İZNİK GÖLÜ'NÜ BESLEYEN BAZI AKARSULARDA BENTİK OMURGASIZLAR KULLANILARAK SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Yeşim SAVCI

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İZNİK GÖLÜ'NÜ BESLEYEN BAZI AKARSULARDA BENTİK OMURGASIZLAR KULLANILARAK SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Yeşim SAVCI
0000-0002-8312-0555

Doç. Dr. Nurhayat DALKIRAN

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023

ÖZET

Yüksek Lisans

İZNİK GÖLÜ'NÜ BESLEYEN BAZI AKARSULARDA BENTİK OMURGASIZLAR KULLANILARAK SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Yeşim SAVCI

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nurhayat DALKIRAN

Bu çalışmada İznik Gölü'nü besleyen 4 akarsuda bentik makro omurgasızlar kullanılarak biyolojik su kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla İznik Gölü'nü besleyen 4 akarsudan Ekim 2013-Aralık 2014 tarihleri arasında aylık olarak bentik makro omurgasız örneklemesi yapılmıştır. Arazi esnasında su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen tüm noktalarda anlık olarak ölçülmüştür. Aynı zamanda bazı besin tuzu analizleri (nitrit + nitrat azotu, orto fosfat fosforu, toplam azot ve toplam fosfor) alınan örneklerde belirlenmiştir. Bentik makro omurgasızlar kullanılarak su kalitesi belirlemek amacıyla biyotik indekslerden BMWP klasik ve BMWP İspanyol versiyonları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda bentik makro omurgasızlara ait 54 familya belirlenmiştir. Kanonik Korelasyon Analizi sonucunda bentik makro omurgasızlarla ilişki gösteren iki çevresel değişken (su sıcaklığı ve TN) anlamlı tespit edilmiştir. En yüksek familya zenginliği toplam 36 familya ile 4. istasyon olan Narlıca deresinde tespit edilmiştir. Bunu 34 familya ile 2. istasyon olan Çakırca deresi takip etmiştir. Narlıca deresinde her iki BMWP versiyonuda en yüksek oranda tespit edilmiştir. Bu derede yıllık ortalama BMWP klasik değeri 51,57 yani su kalitesi IB sınıfında bulunurken, BMWP İspanyol versiyonun yıllık ortalama değeri ise 62,43 olarak II. sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir. Biyotik indekslere göre en kirli derenin Kırandere olduğu tespit edilmiştir. Yıllık ortalama BMWP klasik değeri 14,60, III. sınıf su kalitesi olarak bulunurken, BMWP İspanyol versiyonunda 16,07, IV. sınıf su kalitesi olarak tespit edilmiştir. Diğer iki derenin su kalitesi, Çakırca ve Sölöz derelerinin yıllık ortalama değerlere göre biyolojik su kalitesi BMWP klasik için sırasıyla II. ve III. sınıf olduğu bulunurken, BMWP İspanyol versiyonunun III. ve IV. kalite olduğu tespit edilmiştir. Yıllık ortalama TN ve TP değerlerine göre Narlıca istasyonu oligotrofik su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Çakırca TP açısından mezotrofik iken TN açısından ötrofik olmuştur. Diğer iki derenin ise her iki besin tuzu açısından ötrofik olduğu tespit edilmiştir. Kimyasal su kalitesi verileri ile biyolojik su kalitesi verileri karşılaştırıldığında biyolojik verilerin su kalitesini belirlemek için daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Biyotik indekslerden BMWP İspanyol versiyonun su kalitesini belirlemede daha uygun bir indeks olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bentik makro omurgasız, su kalitesi, İznik Gölü, biyotik indeks
2023, viii + 74 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF WATER QUALITY BY USING BENTHIC MACROINVERTEBRATES IN SOME STREAMS FEEDING LAKE IZNIK

