2010 ve Eylül 2010 tarihleri arasında meydana gelen değişim (Her bir set için ortalama değerler verilmiştir).

4.3.2.2 Fitoplankton (Klorofil-a)

Deney süresince fitoplanktonlardaki değişimi gözlemek için fitoplanktonu biyokütlesini göstermesi açısından klorofil a değerleri kullanılmıştır. Balıksız mezokozmlarda klorofil a miktarları daha düşükken, balıklı mezokozmlarda klorofil a miktarları daha yüksektir. Klorofil a değerleri tüm mezokozmlarda Ağustos ayında en yüksek konsantrasyonlara ulaşmıştır (Şekil 14). Tekrarlı ölçüm analiz sonuçları klorofil-a konsantrasyonlarının zaman içinde balık etkisine bağlı olarak değiştiğini göstermiştir (p:0,0003).Tukey test sonuçları da balık olan ve olmayan mezokozmların tüm aylarda birbirinden farklı olduğunu göstermiştir (p:0,05).

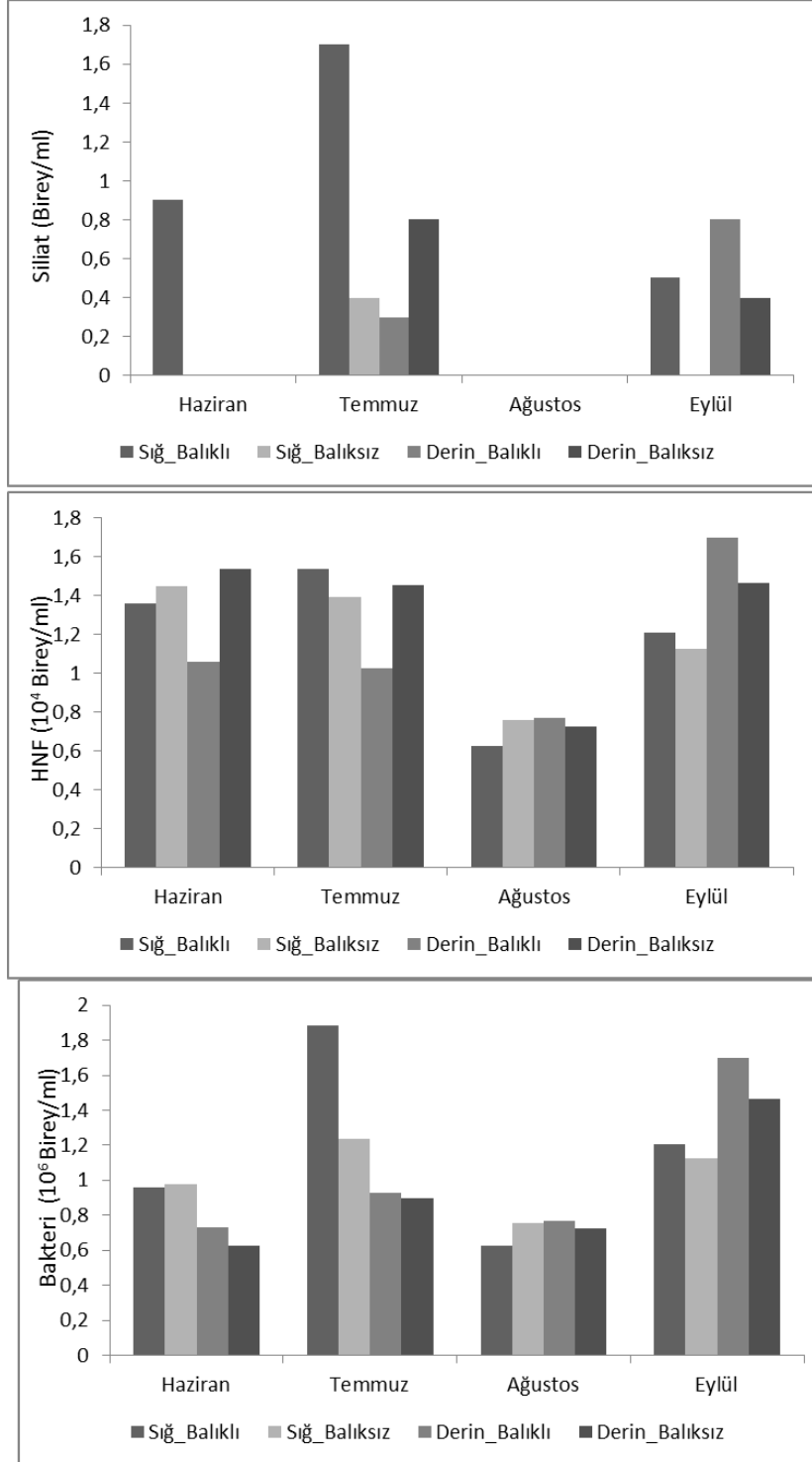


Şekil 14 Eymir Göl'ü mezokozmlarında klorofil a konsantrasyonlarında Haziran 2010 ve Eylül 2010 tarihleri arasında meydana gelen değişim (Her bir set için ortalama değerler verilmiştir).

4.3.2.3 Mikrobiyal Komünite

Siliatlar başlangıçta en fazla balıklı mezokozmlarda bulunurken, Ağustos ayında hiçbir tankta siliata rastlanılmamıştır. HNF için mezokozmlarda belirgin bir fark gözlemlenmezken balıksızlarda daha fazla sayıdadır ve HNF en az ağustos ayında gözlemlenmiştir. Bakteriler ise balıklı mezokozmlarda daha yüksek miktarlarda bulunmaktadır (Şekil 15). HNF'ler gibi bakterilerde en az Ağustos ayında tesbit edilmişlerdir (Şekil 15). Tekrarlı analiz sonuçları derinlik (p:0,0001), balık (p:0,0001) ve derinlik x balık etkileşiminin (p:0,0001) siliat miktarlarını zaman içinde belirlenmesinde etkili olduğunu ve balık olan ve olmayan mezokozmların Ağustos ayı dışında birbirlerinden farklı olduğunu göstermiştir. HNF miktarlarının ise balık (p:0,0066) ve balık x derinlik etkileşiminden (p:0,0056) etkilendiği, balık ve balık olmayan mezokozmların özellikle Haziran ve Eylül ayında birbirlerinden farklı olduğu belirlenmiştir (p:0,05). Bakteri miktarlarının ise derinliğe

bağlı olarak değiştiği ($p:0,0001$), balıklı ve balıksız mezokozmlar arasında Temmuz ve Ağustos aylarında fark olduğu gözlemlenmiştir ($p:0,05$).

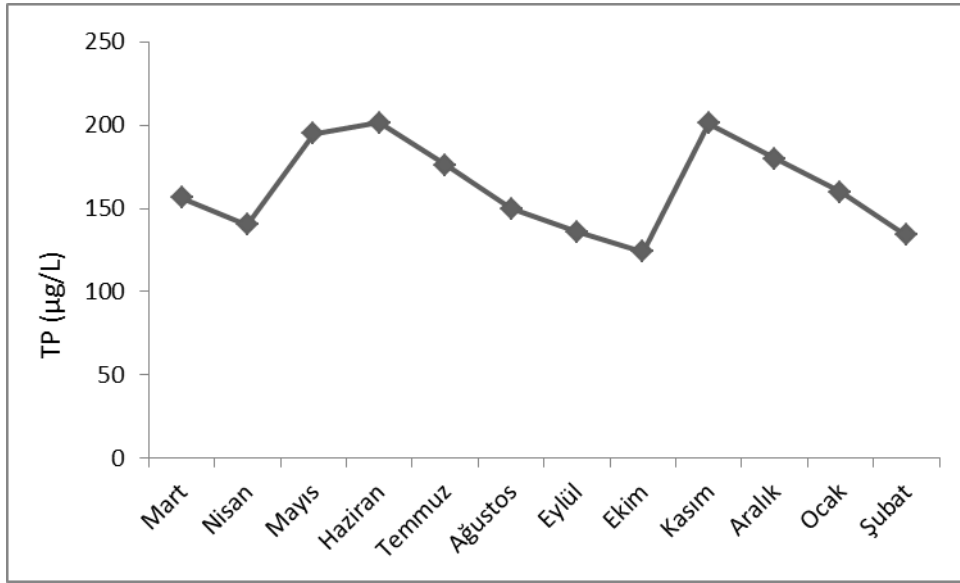


Şekil 15 Eymir Göl'ü mezokozmlarında mikrobiyal komünitede Haziran 2010 ve Eylül 2010 tarihleri arasında meydana gelen değişim

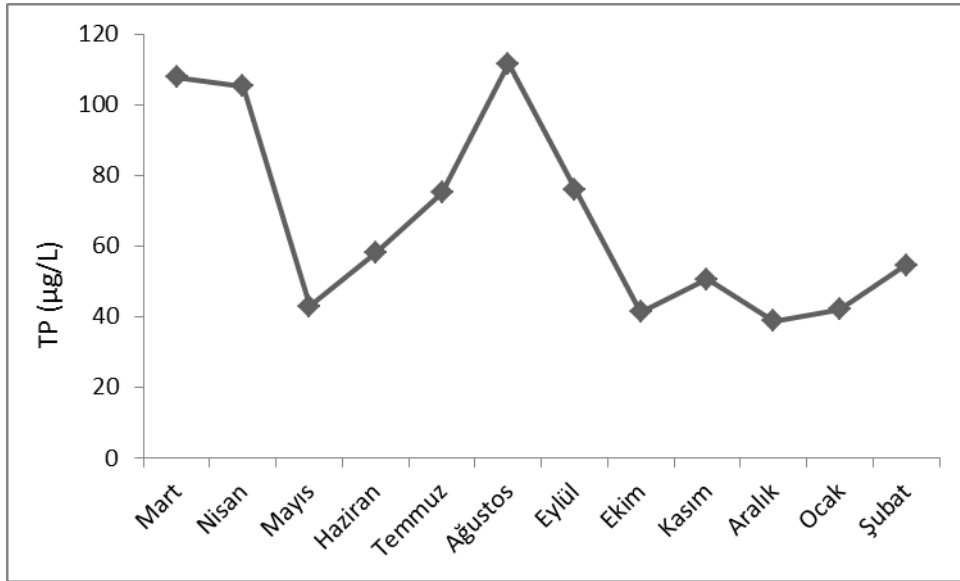
4.4. Mevsimsel Örneklem

4.4.1. Eymir ve Mogan Gölü Kimyasal Değişkenler

Eymir Göl'ünde TP konsantrasyonları Mayıs, Haziran ve Kasım aylarında en yüksek iken Ekim ayında en düşük konsantrasyondadır (Şekil 16). Mogan Göl'ünde ise Ağustos ayında en yüksek konsantrasyonlar gözlemlenirken yıl genelinde TP konsantrasyonları düşük seviyededir (Şekil 17).



Şekil 16 Eymir Göl'ünde TP konsantrasyonlarında Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında meydana gelen değişim.