Yeşim SAVCI

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Doç. Dr. Nurhayat DALKIRAN

In this study, it was aimed to determine the biological water quality by using benthic macroinvertebrates in 4 streams feeding İznik Lake. For this purpose, benthic macroinvertebrate samplings were carried out monthly from 4 creeks between October 2013 and December 2014. Water temperature, pH, electrical conductivity and dissolved oxygen were measured *in situ* during the field study at all sampling sites. Some nutrients (nitrite + nitrate nitrogen, ortho-phosphate phosphorus, total nitrogen and total phosphorus) were also determined in water samples to evaluate the eutrophication levels in the streams. In order to determine water quality by using benthic macroinvertebrates, BMWP classical and BMWP Spanish versions of biotic indices were used. As a result of the study, 54 benthic macroinvertebrate family were identified. As a result of the Canonical Correspondence Analysis, two environmental variables (water temperature and TN) related to benthic macroinvertebrates were found to be significant. The highest family richness was determined in the Narlıca Creek, which is the 4th station with a total of 36 families were identified. This followed by Çakırca Creek, which was the 2nd station with 34 families. The highest BMWP scores were detected in both two BMWP versions in Narlıca Creek. In this creek, the annual mean BMWP classical score is 51.57, this correspond the IB class water quality, while the annual mean score of the BMWP Spanish version is 62.43, corresponds the class II water quality. According to these two biotic indices, the most polluted stream determined to be Kırandere. In this stream, the average annual BMWP classical score was found to be 14.60, with class III water quality, while in the Spanish version of BMWP score was 16.07, with class IV water quality. The biological water quality of the other two streams, was found to be class II and III for BMWP classic version, while the BMWP Spanish version was found to be class III and IV, respectively. According to the annual average TN and TP values, Narlıca Creek was determined oligotrophic. While Çakırca was mesotrophic in terms of TP, and eutrophic in terms of TN concentrations. The other two creeks were found to be eutrophic in terms of both TN and TP values. When chemical water quality data and biological water quality data were compared, it was found that biological data were more suitable for determining water quality than chemical variables. It was found that, the Spanish version of BMWP has been more suitable for determining the biological water quality.