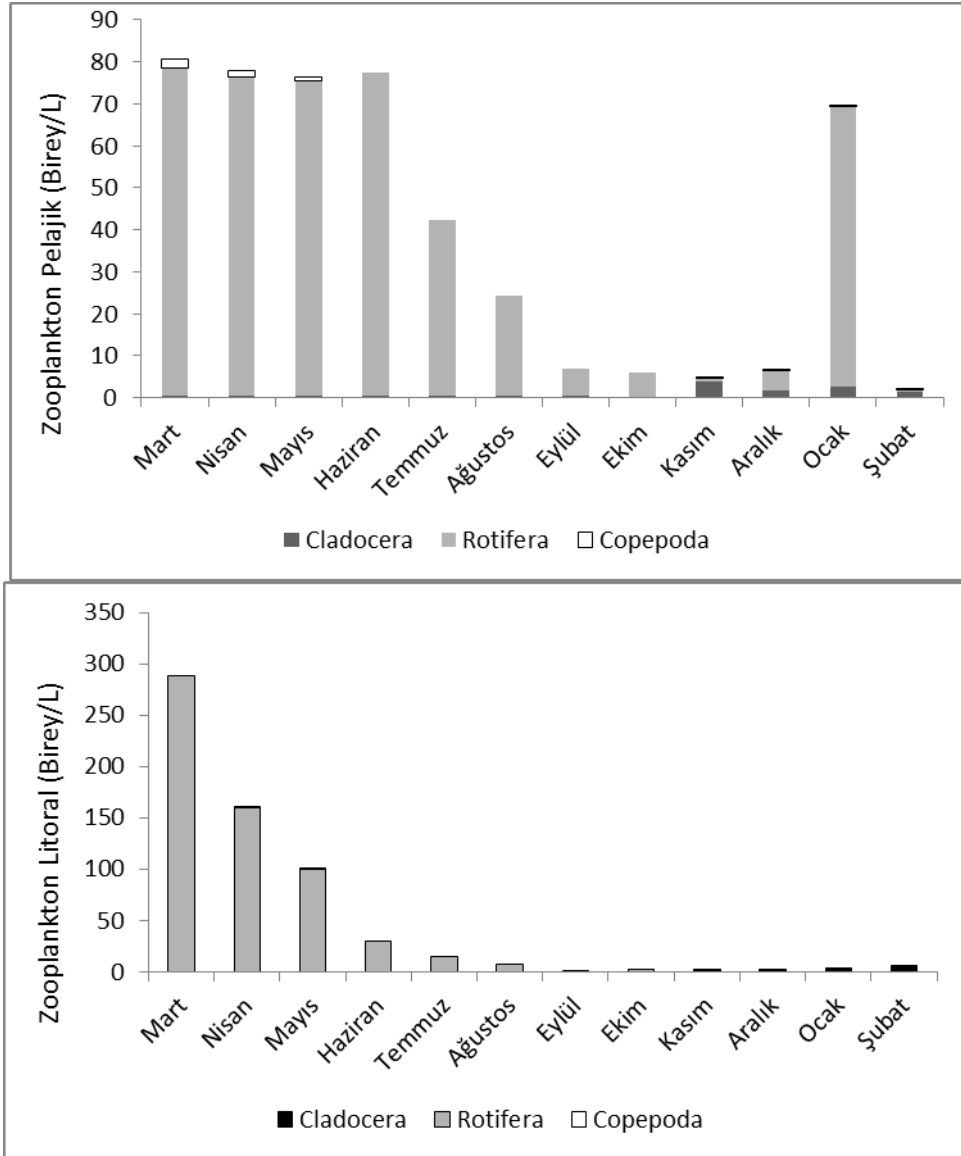


Şekil 17 Mogan Göl'ünde TP konsantrasyonlarında Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında meydana gelen değişim.

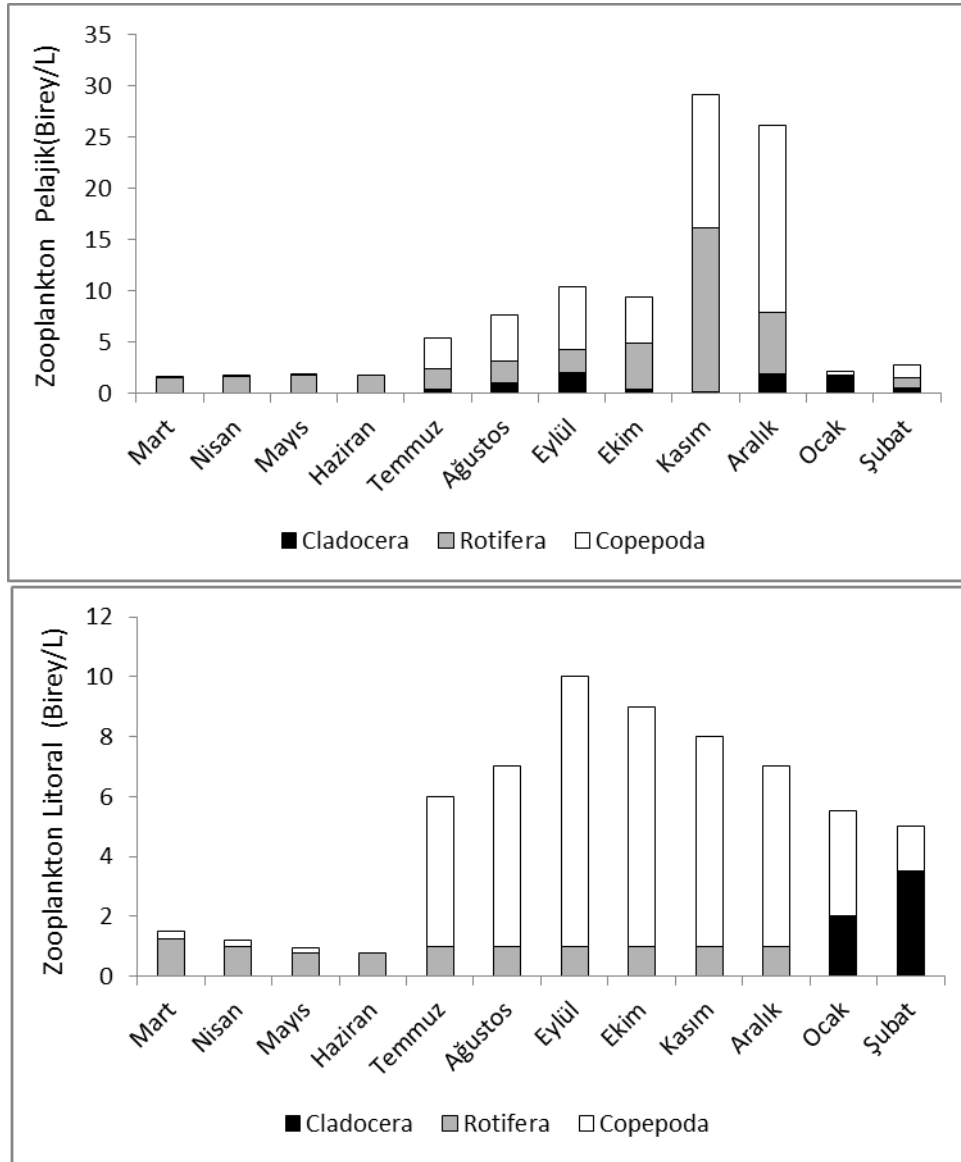
4.4.2. Biyolojik Değişkenler

4.4.2.1. Zooplankton

Eymir Göl'ünde genel olarak litoralde yıl boyunca sürekli bir azalma gözlemlenirken yıl boyu Rotifera Taksonu baskındır. Pelajik bölgede ise yine Rotifera taksonu baskındır ve Eylül 2010 tarihinden itibaren dramatik düşüşler gözlemlenmiştir (Şekil 18).



Şekil 18 Eymir Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik ve litoral bölgede zooplankton miktarlarında meydana gelen değişim

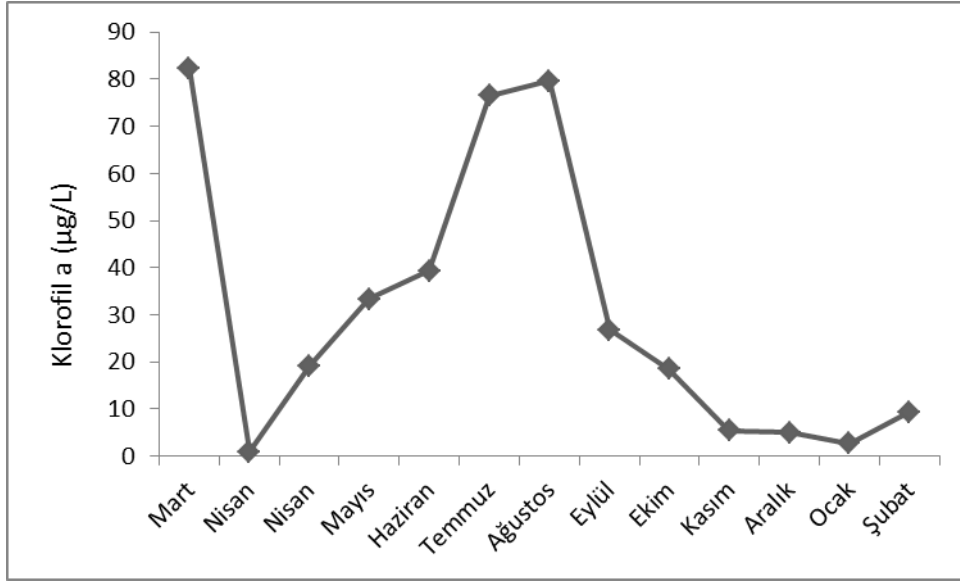


Şekil 19 Mogan Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik ve litoral bölgede zooplankton miktarlarında meydana gelen değişim

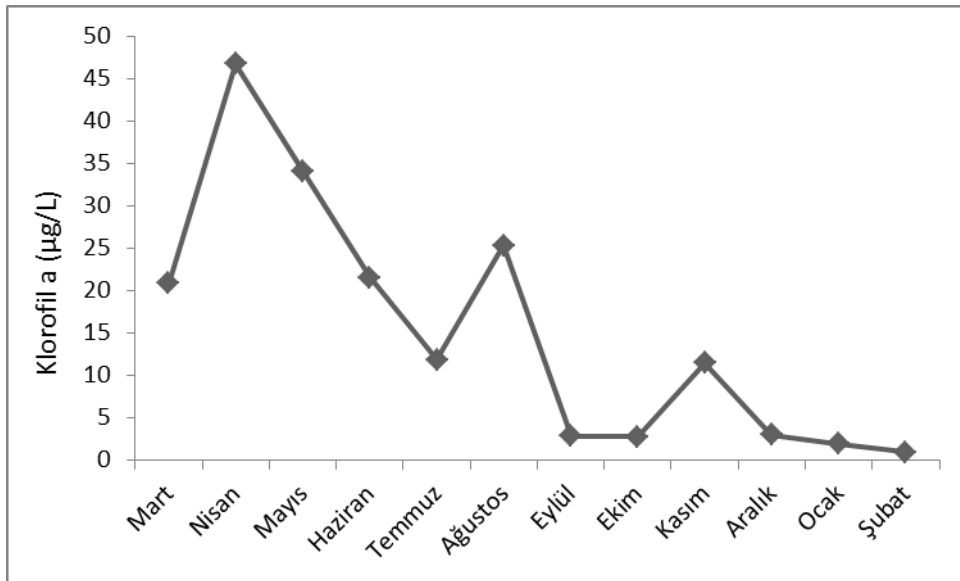
Mogan Göl'ünde ise Mart 2010 Temmuz 2010 tarihleri arası pelajik ve litoral bölgede Rotifera baskın iken daha sonra Copepoda baskın hale gelmiş ve toplam zooplankton miktarı yılsonuna kadar artış göstermiştir (Şekil 19).

4.4.2.2. Fitoplankton (Klorofil a)

Eymir Göl'ünde Nisan ve Ağustos ayları arası klorofil a konsantrasyonları artış gösterirken daha sonra yılsonuna kadar düşüş eğilimine girmiştir (Şekil 20).. Mogan Göl'ünde ise genel olarak Eymir göl'ünden daha düşük değerler gözlemlenmiş ve yıl boyu iniş ve çıkışlar yaşanmıştır (Şekil 21).



Şekil 20 Eymir Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik bölgede klorofil a konsantrasyonlarında meydana gelen değişim

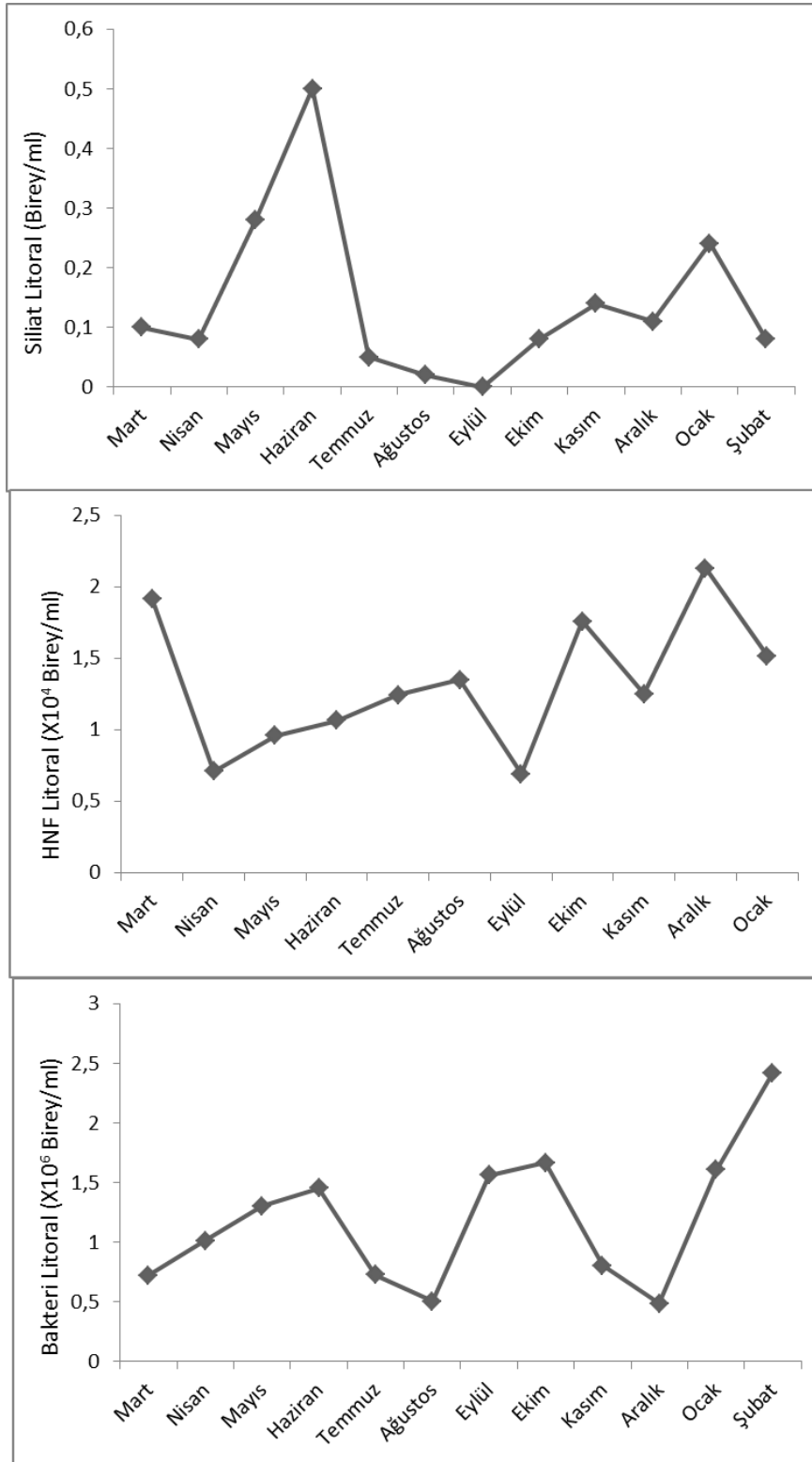


Şekil 21 Mogan Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik bölgede klorofil a konsantrasyonlarında meydana gelen değişim

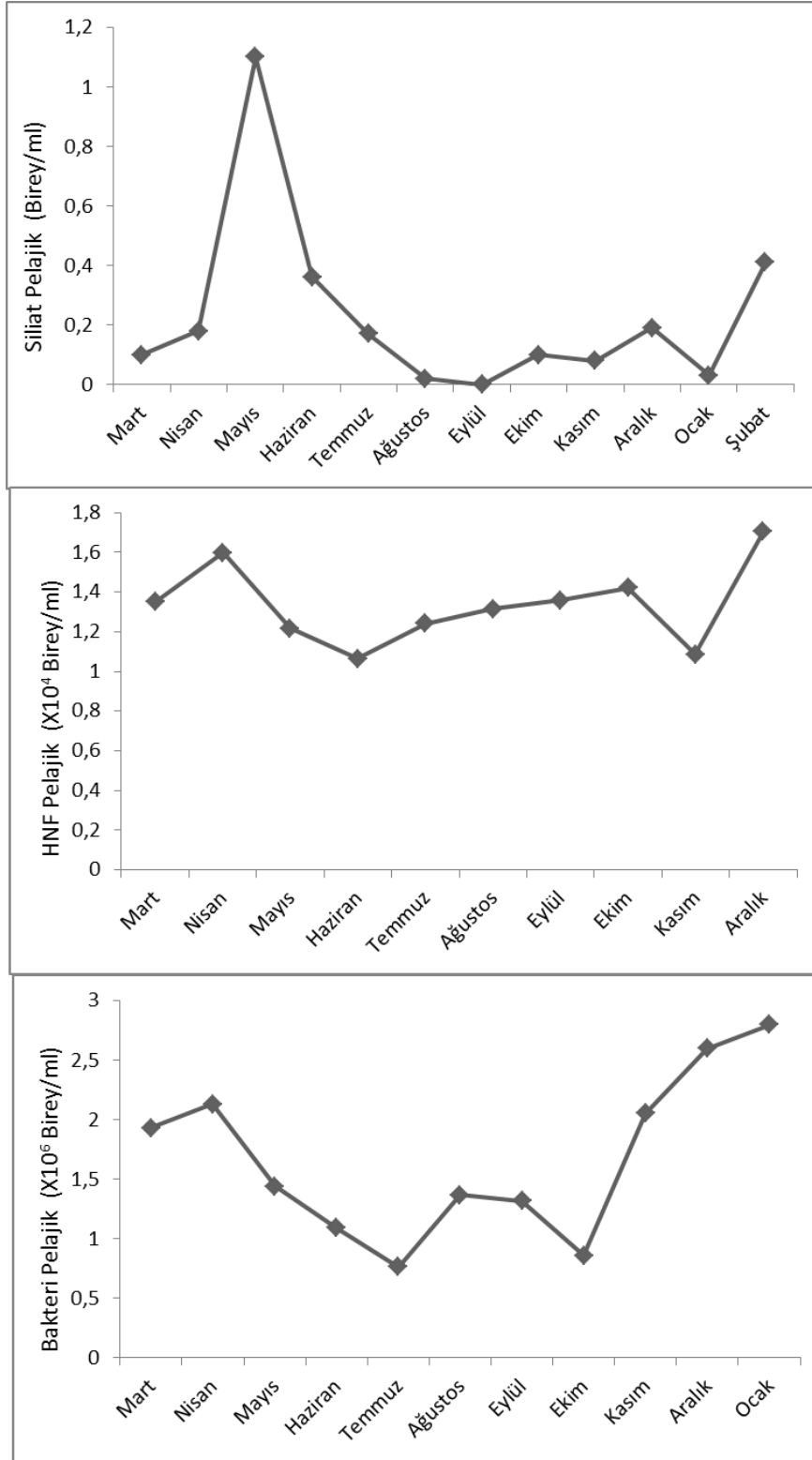
4.4.2.3. Mikrobiyal Komünite

Eymir pelajik bölgede siliat miktarları Kasım 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında en yüksek miktara ulaşmıştır. HNF'lerde ise yıl içinde belirgin farklar gözlemlenmemiştir. Bakteriler yaz aylarında düşerken kış aylarında artışa geçmiştir. Littoral bölgede ise siliat en fazla Mayıs ayında gözlemlenirken (Şekil 23) pelajike göre daha az sayıda bulunmaktadır. Siliat miktarları arasında pelajik ve littoral bölge arasında fark bulunurken ($p:0,03$) en fazla pelajik bölgede bulunmaktadır (Şekil 22).. HNF miktarları arasında pelajik ve litoral arasında belirgin bir fark bulunmamaktadır ($p:0,57$) ve Ekim 2010'dan sonra pelajik ve litoralde miktarlarında artış gözlemlenmiştir. Bakteri miktarı ise yıl içinde inişli çıkışlı bir değişim gösterirken litoralde pelajike göre daha az miktarda bakteri bulunmaktadır ve iki bölge arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p:0,03$).