Key words Benthic macro invertebrates, water quality, İznik Lake, biotic index
2023, viii + 74 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimi hazırlama sürecimde benden her türlü yardımını esirgemeyen, gece-gündüz sorularıma hemen cevap veren, saygısı, sevgisi ve nahifliğiyle bana her zaman örnek olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Nurhayat DALKIRAN'a (Uludağ Üniversitesi Biyoloji Bölümü), destek ve yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Üniversiteye ilk başladığım günden yüksek lisansımın bitimine kadar duruşu, bilgisi ve güler yüzlülüğüyle bana destek olan değerli hocam emekli öğretim üyesi Prof. Dr. Şükran DERE'ye ve desteklerinden dolayı Dr. Ögr. Üyesi Didem KARACAOĞLU'na (Uludağ Üniversitesi Biyoloji Bölümü) sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin arazi çalışmaların yapan, çalışma sürecimin en başından en sonuna kadar yardımını esirgemeyen, her zor anımda ve sorunumda bana destek olan Enis AKAY'a, örneklerin tasnifinde yardımcı olan yüksek lisans öğrencisi İpek YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayallerimi sonuna kadar destekleyen ve her daim yanımda olan annem Sevim EŞLİK, babam Ali EŞLİK, kardeşim Mehmet EŞLİK ve eşi Müyesser EŞLİK'e çok teşekkür ederim. Ne olursa olsun pes etme arkandayım diyen ve her türlü sorunumda yanımda olan eşim Cumhur SAVCI'ya, ihtiyacım olduğu anlarda bana destek olan annem Şaduman SAVCI, babam Fahrettin SAVCI ve minik elleriyle beni destekleyen dünyalar güzeli oğlum Mahir SAVCI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu yola ilk çıktığımda çalışma hayatındaydım ve okula gidebilmem için beni yüreklendiren, destekleyen iş arkadaşlarım Zeynep GÜLERYÜZ, Yasemin AKDOĞAN ÖZGİDER, Meltem YENİGÜN, Ayça ALTUN, Eyüp ÇAPRAK, Embiye UNATAR'a yardımlarınız ve desteklerinizden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Hem iş arkadaşım hem de tezim için en büyük yardımcım olan, tezimi bitirebilmem adına oğluma bakarak bana her türlü desteği veren Fulden ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasının arazi çalışmaları "İznik Gölü'nde toksik siyanobakteri (Mavi-yeşil alg) artışı, siyanotoksin üretimi ve su kalitesi ile olan etkileşiminin incelenmesi" adlı ve 112Y209 numaralı TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Proje yürütücüsü Prof. Dr. Reyhan AKÇAALAN ALBAY'ya projede araştırmacı olarak çalışan Prof. Dr. Meriç ALBAY' , Dr. Cenk GÜREVİN'e, arazi çalışmalarına ve kimyasal analizlerin laboratuvar çalışmaları katılan Doç. Dr. Özcan GAYGUSUZ, Doç. Dr. Zeynep DORAK, Araş. Gör. Ayça OĞUZ ÇAM, Elif Ece SEREZLİ, İzzet Cem YILDIZ, Gülşah SAÇ ve Enis AKAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Yeşim SAVCI
19/01/2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ v
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 4
2.1. İznik Gölü Havzasında Daha Önceki Yıllarda Yapılmış Çalışmalar 4
2.2.Ülkemizde Bentik Makro Omurgasızlar Kullanılarak Gerçekleştirilmiş Çalışmalar 7
3. MATERYAL ve YÖNTEM 13
3.1. Materyal 13
3.1.1. Çalışma alanı tanımı 13
3.1.2. Örnekleme noktaları 14
3.2. Yöntem 15
3.2.1. Fizikokimyasal analiz yöntemleri 15
3.2.2. Bentik makro omurgasız örneklerinin toplanması, tayini ve sayımı 15
3.2.3. Bentik makro omurgasızlara göre hesaplanan indeksler 16
3.2.4. İstatistiksel yöntemler 18
4. BULGULAR 19
4.1. Fizikokimyasal Bulgular 19
4.1.1. Su sıcaklığı değerlerinin aylık değişimi 21
4.1.2. Çözünmüş oksijen değerlerinin aylık değişimi 22
4.1.3. pH değerlerinin aylık değişimi 24
4.1.4. Elektriksel İletkenlik (Eİ) değerlerinin aylık değişimi 25
4.1.5. Fosfat fosforu (o-PO_4) değerlerinin aylık değişimi 27
4.1.6. Nitrit azotu ve Nitrat azotu değerlerinin aylık değişimi 29
4.1.7. Toplam azot (TN) ve Toplam fosfor (TP) değerlerinin aylık değişimi 31
4.2. Biyolojik Bulgular 35
4.3. Bentik Makro Omurgasızların Kullanıldığı İndeks Sonuçları 49
4.4. Bentik Makro Omurgasızlar ile Çevresel Değişkenler Arasındaki İlişki 56
5. TARTIŞMA ve SONUÇ 59
KAYNAKLAR 67
ÖZGEÇMİŞ 74

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde Oranı
λ	Lamda
^{0}C	Santigrat Derece
ÇO	Çözünmüş Oksijen
Eİ	Elektriksel iletkenlik
g	Gram
l	Litre
Log	Logaritma
mg	Miligram
ml	Mililitre
m²	Metre kare
T	Sıcaklık
TN	Toplam azot
TP	Toplam fosfor
n	Birey sayısı
NH_4	Amonyum
NO_2-N	Nitrit azotu
NO_3-N	Nitrat azotu
org	Organizma
o-PO_4	Orto fosfat fosforu
p	İstatistiksel Anlamlılık
µm	Mikrometre

Kısaltmalar	Açıklama
ANOVA	Analysis of Variance
ASPT	Average Score Per Takson
ASPT-Sp	ASPT İspanyol Modifikasyonu
AQEM	Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers
BBI	Belçika Biyotik İndeks
BMWP	Biological Monitoring Working Party Skor Sistemi
BMWP-Sp	BMWP İspanyol Modifikasyonu
CCA	Canonical Correspondence
DCA	Detrended Correspondance Analizi
DSİ	Devlet Su İşleri
ISO	Uluslar Arası Standartlar Teşkilatı
Min	Minimum
Maks	Maksimum
SH	Standart hata
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
STAR	Standardisation of River Classifications