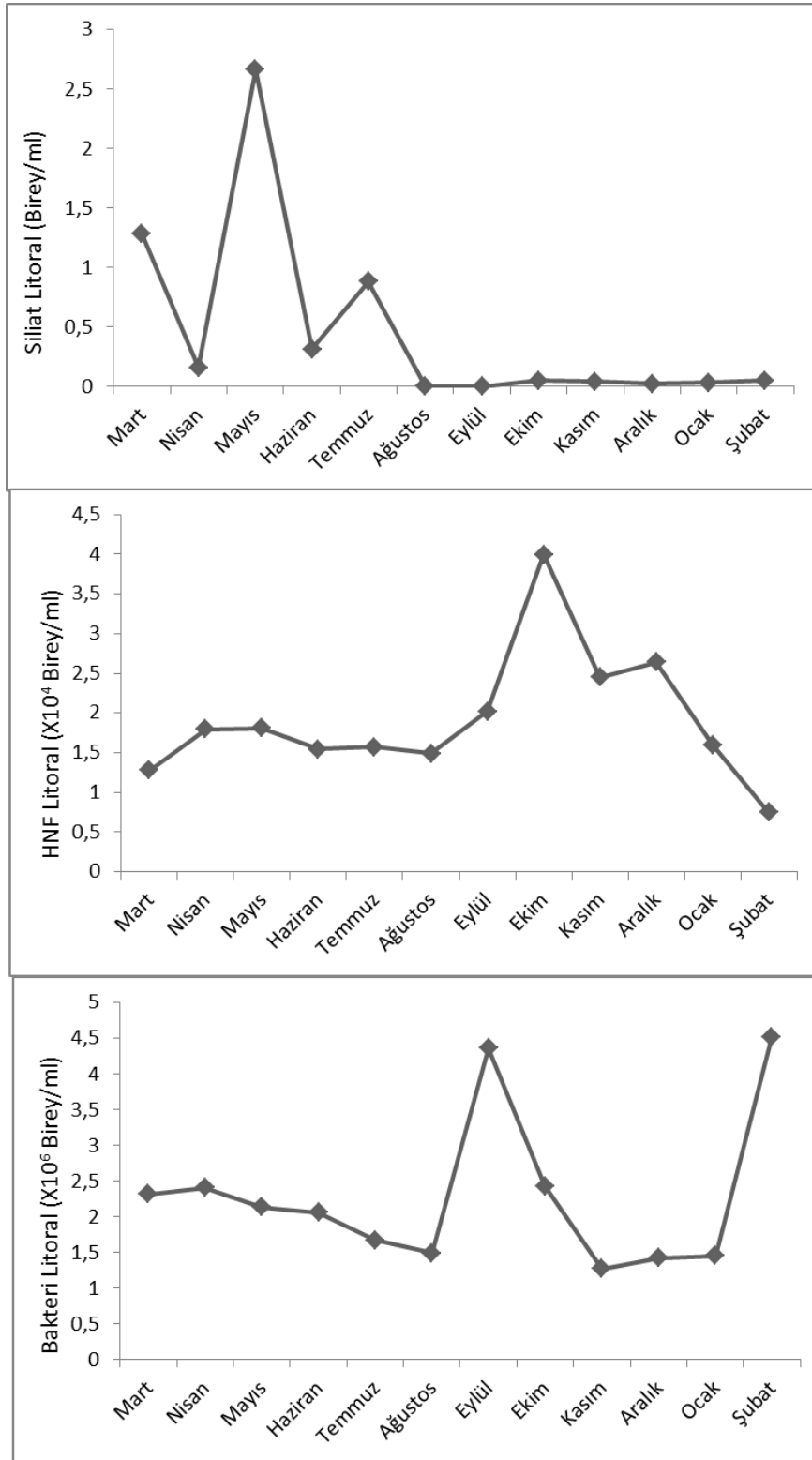
Mogan pelajik ve litoral bölgede ise siliat en fazla Mayıs ayında gözlemlenirken yıl içinde bazı aylarda gölde bulunamamışlardır (Şekil 24 ve 25). Pelajik ve litoral bölgede HNF ise Kasım ayına kadar bir artış göstermiş ve daha sonra yılsonuna kadar miktarlarında düşme meydana gelmiştir. Bakteri miktarlarında ise Ekim ayındaki düşüş dışında genel olarak hep bir artma eğilimi gözlemlenmiştir. Siliat ve HNF miktarları arasında pelajik ve litoral bölge arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p:0,62$, $p:0,45$) ancak bakteri miktarları pelajik bölgede litorale göre önemli derecede daha fazladır ($p: 0,004$).



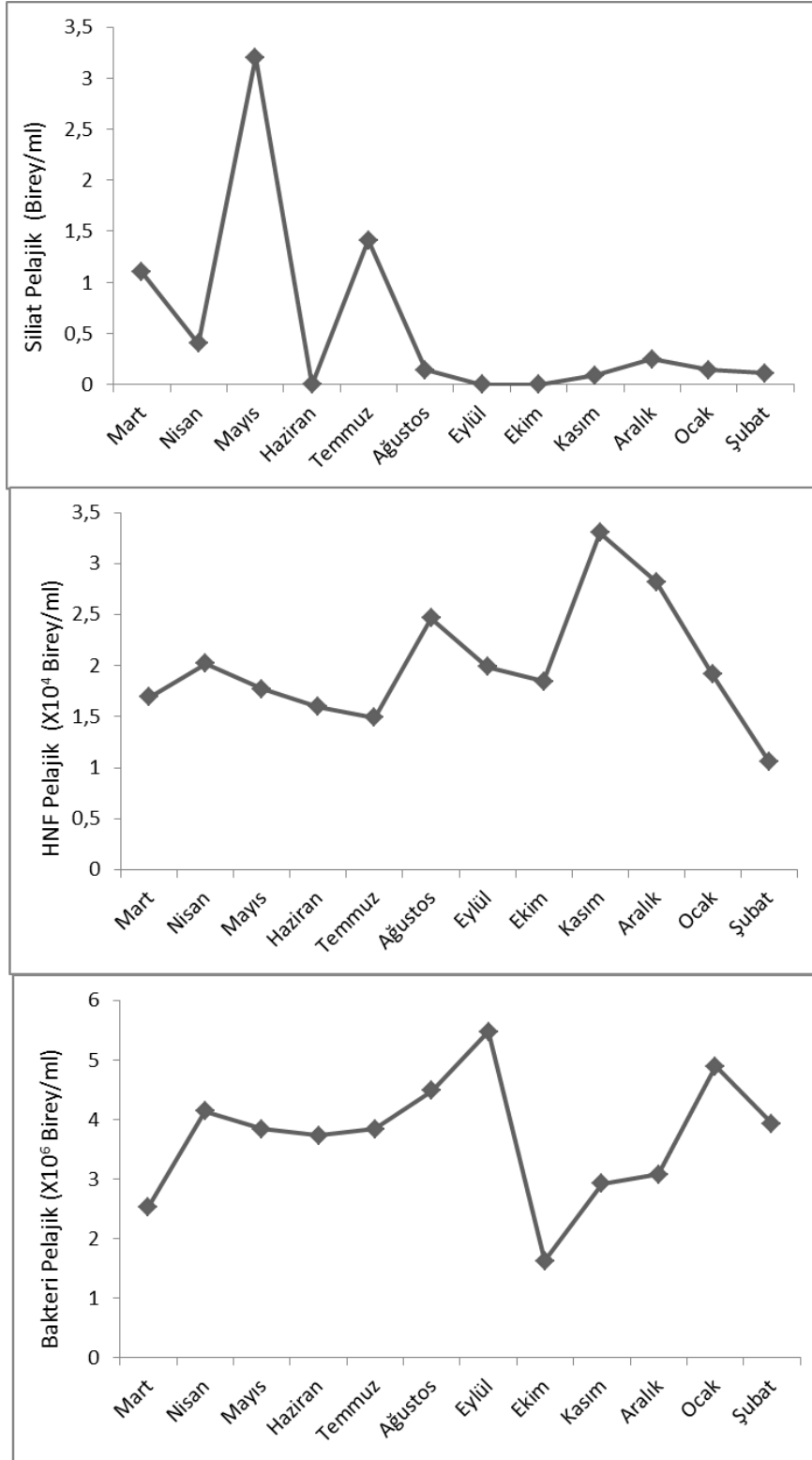
Şekil 22 Eymir Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında litoral bölgede mikrobiyal komünitede meydana gelen değişim



Şekil 23 Eymir Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik bölgede mikrobiyal komünitede meydana gelen değişim



Şekil 24 Mogan Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında litoral bölgede mikrobiyal komünitede meydana gelen değişim



Şekil 25 Mogan Göl'ünde Mart 2010 ve Şubat 2011 tarihleri arasında pelajik bölgede mikrobiyal komünitede meydana gelen değişim

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma

5.1.1. Anlık Örnekleme (enlemsel gradient)

Göllerdeki besin tuzlarının yenilenmesinde ve döngüsünde mikrobiyal komünitenin önemli bir rolü olduğu bilinmektedir. Genel olarak besin tuzlarındaki artış pelajik besin ağlarındaki tüm seviyelerde organizmaların biyokütlesinde artışa neden olur (Pace, 1986; Berninger ve diğ., 1991), ancak mikrobiyal grubun buna tepkisi farklı olabilir (Christoffersen ve diğ., 1993; Gasol ve Vaque', 1993; Jansson ve diğ., 1996). Nitekim örnekleme yaptığımız kuzey ve güney göllerinde bakteri, HNF ve siliatların artan TP konsantrasyonlarına tepkileri farklı olarak bulunmuştur.

Fosfordaki artış hızlı bir şekilde bakteriyel üretimi artırır ve bakteri komünite yapısında önemli değişimlere neden olur (Nelson ve Carlson, 2008). Kuzeyden güneye örneklediğimiz göllerde bakteri miktarlarının artan TP konsantrasyonları ile birlikte artması bu görüşü desteklemektedir.

Örneklediğimiz göllerde artan TP konsantrasyonları ile siliat miktarlarının azaldığı gözlemlenmiştir bu durum ötrofik göllerde artan planktivor balık avlanma baskısı sonucu Rotifera taksonunun baskın hale gelmesi ve siliatlar üzerinde avlanma baskılarını arttırması ile açıklanabilir (Gilbert, 1980; Arndt, 1993; Gilbert ve Jack, 1993).

Artan TP konsantrasyonlarına bağlı olarak Cladocera taksonunun mikrobiyal komünite üzerindeki avlanma baskısının zayıfladığı Kuzey Avrupa ülkelerinde yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Jeppesen ve diğ., 1997). Ayrıca İspanya'da ötrofik göllerde yapılan çalışmalar Rotifera'nın bakteri üzerinde etkili bir avlanma baskısı ortaya koyduğunu göstermiştir (Conty ve diğ., 2007). Bu bulguları destekler biçimde örnekleme yaptığımız göllerde artan TP konsantrasyonlarına bağlı olarak Cladocera'nın etkinliği azalmakta ve Rotifera'nın artmaktadır. Farklı zooplankton gruplarının kuzey ve güney göllerindeki etkisi bir sonraki kısımda daha detaylı olarak tartışılmıştır.

HNF miktarları TP seviyesinin artması ile artmaktadır. Bu durum siliat miktarlarındaki azalmaya bağlı olarak HNF üzerindeki avlanma baskısının azalması ve bakteri miktarının artması ile açıklanabilir.

Özet olarak bakteri, HNF ve siliatların artan TP konsantrasyonlarına verdikleri tepkilerin farklı olmasını mikrobiyal komünite içerisindeki değişen avlanma baskısı (Rae ve Vincent 1998; Christoffersen ve diğ., 2006), değişik zooplankton gruplarının mikrobiyal komünite üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri ile (Porter & McDonough, 1984;; Nöges *et al.*, 1998; Jürgens & Jeppesen, 2000) açıklayabiliriz.

Kuzey ve Güney gölleri arasında hem littoral hem de pelajikte HNF miktarları bakımından bir fark bulunamazken litoral ve pelajik bölgeler arasında da hem kuzey hem de güney göllerinde fark bulunamamıştır. Kuzey göllerinde her iki bölgede de güneye göre daha fazla siliat bulunurken, sadece kuzeydeki göllerde pelajikte litorale göre daha fazla siliat olduğu, güneyde iki bölge arasında fark olmadığı belirlenmiştir. Bu durum kuzey bölgelerinde TP'nin daha düşük olması ve bunun sonucu balık biyokütlesinin daha az olması sonucu farklı zooplankton kompozisyonu ile açıklanabilir. Ayrıca bakterilerin kuzey göllerinde her iki bölgede de güney

göllerine göre daha fazla olduğu ve pelajik bölgede litorale göre hem kuzey hem de güney göllerinde daha fazla bakteri olduğu belirlenmiştir. Bu durum güney göllerinde Rotifera'nın daha baskın olması ile açıklanabilir (Conty ve diğ., 2007). Ayrıca Brezilya'da (Haig-They ve diğ., 2010) ve Çin'de (Wu ve diğ., 2007) yapılan çalışmalarda tropik göllerde de ılıman göllerde olduğu gibi (Sondergaard ve diğ., 1997; Jeppesen ve diğ., 2002) pelajik ve litoral bölgeler arasında bakteri miktarları açısından farklar bulmuşlardır. Bulduğumuz sonuçlarda yukarıdaki çalışmaları destekler biçimde bakteri açısından ülkemizde de litoral ve pelajik açısından bir fark bulunduğunu göstermektedir. Zooplankton miktarı ve kompozisyonu arasındaki farklar ve suiçi bitkilerin litoralda daha fazla olması bu farkın olası nedenleri olarak görülmektedir.

5.1.2. Zooplankton mikrokozmu deneyi

Mikrobiyal komünite üyeleri farklı zooplankton grupları için iyi birer besin kaynağıdır ve bu nedenle farklı zooplankton gruplarının mikrobiyal komünite üyeleri üzerindeki avlanma baskısı ile ilgili çalışmalar giderek artmaktadır (Sanders ve diğ., 1989; Vaque ve diğ., 1992; Arndt, 1993; Jürgens, 1994; Hwang & Heath, 1999; Balseiro ve diğ., 2001, Modenutti ve diğ., 2003).

Göllerde Cladocera HNF üzerinde en yüksek olumsuz etkiyi yapan bir gruptur (Gasol ve diğ., 1995). Ancak sadece Cladocera (*Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1776) taksonunun bulunduğu Gölcük Bolu gölünde, zooplankton olan şişelerde HNF artarken olmayan şişelerde azalma gözlemlenmiştir. Bu sonuç zooplanktonların siliyatı azaltarak HNF üzerinde dolaylı olumlu etki yapması ile açıklanabilir. Bakteriler ise zooplankton olan şişelerde artarken, olmayan şişelerde bir değişim gözlemlenmemiştir. Bakterilerde HNFye rağmen artış Cladocera'nın, siliyat gruplarını azaltarak, bakteri için uygun olan organik maddenin dibe çöküp kaybolmasını önlemesi ile açıklanabilir (Jeppesen ve diğ., 1992). Yeniçağ gölünde ise Cladocera (*Daphnia magna*, Straus, 1820) baskındır ve HNF ve siliyat miktarları, zooplankton olan şişelerde azalırken zooplankton olmayan şişelerde ise HNF için artış, siliyat için aynı kaldığı gözlemlenmiştir. Bakteriler için her iki grupta da belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Bu sonuçta bu türün siliyat ve HNF üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Güneydeki göllerden sadece Cladocera (*Daphnia longirostris*) bulunan Gölcük İzmir'de ise zooplankton olan şişelerde siliyat ve bakteri azalmış, HNF ise artmıştır. Zooplankton olmayan şişelerde ise siliyat miktarı aynı kalmış, HNF azalmış, bakteri miktarı ise değişmemiştir. Bu sonuçta bu türün siliyatlar üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Sonuçlarımız *Daphnia sp.* türünün tüm mikrobiyal komünite üyeleri üzerinde güçlü bir etkisi olduğu bulgusunu desteklemektedir (Porter ve diğ., 1988; Jürgens, 1994; Burns ve Schallenberg, 1996; Adrian ve Schneider-Olt, 1999).

Copepoda taksonunun (siklopid Copepoda) baskın olduğu tek göl olan güney gölü Gebekirse'de ise hem zooplankton olan hem de olmayan şişelerde HNF azalırken bakteri artmaktadır. Ayrıca siliyatlar zooplankton olan şişelerde yok olurken olmayanlarda sayıları aynı

kalmıştır. Bu durum Copepoda'nın siliatları tüketmesi (Sommer ve dig., 2003) bakteri ve HNF'leri tüketmemesi ile açıklanabilir (Sanders ve diğ., 1989; Thouvenot ve diğ., 1999).

Sadece rotiferanın bulunduğu Hamam ve Saka göllerinde zooplankton olan şişelerde HNF artıp bakteri azalırken, olmayan şişelerde HNF azalıp bakteri artmaktadır. Siliat ise zooplankton olan şişelerde yok olurken olmayanlarda sayısı aynı kalmaktadır. Bu durum Rotiferanın siliat üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Gilbert, 1980; Arndt, 1993; Gilbert ve Jack, 1993), Aynı durumdaki Baldırmaz gölünde zooplankton olan şişelerde bu iki gölle aynı sonuç gözlenirken olmayan şişelerde hem HNF hem de bakteri artmaktadır. Bu durumda rotifer taksonunun bu gölde tüm mikrobiyal komünite üzerinde avlanma baskısı oluşturduğunu göstermektedir (Starkweather ve diğ., 1979; Bogdan ve diğ., 1980; Boon ve Shiel, 1990; Arndt, 1993).

Tüm zooplankton taksonlarının bulunduğu ve Rotifera taksonunun baskın olduğu kuzey göllerinden Poyrazlar ve K.Akgöl göllerinde ve güneydeki göllerden Emreve Gölcük Kütahya, Saklıgöl ve Yayla göllerinde zooplanktonun sadece siliat üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum Rotifera'nın baskın olduğunu ve siliat üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Gilbert, 1980; Arndt, 1993; Gilbert ve Jack, 1993).

Cladocera ve Copepoda taksonlarının bulunduğu Taşkısığı gölünde ise direk zooplankton etkisinin sadece siliat üzerinde etkili olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum Copepoda'nın siliatları tüketmesi (Sommer ve dig.,2003) bakteri ve HNF'leri tüketmemesi ile açıklanabilir (Sanders ve diğ., 1989; Thouvenot ve diğ., 1999). Ayrıca Cladocera türlerinin *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1776) ve *Chydorus sphaericus* gibi küçük vücutlu zooplankton türlerinin bakteri ve HNF üzerinde etkin olmaması ile de açıklanabilir (Jurgens, Arndt & Zimmermann, 1997; Marchessault & Mazumder, 1997).

5.1.3 Mezokozm Deneyi

Akdeniz iklim Kuşağının temel karakteri olan hidrolojik değişimlerin ve küresel iklim değişikliğiyle beraber özellikle kurak iklim bölgelerinde belirginleşen su seviyesi değişiminin mikrobik çevrim üzerinde etkisini daha iyi anlamak amacıyla Eymir Göl'ünde 2 farklı su seviyesine yerleştirilen mezokozmlarda araştırılmıştır. Sığ mezokozmlarda TP konsantrasyonları derin mezokozmlara göre daha yüksek çıkmıştır ve yine suiçi bitkilerin sığ mezokozmlarda daha fazla olduğu görülmüştür. Bu bulgularımız iklim değişikliğine bağlı olarak meydana gelecek olan su seviyesindeki değişimlerin Akdeniz bölgesinde suiçi bitkileri arttıracakı görüşünü desteklemektedir (Coops ve diğ., 2003; Beklioglu ve diğ., 2006).

Suiçi bitkilerin mikrobiyal komünite üzerine etkisini gösteren az sayıda çalışma bulunmaktadır (Kleppel ve diğ., 1980; Middelboe ve diğ., 1998; Wetzel ve Søndergaard, 1998; Reitner ve diğ., 1999). Bu çalışmalarda suiçi bitkilerin yoğun olduğu göllerde bakteri sayısının daha fazla olduğu belirtilmektedir. Bu görüşü destekler şekilde tüm mikrobiyal komünite üyeleri

sayıca suiçi bitkilerin daha fazla olduğu sığ mezokozmlarda derin mezokozmlara göre daha fazla sayıda bulunmuştur.

Cladosera taksonu siliat ve HNF gruplarını azaltarak bakterilerin artmasını sağlayarak, bakteri için uygun olan organik maddenin dibe çöküp kaybolmasını önlerler (Jeppesen ve diğ., 1992). Copepoda taksonu ise siliatları baskılar ve HNF'ları siliat baskısından kurtarırlar (Sommer ve diğ., 2003). Christoffersen ve diğ., (1993) tarafından yapılan bir çalışmada planktivor balıkların ötrofik göllerde zooplankton komünite yapısını ve dolaylı olarak mikrobiyal komüniteyi etkilediğini ortaya koymuştur. Cladocera baskınken bu grubun fitoplanktonları, HNF, rotifer ve bakterileri kontrol ettiği Cladocera balıklar tarafından azaltıldığında mikrobiyal komünite de HNF biyokütlesinin arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmamızda, siliatların balıklı mezokozmlarda daha fazla sayıda bulunması ise, bu mezokozmlarda yukarıda da anlatıldığı gibi balıkların zooplankton üzerindeki avlanma baskısının dolaylı olumlu etkisi olarak görülebilir. Bakterilerin de balıklı mezokozmlarda fazla sayıda bulunması Siliatların HNF üzerindeki avlanma baskısı ile açıklanabilir (Jurgens ve diğ., 2000; Kisand ve diğ., 2000; Simek ve diğ., 2000).

Yine hidrolojiye bağlı meydana gelecek olan ötrofikasyon ve besin ağlarındaki değişmeye bağlı olarak Akdenizdeki göllerde bakteri ve siliatlar üzerinde ılıman bölgedeki göllere göre daha daha az bir yukarıdan aşağı etki ve daha güçlü bir aşağıdan yukarı kontrol beklenmektedir (Conty ve diğ., 2007). Bu görüşü destekler şekilde derinliğe bağlı olarak TP'nin yüksek olduğu sığ mezokozmlarda bakteri miktarları daha fazla miktarda bulunmuştur. Ancak bizim sonuçlarımız hem sığ hem de derin mezokozmlarda yukarıdan aşağı etkinin de güçlü olduğunu göstermektedir (özellikle HNF ve Bakteri arasında).

5.1.4 Mevsimselliğin etkisi

Mikrobik çevirim mevsimsel dinamiklere bağlı olarak değişim göstermektedir (Cleven ve diğ., 2001; Höfle ve diğ.,1999; Pernthaler ve diğ.,1998). Yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarı kontrol mekanizmaları bakteriyel komünitelerin yapı ve dinamiklerinde mevsimsel değişimler gösterir (Muylaert ve diğ. 2002). Yine aynı şekilde yıl içindeki zooplankton miktarı ve taksonlarındaki değişimlerin mikrobiyal komünite üzerindeki değişimlerde etkili olduğu bilinmektedir (Jurgens ve diğ., 2000). Eymir gölünde pelajik ve litoral bölgede Eylül 2010'dan sonra Rotifera'daki azalmaya bağlı olarak siliatlarda ve bakterilerde artış gözlemlenmiştir. Mogan gölünde ise Temmuz 2010 ayına kadar Rotifera baskınken daha sonra Siklopoid Copepoda baskın duruma geçmiş ve buna bağlı olarak siliatlar azalmış ve bakteriler artmıştır. Literatürdeki çalışmalarda bu bulgularımızı desteklemektedir. Kopepodlar siliatları baskırlar (Sommer ve diğ., 2003) yine siklopoid copepodların bakterileri tüketmediği gözlemlenmiştir (Sanders ve diğ., 1989; Thouvenot ve diğ., 1999). Yıl içinde Eymir ve Mogan göllerinde TP konsantrasyonlarında meydana gelen değişimler mikrobiyal komünite üzerinde değişiklikler meydana getirmemiştir bu da her iki gölde de yukarıdan aşağı kontrol mekanizmalarının daha etkin olduğunu göstermiştir.