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 3.1.	İznik Gölü'nde örnek alınan derelerinin haritadaki görünümü……..	14
Şekil 4.1.	İznik Gölü derelerinin su sıcaklık değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi ……	21
Şekil 4.2.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama su sıcaklık değerlerinin kutu grafiği……	22
Şekil 4.3.	İznik Gölü derelerinin çözünmüş oksijen değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi……	23
Şekil 4.4.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin kutu grafiği…….....	23
Şekil 4.5.	İznik Gölü derelerinin pH değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi……..……..	24
Şekil 4.6.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama pH değerlerinin yüzde oranları……..	25
Şekil 4.7.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama Eİ değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi……	26
Şekil 4.8.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama Eİ değerlerinin kutu grafiği……	26
Şekil 4.9.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama o-PO_4 değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi……	28
Şekil 4.10.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama o-PO_4 değerlerinin kutu grafiği... ……	28
Şekil 4.11.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama NO_2-N+NO_3-N değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi……...	30
Şekil 4.12.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama NO_2-N+NO_3-N değerlerinin kutu grafiği…..……..	30
Şekil 4.13.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama TN değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi……..……..	32
Şekil 4.14.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama TN değerlerinin kutu grafiği……..	32
Şekil 4.15.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama TP değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi……..…….	34
Şekil 4.16.	İznik Gölü derelerinin aylık ortalama TP değerlerinin kutu grafiği……..	34
Şekil 4.17.	Bentik makro omurgasızlara ait toplam organizma sayılarının zamansal ve mekânsal değişimi……	39
Şekil 4.18.	Bentik makro omurgasızlara ait toplam organizma sayılarının kutu grafiği…….....	39
Şekil 4.19.	1. İstasyonda saptanmış olan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzde oranları ….……	40
Şekil 4.20.	2. İstasyonda saptanmış olan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzde oranları ……	41
Şekil 4.21.	3. İstasyonda saptanmış olan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzde oranları ……	42
Şekil 4.22.	4. İstasyonda saptanmış olan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzde oranları ……	43

Şekil 4.23. Oligochaeta sınıfının zamansal ve mekânsal değişimi…….. 44
Şekil 4.24. Chironomidae familyasının zamansal ve mekânsal değimi..……. 45
Şekil 4.25. Simuliidae familyasının zamansal ve mekânsal değişimi……. 46
Şekil 4.26. Baetidae familyasının zamansal ve mekânsal değişimi …… 47
Şekil 4.27. Diğer taksonların zamansal ve mekânsal değişimi…… 48
Şekil 4.28. Asellidae familyasının zamansal ve mekânsal değişimi …….. 49
Şekil 4.29. BMWP klasik versiyonun değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi……. 51
Şekil 4.30. BMWP klasik versiyonunun çalışma dönemi boyunca aylık skor değerlerinin kutu grafiği …… 52
Şekil 4.31. BMWP İspanyol versiyonun değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi …… 53
Şekil 4.32. BMWP İspanyol versiyonunun çalışma dönemi boyunca aylık skor değerlerinin kutu grafiği…… 53
Şekil 4.33. Toplam familya sayılarının zamansal ve mekânsal değişimi……. 54
Şekil 4.34. İstasyonlara göre toplam familya sayılarının kutu grafikleri……. 55
Şekil 4.35. Bentik makro omurgasız flarının zamansal ve mekânsal değişimi ile çevresel değişkenler arasındaki ordinasyon grafiği ……. 57
Şekil 4.36. Bentik makro omurgasız taksonları ile çevresel değişkenler arasındaki ilişki ……. 58

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa
Çizelge 3.1.	TN ve TP'ye göre ötrofikasyon sınır değerleri (Dodds vd., 1998)……..	15
Çizelge 3.2.	BMWP klasik değerlerinin karşılığı olan su kalite sınıfları (Hellawell,1978)…….	17
Çizelge 3.3.	BMWP İspanyol değerlerinin karşılığı olan su kalite sınıfları (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega ,1988)…….	18
Çizelge 4.1.	İznik Gölü'ne akan derelerin fizikokimyasal analizlerinin minimum,maksimum, aritmetik ortalama ve standart hata sonuçları……..	19
Çizelge 4.2.	Toplam fosfor ve toplam azot sonuçlarına göre İznik Gölü'nü besleyen derelerin trofik seviyesi ……..	20
Çizelge 4.3.	İznik Gölü'nde tespit edilen bentik makro omurgasızlara ait takson listesi, istasyonlara göre bulunurlukları, tekerrür, % bolluk ve istatistikte kullanılan taksonların kısaltmaları ……	36
Çizelge 4.4.	İznik Gölü'ne akan derelerin BMWP klasik versiyonu, BMWP İspanyol versiyonu ve toplam familya sayısı ile su kalite sınıflarını tespit edilmesi …….	50
Çizelge 4.5	Biyotik indeksler ile çevresel değişkenler arasındaki Spearman Rank korelasyon analizi sonuçları……..	55