Her iki gölde de bakterilerin yaz aylarında daha yüksek miktarlarda bulunduğu gözlemlenmiştir ve Sondergaard ve diğ. (1991) bu bulgumuzu desteklemektedir. Yine Mogan gölünde siliatların yaz aylarında yüksek olması Estonya'daki Vörtsjärv gölünden elde edilen bulgularla örtüşmektedir (Zingel ve Nöges, 2010).

Eymir ve Mogan göllerinde pelajikte litorale göre daha fazla bakteri olduğu belirlenmiş ve bu bulgular dünyanın farklı göllerinde yapılan çalışmalarla örtüşmektedir (Cotner ve Biddanda, 2002, Haig-They ve diğ., 2010). Bu farkın olası nedenleri anlık örnekleme kısmında tartışılmıştır.

5.2. Sonuç ve Öneriler

Projemiz sonucunda elde ettiğimiz veriler bir önceki bölümde detaylı olarak tartışılmıştır. Özet olarak anlık örnekleme, mezokozm ve mikrokozma deneyleri farklı zooplankton gruplarının ülkemiz göllerinde mikrobiyal komünite üzerindeki etkisinin detaylı olarak anlaşılmasını sağlamıştır. Yine mevsimsel örnekleme ile mevsimlerin etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Mezokozm deneyi ile ülkemiz için çok önemli olan hidrolojiye bağlı değişimlerin etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Azalan su seviyesine bağlı olarak artan ötrofikasyonla bakterilerinde sayısında artış gözlemlenmiştir.

Ayrıca hem anlık hem de mevsimsel örnekleme sonuçları ile elde edilen veriler ülkemizde de diğer göllerde olduğu gibi pelajik ve litoral bölgelerde bakteri açısından fark olduğunu göstermiştir.

Yine Kuzey ve Güney gölleri arasında bakteri ve siliat miktarları arasında fark olması ülkemizde enlemsel olarak besin tuzu dinamiklerine mikrobiyal komunitelerinin rolünün enlemsel olarak değişebileceğini göstermektedir.

Bu projede, elde ettiğimiz sonuçlar ülkemiz için ilk ve özgün olma özelliği ile literatürde büyük bir eksikliği dolduracaktır. Çalışmamızın sonuçları diğer ülkelerde yapılan sonuçlarla karşılaştırılarak mikrobik çevrimin sığ göllerin ekolojisindeki rolünün daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Ayrıca benzer çalışma yapmak isteyenler için de bir altyapı oluşturacaktır.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçların yayına dönüştürülmesi ile literatürde ülkemizin de içinde olduğu yarı kurak ve kurak bölgelerde mikrobiyal komünite ile ilgili eksiklik büyük ölçüde giderilecektir. Çalışmamız yine mikrobiyal komüniteye etki eden tüm faktörleri bir arada değerlendiren bir çalışma olması bakımından önem arz etmektedir.

Bu çalışmamızda mevsimsel örnekleme için Eymir ve Mogan göllerinde bir yıllık örnekleme yapılmıştır ancak mevsimselliğin etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için daha uzun süreli bir çalışma daha kesin sonuçlar verebilir. Enlemselliğin etkisinin daha da belirgin olabilmesi için örneklenen göl sayısı ileri de yapılacak çalışmalarla artırılabilir ve elde ettiğimiz sonuçların daha iyi bir şekilde desteklenmesi sağlanabilir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar benzer çalışma yapmak isteyenler için bir altyapı oluşturabilir ve ileride yapılacak daha kapsamlı çalışmalarla mikrobik çevrimin ülkemiz sığ göllerin ekolojisindeki rolünün daha iyi anlaşılması sağlanabilir.

6.KAYNAKÇA

- Arndt, H., Rotifers as predators on components of the microbial web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates) – a review. *Hydrobiologia* 255/256: 231–246, (1993).
- Auer B., Elzer U. & Arndt H. Comparison of pelagic food webs in lakes along a trophic gradient and with seasonal aspects: Influence of resource and predation. *Journal of Plankton Research*, 26: 697-709, (2004).
- Azam, F., Fenchel, T., Field, J. G., Gray, J. S., Meyer-Reil, L. A. and Thingstad, F, The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10, pp. 257–263 (1983).
- Azam, F., *OCEANOGRAPHY: Microbial Control of Oceanic Carbon Flux: The Plot Thickens.* Science (New York, N.Y.). 280: 5364, (1998), p. 694.
- Beklioglu, M. & C. O. Tan., Drought complicated restoration of a Mediterranean shallow lake by biomanipulation. *Archive für Hydrobiologie*: 171, (2008).
- Beklioglu, M., Romo, S., Kagalou, I., Quintana, X., Bécares, E. State of the art In the functioning of shallow Mediterranean Lakes: workshop conclusion. *Hydrobiologia*, 196: 317-326, (2007).
- Beklioglu, M. & Özen. A., Hidroloji Besin Tuzları ve Balık Stokunun Küresel ısınma ile Birlikte Türkiye'deki Sığ göllerin Ekolojisine Etkileri. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği kongresi 24-27 Ekim, İzmir.Yaşam Çevre ve Teknoloji Bildiriler Kitabı. Emre Basımevi, İzmir, (2007), pp. 403-412.
- Beklioglu, M. & Özen A., Ülkemiz sığ gollerinde kuraklık etkisi ve ekolojik tepkiler. Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkiler Konferansı Bildiriler kitabı, (2008), pp 299-306.
- Berman T., Microbial food webs and nutrient cycling in lakes: Changing perspectives. In: Tilzer MM, Serruya C (eds) *Large Lakes—Ecological Structure and Function.* ISME 5, Japan, (1990) pp 321–325
- Berninger, U.G., Caron, D.A., Sanders, R.W., Mixotrophic algae in three ice-covered lakes of the Pocono Mountains, U.S.A. *Freshwater biology.* 28: 2, p.263 (1991).
- Bird, D. F. and Kalff, J., Empirical relationships between bacterial abundance and chlorophyll concentration in fresh and marine waters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41, 1015–1023 (1984).
- Capblancq, J., Nutrient dynamics and pelagic food web interactions in oligotrophic and eutrophic environments: An overview. *Hydrobiologia* 207: 1–14 (1990).
- Caron, D. A. and Goldman, J. C., *Ecology of marine protozoa*, edited by: Capriulo, G. M., Oxford Univ. Press, New York, (1990), 283–306.
- Carpenter, G., Gillison, A.N., Winter, J., A flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants, animals. *Biodivers. Conserv.* 2, 667–680 (1993).

- Carpenter, S., J. F. Kitchell & J. R. Hodgson, Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience* 35: 634–639 (1985).
- Carrick, H. J., Fahnenstiel, G. L., Stoermer, E. F. and Wetzel, R. G., The importance of zooplankton-protozoan trophic couplings in Lake Michigan. *Limnol. Oceanogr.*, 36, 1335–1345 (1991).
- Cho, B. C., and Azam, F., Biogeochemical significance of bacterial biomass in the ocean's euphotic zone. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 63: 253–259 (1990).
- Christoffersen, K., Riemann, B., Klysner, A. et al., Potential role of fish predation and natural populations of zooplankton in structuring a plankton community in eutrophic water. *Limnol. Oceanogr.*, 38, 561–573 (1993).
- Christoffersen, K., Ecological implications of cyanobacterial toxins in aquatic food webs. *Phycologia* 35: 42–50 (1996).
- Christoffersen, K., Andersen, N., Søndergaard, Mo., Liboriussen, L., & Jeppesen, E., Implications of climate-enforced temperature increases on freshwater pico- and nanoplakton populations studied in artificial ponds during 16 month. *Hydrobiologia* 560: 259-266 (2006).
- Cleven, AJ, Weisse, T., Seasonal succession and taxon specific bacterial grazing rates of heterotrophic nanoflagellates in Lake Constance. *Aquat Microb Ecol* 23: 147–161 (2001).
- Conty, A., Garcia-Criado, F., Becares, E., Changes in bacterial and ciliate densities with trophic status in Mediterranean shallow lakes. *Hydrobiologia*. 584:327–335 (2007).
- Coops, H., Beklioglu, M. & Crisman, T. L., The role of water-level fluctuations in shallow lake ecosystems – workshop conclusions. – *Hydrobiologia* 506:23–27 (2003).
- Cotner, J. B. & B. A. Biddanda, Small players, large role: microbial influence on biogeochemical processes in pelagic aquatic ecosystems. *Ecosystems* 2: 105–121, (2002).
- Dillon PJ, Rigler FH., Test of simple nutrient budget model predicting phosphorous concentration in lake water. *Journal of the fisheries research board of Canada.*: 31:11. Pages: 1771-1778, (1974).
- Fenchel, T., Marine plankton food chains. *A. Rev. Ecol. Syst.* 19: 19-38, (1988).
- Gasol, J.M., Simons.A.M. and Kalff J., Patterns in the top-down versus bottom-up regulation of heterotrophic nanoflagellates in temperate lakes. *J. Plankton Res.*, 17,1879-1903, (1995).
- Gasol, J. M. and Vaque, D., Lack of coupling between heterotrophic nanoflagellates and bacteria: a general phenomenon across aquatic systems? *Limnol. Oceanogr.*, 38, 657–665, (1993).
- Gliwicz, Z. M. 1969. Studies on the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy. *Ekol. Pol. A* 17: 663–708, (1969).
- González, Sagrario, M. A., E. Jeppesen, J. Gomà, M. Søndergaard, T. Lauridsen & F. Landkildehus, Does high nitrogen loading prevents clear-water conditions in shallow

- lakes at intermediate high phosphorus concentrations. *Freshwater Biology* 50: 27–41, (2005).
- Gulati, R. D., Zooplankton structure in the Loosdrecht lakes in relation to trophic status and recent restoration measures. *Hydrobiologia*, 191, 173–188, (1990).
 - Haig-They Ng, Motta Marques, Jeppesen, E. And Søndergaard, M., Bacterioplankton in the littoral and pelagic zones of subtropical shallow lakes, *Hydrobiologia*, 646, 311-326, (2010).
 - Havens, K.E. & East, T.L., Plankton food web responses to experimental nutrient additions in a subtropical lake. *The Scientific World Journal* 6:827-833., (2006).
 - Havens K.E., Elia A.C., Taticchi M.I. & Fulton R.S., Zooplankton-phytoplankton relationships in shallow subtropical versus temperate lakes Apopka (Florida, USA) and Trasimeno (Umbria, Italy). *Hydrobiologia*, 663, 265-266, (2011).
 - Hofle, MG, Haas, H, Dominik, K., Seasonal dynamics of bacterioplankton community structure in a eutrophic lake as determined by 5S rRNA analysis. *Appl Environ Microbiol* 65: 3164–3174, (1999).
 - Hwang, S.-J. and Heath, R. Zooplankton bacterivory at coastal and offshore sites of Lake Erie. *J. Plankton Res.*, 21, 699–719, (1999).
 - James C, Fisher J, Russell V, Collings S, Moss B, Nitrate availability and hydrophyte species richness in shallow lakes. *Freshwater Biology* 50:1049-1063, (2005).
 - James WF, Barko JW, Eakin HL, Sorge PW, Phosphorus budget and management strategies for an urban Wisconsin lake. *Lake and Reservoir Management* 18: 149-163, (2002).
 - Jansson, M., Blomquist, P., Jonsson, A. and Bergstrom, A. K., Nutrient limitation of bacterioplankton, autotrophic and mixotrophic phytoplankton, and heterotrophic nanoflagellates in Lake Ortrasket. *Limnol. Oceanogr.*, 41, 1552–1559, (1996).
 - Jeppesen, E., Meerhoff, M., Jacobsen, B.A., Hansen, R., S., Søndergaard, M., Jensen, J.P., Lauridsen, T.L., Mazzeo, N., Branco, C.W.C., Restoration of shallow lakes by nutrient control and biomanipulation—the successful strategy varies with lake size and climate. *Hydrobiologia*. 581. pp.:269–285, (2007).
 - Jeppesen, E., Søndergaard, M., Meerhoff, M., Lauridsen, T.L., Jensen, J.P., Shallow lake restoration by nutrient loading reduction—some recent findings and challenges ahead. *Hydrobiologia*. 584:pp. :239–252, (2007).
 - Jeppesen, E., M. Søndergaard, N. Mazzeo, M. Meerhoff, C.C. Branco, V. Huszar & F. Scasso, Lake restoration and biomanipulation in temperate lakes: relevance for subtropical and tropical lakes. In *Restoration and Management of Tropical Eutrophic lakes* [Eds. M.V.Reddy] Oxford & IBH Publishing Co.,Prt,Ltd.,New Delhi, (2005).
 - Jeppesen, E., J.P. Jensen & M. Søndergaard, 2003: Climatic warming and regime shifts in lake food webs - some comments. - *Limnol. Oceanogr.* 48: 1346-1349, (2003).

- Jeppesen, E., Jensen, J.P., Søndergaard, M., Lauridsen, T., Pedersen, L.J., and Jensen, L., Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia* 342/343: 151–164, 151, (1997).
- Jeppesen, E., Søndergaard, M., Kanstrup, E., Petersen, B., Eriksen, R.B., M. Hammershøj, M., Mortensen, E., Jensen, J.P., and A. Have, A., Does the impact of nutrients on the biological structure and function of brackish and freshwater lakes differ? *Hydrobiologia*. 275-276: pp.15-30, (1994).
- Jeppesen, E., O. Sortkjær, M. Søndergaard & M. Erlandsen, Impact of a trophic cascade on heterotrophic bacterioplankton production in two, shallow fish-manipulated lakes. - *Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol.* 37: 219-231, (1992).
- Jurgens, K., Jeppesen, E., The impact of metazooplankton on the structure of the microbial food web in a shallow, hypertrophic lake. *Journal of plankton research.* 22: 6, p.1047, (2000).
- Jurgens.K., Impact of Daphnia on planktonic microbial food webs. A review. *Mar. Microb. Food Webs*, 8, 295-324, (1994).
- Kirchner, D.L., 1994. The uptake of inorganic nutrients by heterotrophic bacteria. *Microb Ecol* 28:255, (1994).
- Knoechel, R. and Holtby, L. B., 1986. Cladoceran filtering rate: body length relationships for bacterial and algal particles. *Limnol. Oceanogr.*, 31, 195–200, (1986).
- Komarková, J. and Komárek, J., Comparison of pelagial and littoral primary production in a South Bohemian fishpond (Czechoslovakia). *Symp. Biol. Hung.*, 15, 77–95, (1975).
- Koste W., Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas (Überordnung Monogononta). Bestimmungswerk, begründet von Max, vol. 1, 2. , Gebrüder Borntraeger, Stuttgart, Germany, (1978), 907 pp.
- Legendre, L., and Rassoulzadegan, F., Plankton and nutrient dynamics in marine waters. *Ophelia* 41: 153–172, (1995).
- Maberly S.C., King L., Dent M.M., Jones R.I. & Gibson C.E., Nutrient limitation of phytoplankton and periphyton growth in upland lakes. *Freshwater Biology*, 47, 2136–2152, (2002).
- Madsen, T.V., Brix, H., Growth, photosynthesis and acclimation by two submerged macrophytes in relation to temperature. *Oecologia.* 110: 3, p.120, (1997).
- Mathes, J. and Arndt, H., Biomass and composition of protozooplankton in relation to lake trophy in north German lakes. *Mar. Microb. Food Webs*, 8, 357–375, (1994).
- Medeiros dos Santos A. & de Assis Esteves F., Primary production and mortality of *Eleocharis interstincta* in response to water level fluctuations. *Aquat. Bot.* 74, 189–99, (2002).
- McQueen, D.J., France, R., Post, J.R., Stewart, T.J. & Lean, D.R.S., Bottom-up and

- topdown impacts on freshwater pelagic community structure. *Ecol. Monogr.* 59: 289-309 (1989).
- McQueen, D. J., Post, J. R. and Mills, E. L., 1986. Trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43, 1571–1581, (1986).
 - Meerhoff M., Clemente F.T.M., Iglesias C., Pedersen A.R. & Jeppesen E. (2007). Can warm climate-related structure of littoral predator assemblages weaken the clear water state in shallow lakes? *Global Change Biology*, 13, 1888-1897.
 - Middelboe, M., Kroer, N., Jorgensen, N. O. G., Influence of sediment on pelagic carbon and nitrogen turnover in a shallow Danish estuary. *Aquat. Microb. Ecol.*, 14, 81–90, (1998).
 - Mitamura, O. and Tachibana, J., Primary productivity of epiphytic and planktonic algae and biogeochemical characteristics in reed zones of Lake Biwa. *Jpn. J. Limnol.*, 60, 265–280, (1999).
 - Mooij, W. M., S. Hülsmann, L. N. De Senerpont Domis, B. A. Nolet, P. L. E. Bodelier, P. C. M. Boers, M. L. Dionisio Pires, H. J. Gons, B. W. Ibelings, R. Noordhuis, R. Portielje, K. Wolfstein & E. H. R. R. Lammens, The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review. *Aquatic Ecology* 39: 381–400, (2005).
 - Moss, B., *The Broads. The people's wetland. The New Naturalist.* Harper Collins Publishers, London, (2001), 392 pp.
 - Moss, B., Engineering and biological approaches to the restoration from eutrophication of shallow lakes in which aquatic plant-communities are important components. *Hydrobiologia* 200: 367–377, (1990).
 - Mulholland, P.J., G.R. Best, C.C. Coutant, G.M. Hornberger, J.L. Meyer, P.J. Robinson, J.R. Stenberg, R.E. Turner, F. Vera-Herrera and R.G. Wetzel, Effects of climate change on freshwater ecosystems of the southeastern United States and the gulf coast of Mexico. *Hydrol. Proc.* 11, pp. 949–970, (1997).
 - Moustaka, M., Gouni, E., Vardaka, E., Michaloudi, K.A., Plankton food web structure in a eutrophic polymictic lake with a history of toxic cyanobacterial blooms. *Limnol. Oceanogr.*, 51(1, part 2), 715–727, (2006),
 - Muylaert, K, Van der Gucht, K, Vloemans, N, De Meester, L, Gillis, M, Vyverman, W., Relationship between bacterial community composition and bottom-up versus top-down variables in four eutrophic shallow lakes. *Appl Environ Microbiol* 68: 4740–4750, (2002).
 - Nelson, E., Carlson, C., and Melack, J. M., "Nutrient deposition and alteration of food web structure in high-elevation lakes of the Sierra Nevada: response by microbial communities" University of California Water Resources Center. Technical Completion Reports (2008), <http://repositories.cdlib.org/wrc/tcr/nelson>.

- Nixdorf B. & Arndt H., Seasonal dynamics of plankton components including the microbial web in Lake Müggelsee. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, **78**, 403-410, (1993).
- Nõges, P., A. Järvet, L. Tuvikene & T. Nõges, The budgets of nitrogen and phosphorus in shallow eutrophic Lake Võrtsjärv (Estonia). *Hydrobiologia* 363: 219–227, (1998).
- Pace, M. L. & J. J. Cole, Comparative and experimental approaches to top-down and bottom-up regulation of bacteria. *Microbial Ecology* 28: 181–193, (1994).
- Pace, M. L. & D. Vaque´, The importance of Daphnia in determining mortality rates of protozoans and rotifers in lakes. *Limnology and Oceanography* 39:985–996, (1994).
- Pernthaler, J, Glockner, FO, Unterholzner, S, Alfreider, A, Psenner, R, Amann, R., Seasonal community and population dynamics of pelagic bacteria and archaea in high mountain lake. *Appl Environ Microbiol* 64: 4299–4306, (1998).
- Pinhassi, J., F. Azam, J. Hemphala, R. A. Long, J. Martinez, U. L. Zweifel, and A. Hagstrom, Coupling between bacterioplankton species composition, population dynamics, and organic matter degradation. *Aquat. Microb. Ecol.* 17:13–26, (1999).
- Pomeroy, L. R. & W. J. Wiebe, Energetics of microbial food webs. *Hydrobiologia* 159: 7–18, (1988).
- Pomeroy, L.R., The ocean's food web, a changing paradigm. *Bioscience* 24: 499–504, (1974).
- Porter, K. G. & Y. S. Feig, 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnology and Oceanography* 25: 943–948, (1980).
- Porter, K. G., Paerl, H., Hodson, R., Pace, M. L., Priscu, J., Riemann, B., Scavia, D. and Stockner, J., Microbial interactions in lake food webs. In Carpenter, S. R. (ed.), *Complex Interactions in Lake Communities*. Springer-Verlag, New York, (1988), pp. 209–227.
- Riemann, L., G. F. Steward, and F. Azam., Dynamics of bacterial community composition and activity during a mesocosm diatom bloom. *Appl. Environ. Microbiol.* 66:578–587, (2000).
- Riemann, B. and Søndergaard, M., Regulation of bacterial secondary production in two eutrophic lakes and in experimental enclosures. *J. Plankton Res.*, 8, 519–536, (1986).
- Roland F., Lobao L.M., Vidal L.O., Jeppesen E., Paranhos R. & Huszar V.L.M. Relationships between pelagic bacteria and phytoplankton abundances in contrasting tropical freshwaters. *Aquatic Microbial Biology*, 60, 261-272, (2010).
- Ruttner-Kolisko A., *Plankton Rotifers. Biology and Taxonomy*. Lunz of the Academy of Science, Stuttgart, (1974), 146 pp.
- Sanders, R.W., Porter, K.G., Bennett, S.J., and DeBiase, A.E., Seasonal patterns of bacterivory by flagellates, ciliates, rotifers, and cladocerans in a freshwater planktonic community. *Limnol. Oceanogr.*, 34, 673–687, (1989).
- Savage, V. M., J. F. Gillooly, J. H. Brown, G. B. West & E. L. Charnov, Effects of body