1. GİRİŞ

Tüm organizmalar yaşamlarının her döneminde; beslenme, solunum, üreme, dolaşım, boşaltım gibi vücut faaliyetlerini gerçekleşebilmesi için suya ihtiyaç duyarlar (M. Akın & G. Akın, 2007). Pek çok canlı grubu içinde yaşam alanı oluşturan sucul ekosistemler farklı canlı grupları için de içme suyu olarak kullanılması açısından yaşamsal bir öneme sahiptir (Kılçık, 2021).

Çevre ve su kirliliği ülkemizin ve dünyanın günümüzdeki en büyük problemlerinden birisidir. Çevre kirliğinin artmasıyla su kirliliği günümüzün en büyük problemi olmuştur. Nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, kimyasal gübreler ve bilinçsizce aşırı bir şekilde kullanılan zirai mücadele ilaçları su kirliliğinin en büyük sebepleri arasında bulunmaktadır. Bu faktörlerin etkisiyle doğal su kaynaklarının kirliliği her geçen gün artarken kaynaklardan çeşitli amaçlar için yararlanmakta günden güne giderek azalmaktadır (Karacaoğlu, 2006). Organik ve inorganik maddeler tarafından kirletilen su kaynakları bütün canlıların yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmesi için büyük bir tehdit oluşturmaktadır.

Akarsular doğal su kaynakları arasında kirlilikten en çok etkilenen sistemlerdir. Akarsular; içme, birçok alanda kullanılma ve sulama suyu olarak tüketilirken birçok yerde ise sanayi ve evsel atıklarının boşaltıldığı alıcı ortam görevini de görmektedir (Dalkıran, 2006).

Akarsular akış yönünde uzun bir alandan geçmelerinden dolayı göl, gölet, baraj ve denize döküldükleri için kirlilik seviyeleri çevre kalitesi açısından çok önemlidir. Bütün diğer ekosistemlerde olduğu gibi akarsularda da oluşan kirlilik, içlerinde barındırdıkları faunal yapıyı olumsuz olarak etkilemektedir (Kalyoncu & Zeybek, 2009).

Su kirliliği tüm dünyada önemli bir boyuta ulaşmıştır. Okyanuslar, denizler, göller, akarsular yani kısaca dünya üzerindeki her su birikintisi için bu kirlilik büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Suların kullanımı ve sürdürebilirliği dünya üzerindeki bütün canlılar için çok önemlidir. İşte bu yüzden Avrupa Birliği, su kirliliğini azaltmak ve tüm su kütlelerini

2025 yılına kadar daha iyi su durumuna getirmek ve suların sürdürülebilirliği için 23 Ekim 2000 tarihli ve 2000/60/EC sayılı “Su Çerçeve Direktifi” yürürlüğe girmiştir (Avrupa Komisyonu, 2000).

Avrupa Birliği’nin çıkardığı en kapsamlı su mevzuatı, Su Çerçeve Direktifi’dir. Bu direktif Avrupa Birliği üye ülkeleri ile aday ülkelerde suyun sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından belirli hedefler ortaya koymuştur. Hedeflerden en önemlisi, tüm su kütlelerinin en azından "iyi kalite su" seviyesine getirilmesidir. Bunun için ise su kütlelerinin sürekli izlenmesi ve biyolojik su kalitesinin belirlenmesi gerekmektedir (Avrupa Komisyonu, 2000).