- size and temperature on population growth. *The American Naturalist* 163: 429–441, (2004).
- Scheffer, M., 1999. The effect of aquatic vegetation on turbidity: how important are the filter feeders? *Hydrobiologia*, 408/409, 307–316, (1999).
 - Scheffer, M., Hosper, S. H., Meijer, M.-L., Moss, B., & Jeppesen, E., Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Evolution and Ecology*, 8, 275–279, (1993).
 - Scheffer M., Multiplicity of stable states in freshwater systems. *Hydrobiologia* 200/201, 475–86, (1990).
 - Scheffer, M., Alternative stable states in eutrophic freshwater systems. A minimal model. *Hydrobiological Bulletin*, 23, 73–83, (1989).
 - Shapiro J., Introductory lecture at the international symposium 'Phosphorus in freshwater ecosystems, Uppsala, Sweden', October 1985. *Hydrobiologia*, 179, 9-17, (1988).
 - Shapiro, J., Wright, D.I., Lake restoration by biomanipulation: Round Lake, Minnesota, the first two years. *Freshwater Biology*. 14: 4, 371, (1984).
 - Sherr.E.B. and Sherr.B.F., High rates of consumption of bacteria by pelagic ciliates. *Nature*, 325, 710-711, (1987).
 - Schindler D.W., Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science* 195:260–262, (1977).
 - Simek K, Jürgens K, Nedoma J, Comerma M, Armengol J, Ecological role and bacterial grazing of *Halteria* spp: small freshwater oligotrichs as dominant pelagic ciliate bacterivores. *Aquat Microb Ecol* 22:43–56, (2000).
 - Simon, M., Cho, B.C., and Azam, F., Significance of bacterial biomass in lakes and the ocean: A comparison to phytoplankton and biogeochemical implications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 86: 103–110, (1992).
 - Smith V.H., 2003. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: a global problem. *Environ Sci Pollut Res Int*; 10:126–39, (2003).
 - Sommer F., Santer B., Jamieson C., Hansen T. & Sommer U., *Daphnia* population growth but not moulting is a substantial phosphorus drain for phytoplankton. *Freshwater Biology*, 48, 67–74, (2003).
 - Søndergaard, M. 1991. Phototrophic picoplankton in temperate lakes: Seasonal abundance and importance along a trophic gradient. *Int. Revue Gesamt. Hydrobiol.* 76: 505-522.
 - Søndergaard, M., Jensen, L.M. & Ertebjerg, G. 1991. Picoalgae in Danish coastal waters during summer stratification. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 79: 139-149.
 - Søndergaard, M., Worm, J., Measurement of biodegradable dissolved organic carbon (BDOC) in lake water with a bioreactor. *Water Research*. 35:10, pp. 2505, (2001).
 - Steele, J.H., *The Structure of Marine Ecosystems*. Harvard University Press, Cambridge, (1974).

- Smirnov N.N., Cladocera: the Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the world. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. SPB Academic Publishing, Netherlands,(1996), 197 pp.
- Stanley, E. H., Johnson, M. D. and Ward, A. K., Evaluating the influence of macrophytes on algal and bacterial production in multiple habitats of a freshwater wetland. *Limnol. Oceanogr.*, 48, 1101–1111, (2003).
- Starkweather P.L., Gilbert J.J. & Frost T.M., Bacterial feeding by the rotifer *Brachionus calyciflorus*: Clearance and ingestion rates, behaviour and population dynamics. *Oecologia*, 44, 26-30, (1979).
- Sterner, R. W., and Elser, J.J., Ecological stoichiometry: The biology of elements from molecules to the biosphere. Princeton Univ. Press, (2003).
- Theil-Nielsen, J. and Søndergaard, M., Production of epiphytic bacteria and bacterioplankton in three shallow lakes. *Oikos*, 86, 283-292, (1999).
- Thingstad, T. F., Zweifel U.L., and Rassoulzadegan, F., P limitation of heterotrophic bacteria and phytoplankton in the northwest Mediterranean. *Limnol. Oceanogr.* 43: 88–94, (1998).
- Thouvenot, A., Richardot, M., Deboras, D. et al., Bacterivory of metazooplankton, ciliates and flagellates in a newly flooded reservoir. *J. Plankton Res.*, 21, 1659–1679, (1999).
- Ueda H. & Reid W.J. (2003) *Copepoda: Cyclopoida, Genera Mesocyclops and Thermocyclops*. Backhuys Publishers, Leiden, (2003).
- Utermohl, H, Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mitteilung Internationale Vereinigung fuer Theoretische unde Angewandte Limnologie* 9: 1–38, (1958).
- Vaque, D., Pace, M., Findlay, S. et al., Fate of bacterial production in a heterotrophic ecosystem: grazing by protists and metazoans in the Hudson Estuary. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 89, 155–163, (1992).
- Vollenweider, R. A. 1968. The scientific basis of lake and stream eutrophication, with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. *OECD Tech. Rep.* 27: 1–182, (1968).
- Weisse, T. and Muller, H., 1998. Planktonic protozoa and the microbial food web in Lake Constance. *Arch. Hydrobiol., Spec. Iss. Adv. Limnol.*, 53, 223–254, (1998).
- Weisse T., The annual cycle of heterotrophic freshwater nanoflagellates: role of bottom-up versus top-down control. *J. Plankton Res.* 13: 167–185, (1991).
- Wheeler, P. A., and Kirchman D.L., 1986. Utilization of inorganic and organic nitrogen by Bacteria in marine systems. *Limnol. Oceanogr.* 31: 998–1009, (1986).
- Wilcock, R. J., Champion, P. D., Nagels, J. W. et al., The influence of aquatic macrophytes on the hydraulic and physico-chemical properties of a New Zealand lowland

stream. *Hydrobiologia*, 416, 203–214, (1999).

- Wu, Q. L., G. Zwart, J. Wu, P. Kamst-van Agterveld, S. Liu & M. W. Hahn, Submersed macrophytes play a key role in structuring bacterioplankton community composition in the large, shallow, subtropical Taihu Lake, China. *Environmental Microbiology* 9: 2765–2774, (2007).
- Zingel P. And Nöges T., Seasonal and annual population dynamics of ciliates in a shallow eutrophic lake, *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie*, Volume 176, 133-143, (2010).
- Zöllner E., Santer B., Boersma M., Hoppe H.G. & Jurgens K., Cascading predation effects of *Daphnia* and copepods on microbial foodweb components. *Freshwater Biology*, 48, 2174-2193, (2003).

**TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje No: 109Y181
Proje Başlığı: Sığ Göllerin Ekolojik Yapısının Belirlenmesinde Mikrobik Çevrimin Rolü
<p>Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar:</p> <p>Prof. Dr. Meryem Beklioğlu Yerli Ar. Görevlisi, Doktora öğrencisi Arda Özen</p> <p>*Doktora öğrencisi Tuba Bucak *Doktora öğrencisi Ü. Nihan Yazgan Tavşanoğlu *Doktora öğrencisi A.İdil Çakıroğlu *Doktora öğrencisi Eti Levi *Yüksek Lisans Öğrencisi Ece Saraoğlu</p> <p>Yıldız ile işaret edilen kişiler proje kapsamında bursiyer veya araştırmacı olarak desteklenmemişlerdir.</p>
<p>Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:</p> <ul style="list-style-type: none"> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Biyoloji bölümü, Üniversiteler Mah. Dumlupınar Bulvarı. No:1 06800 Çankaya, Ankara.
<p>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</p> <ul style="list-style-type: none"> TÜBİTAK (ÇAYDAG, 109Y181 nolu proje) Tunus Caddesi No:80 06100 Kavaklıdere / Ankara Orta Doğu Teknik Üniversitesi, ODTÜ Üniversiteler Mah. Dumlupınar Bulvarı. No:1 06800 Çankaya, Ankara (ODTÜ BAP-07-02-2010-101 nolu proje).
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 15.3.2010/15.3.2011
<p>Öz (en çok 70 kelime)</p> <p>Mikrobik çevrim üzerinde hidroloji ve ötrofikasyona bağlı değişikliklerin etkisi Akdeniz İklim Kuşağındaki göllerde tam olarak anlaşılmamıştır. Bu çalışmada mikrobik çevrim üzerinde farklı besin tuzu ve avlanma baskılarının etkisi (kuzeyden güneye 14 farklı gölde karşılaştırmalı ve deneysel olarak), mevsimlerin etkisi (Eymir ve Mogan Göl'leri) ve su seviyesi değişiminin etkisi (Eymir Göl'ünde mezokozm deneyi) araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen bulgularla klasik besin ağı ve mikrobik çevrim arasındaki ilişki ortaya konmaya çalışılmıştır.</p>
<p>Anahtar Kelimeler: fitoplankton,zooplankton, besin tuzu, siliat, mikrobiyal komünite, su seviyesi değişimi.</p>
<p>Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/></p>

Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.

Projeden Yapılan Yayınlar:

Temperature and nutrient effects on freshwater microbial and planktonic communities in climate warming experimental ponds after seven years of incubation

ARDA ÖZEN, MICHAL ŠORF, CAROLINA TROCHINE, LONE LIBORIUSSEN, MERYEM BEKLİOĞLU, MARTIN SØNDERGAARD, TORBEN L. LAURIDSEN, LISELOTTE SANDER JOHANSSON & ERİK JEPPESEN

Freshwater Biology (Yayın için başvuruldu, değerlendirilmedi bekliyor).

Ekte Bulunan "ARDEB Başarı Öyküsü Formu", "Kazanımlar" Bölümünde Belirtilen Kriterlere Göre Proje Çıktılarınızın Başarı Öyküsü Niteliği Taşındığını Düşünüyorsanız "ARDEB Başarı Öyküsü Formu"nu doldurunuz.

ARDEB BAŞARI ÖYKÜSÜ

1. Proje yürütücüsü iletişim bilgileri:

Adı – Soyadı :
 Unvanı :
 Telefon :
 E-posta adresi :

Proje Adı	Proje Yürütücüsü
<p>(PROJE ŞEKİL/GRAFIK/ FOTOĞRAF) (En fazla 4 tane – jpg formatında, 35 x 35 cm (300 dpi)): İsimleriyle ve şekil altı açıklamalarıyla birlikte sıralanmış olarak formda belirtilmesi ve 300 dpi çözünürlükte ayrı jpeg dosyaları halinde formun ekleri olarak gönderilmesi gerekmektedir.</p>	Proje No
	Destek Miktarı (TL)
	Proje Başlama-Bitiş Tarihi
	Yürütücü Kuruluş
	<p>(PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ FOTOĞRAF) 300 dpi çözünürlükte ayrı jpeg dosyası olarak forma eklenmelidir.</p>
<p>Projenin Amacı ve Önemi (En fazla 150 kelime) (Maddeler halinde sıralayınız)</p>	
<p>Proje ile Elde Edilen veya Beklenen Bilimsel, Teknolojik, Ekonomik ve Sosyal Kazanımlar (En fazla 200 kelime)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projeden uluslararası, etki faktörü yüksek dergilerde yapılan yayın(lar)-(etki faktörünü de veriniz) • Proje kapsamında elde edilen ürün, buluş, çıktı vb. için alınacak/alınmış patentler ve/veya gerçekleştirilmiş/gerçekleştirilecek teknolojik/ticari uygulama(lar) • Proje kapsamında alınan ödüller/ödül adaylıkları • Projenin ülkenin bilimsel ve teknolojik araştırma gücüne, bilim insanı yetiştirilmesi ve yeni yetenekler kazanılmasına sağladığı katkılar 	
<p>Proje için TÜBİTAK Desteğinin Önemi (En fazla 150 kelime)</p>	