Biyolojik izleme, su kütlelerinde doğal şartlar ile insani faaliyetler sebebiyle çevresel değişikliklerin sularda yaşayan canlılar üzerindeki etkilerinin araştırılması için yapılmaktadır (Resmi Gazete, 2014). Su Çerçeve Direktifinde biyolojik izleme için çeşitli organizma grupları kullanılmıştır. Bunlar; bentik makro omurgasızlar, algler (fitoplankton ve fitobentoz), sucul bitkiler ve balıklardır. Ülkemizde AB üyeliği kapsamına uyum sağlamak amacıyla çeşitli yönetmelikler çıkarılmış. Bu yönetmeliklerden bir tanesi “Yüzeysel sular ve yeraltı sularının izlenmesine dair yönetmeliktir” (Resmi Gazete, 2014). Bu yönetmelikte akarsularda bolluk, tür çeşitliliği, taksonomik kompozisyon ve hassas tür varlığı açısından sürekli izlenmesi gereken organizma gruplarından birisi bentik makro omurgasızlardır.

Bentik makro omurgasızlar biyolojik izleme çalışmalarında oldukça önem arz etmektedir. İçerdiği canlı gruplarının çeşitliliği, su kalitesine diğer sucul canlılardan farklı tepki vermeleri, hayat döngülerinin diğer sucul organizmalara göre daha uzun olması, teşhislerinin-toplanmalarının daha kolay olması, hareketlerinin yavaş olması, yılın her mevsiminde su kaynaklarında bulunabilirliği gibi sebeplerden dolayı izleme çalışmalarında kullanılmaktadır (Akay vd., 2018).

Akarsuların anlık kirlilik seviyesiyle ilgili yapılacak en önemli analizlerin başında fiziko-kimyasal analizler gelmekle birlikte günümüzde fiziko-kimyasal analizlerle beraber biyolojik analizlerde kullanılmaya başlanmıştır. Akarsuların kirliliği için biyolojik veriler

kullanılarak yapılan çalışmaların orta ve uzun vadedeki su kalitesi hakkındaki daha iyi verilere ulaşmamızı sağladığı aşikârdır. Suyun kalitesini ölçmek için ve bu ölçümlerin güvenirliği açısından fiziko-kimyasal ve biyolojik analizler birlikte kullanılmalıdır (Sukatar vd., 2006).

Bu çalışmada İznik gölünü besleyen 4 farklı derede örnekleme noktaları belirlenmiş ve bu noktalardan aylık olarak örnekler alınmıştır. Örneklerin alınmasının en temel amacı İznik Gölü'nü besleyen akarsuların bentik makro omurgasızlar kullanılarak biyolojik su kalitesini belirlemek ve elde edilen sonuçları ölçülen bazı fiziko-kimyasal değişkenler ile birlikte değerlendirmektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. İznik Gölü Havzasında Daha Önceki Yıllarda Yapılmış Çalışmalar

İznik Gölü ve havzasında yapılan çalışmalar araştırıldığında bentik makro omurgasız faunası ile ilgili yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yapılan çalışmaların daha çok gölün trofik seviyesi ve fitoplankton ve toksik algleri ile ilgili çalışmalar olduğu görülmektedir. Ancak göl ve havzasında yapılmış diğer bazı çalışmalar kronolojik sıra ile verilmiştir.

İstanbulluoğlu vd. (1997), Bursa-İznik ilçesinin kuzeyinde kalan Mahmudiye havzasında gözlenen 24 saatlik toplam yağışları kullanılarak havzanın yağış ve akış ilişkilerini incelemişlerdir. Mecidiye ve Boyalıca meteoroloji istasyonlarındaki günlük toplam maksimum yağış verilerini Mahmudiye havzasına uyarlamışlardır. İstatistiksel olarak analiz edilmiş olan yağışların 1, 2, 5, 10, 25, 50. 100, 500 ve 1 000 yıllık tekrar etme periyoduna sahip yağışlar olduğunu belirlenmişlerdir.

Altınsaçlı (1998), "İznik Gölü'nün Ostracoda (Crustacea) Faunası" çalışmasında İznik Gölü'nde 1990-1991 yılları arasında ilkbahar, yaz, sonbahar, kış aylarında 28 noktadan toplanan materyalleri değerlendirilmiş ve bunun sonucunda 22 cinse ait 27 tür saptamış ve sınıflandırmasını yapmıştır.

Albay vd. (2003), "Üç Türk tatlı su gölünde siyanobakteriyel hepatotoksinlerin (mikrosistinler) derinlik profilleri" adlı çalışmalarında 3 farklı gölden örnekler almışlardır. Bu göller; Sapanca, İznik ve Taşkısı (Kalkık) gölleridir. Mayıs ayının başından Ağustos 1998'in sonuna kadar örnekler alınmıştır ve bu örneklerde bir siyanotoksin tipi olan mikrosistin analizleri yapılmıştır. İznik Gölü'nden 10 su örneği alınmış olmasına rağmen mikrosistinler tespit edilememiştir.

Başar vd. (2004), yaptıkları çalışmalarında göl, akarsu ve artezyen sularıyla sulanan veya sulanmayan totalde 40 bahçeden karma toprak örnekleri almışlardır. Alınan toprak örneklerinin, ağır metal içerikleri yanında bazı fizikokimyasal özelliklerine de bakmışlardır. Alınmış olan 40 tane değişik toprak örneklerinde toplam ağır metal

içeriklerine göre 22'sinde izin verilebilecek sınırların üzerinde nikel belirlenmiştir. 8 toprakta ise demir ve 1 toprakta bakır fazlalığı tespit edilmiştir. Yaptıkları araştırma sonucuna göre; değişik su kaynaklarıyla yapılan sulamaların toprakların ağır metal içeriklerinde etkili olmadığını görmüşler.

Gaygusuz (2006), yüksek lisans tezinde İznik Gölü'nde yaşayan gümüş balığının bazı biyolojik özelliklerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Ekim 2003-Aralık 2004 tarihlerinde yapılan çalışmada 1 138 adet gümüş balığını aylık örnekleme ile yakalamıştır. Araştırma esnasında yakalanmış olan 1 138 adet bireyin hepsi değerlendirmeye alınmıştır. Gümüş balığına boy, ağırlık, yaş, eşey dağılımları gibi birçok analiz yapmıştır. Sonuç olarak İznik Gölü'nde yakalanan balıklar 0-4 yaş grupları arasında dağılım gösterirken, toplam boy değerleriyse tüm bireylerde 27-119 milimetre aralığında, ağırlıkları ise 0,1008 gr-10,3646 gr aralığında değişim gösterdiğini gözlemlemiştir.

Akçaalan vd. (2009), "Türkiye'deki Bir Tatlı Su Gölünden Toksik *Nodularia spumigena*'nın Fenotipik ve Toksikolojik Karakterizasyonu" adlı çalışmalarında siyanobakteriyel çoğalmanın İznik Gölü'nde zaman zaman ortaya çıktığını gözlemlemişlerdir. Siyanobakteriyel artışın özellikle yaz aylarında artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu çalışma Avrupa kıtasındaki bir tatlı su gölünde toksik *N. spumigena'nın* varlığına dair ilk rapordur. Çalışmada siyanobakteri tarafından üretilen nodülarini karakterize etmek için üç farklı yöntem uygulanmıştır. Aynı zamanda gölün mezotrofik karakterde olduğu gözlemlenmiştir.

Apaydın-Yağcı & Ustaoğlu (2012), yaptıkları çalışmada Ocak 2006-Aralık 2006 tarihleri arasında İznik Gölü'nden zooplankton faunasını araştırmak için örnekler almışlardır. Copepoda'dan 5, Cladocera'dan 14 ve Rotifera'dan 35 olmak üzere toplamda 54 taksonu teşhis etmişlerdir. Gölün Q_Brachionus/Trichocerca indeksine göre oligotrof olduğu tespit edilmiştir.

Akçaalan vd. (2014), "Türkiye, İznik Gölü'nde İki Siyanobakteri (*Dolichospermum mendotae* ve *Chrysosporum ovalisporum*) tarafından Cylindrospermopsin Üretiminin İlk Raporu" isimli çalışmalarında İznik Gölü'nde bulunan *Dolichospermum mendotae* ve

Chrysosporum ovalisporum türlerinin cylindrospermopsin ürettiğini gözlemlemişlerdir. Siyanobakteriler tarafından üretilen cylindrospermopsin sitotoksik bir alkaloittir. Bu toksinin dağılımı dünya çapında genişlerken bu toksini üreten siyanobakteri türlerinin sayısı da artmaktadır. *Dolichospermum mendotae*'nin çiçeklenmesinde cylindrospermopsinin belirlenmesi ise ilk kez bu çalışmayla ortaya çıkmıştır.

Akçaalan-Albay vd., (2015), yaptıkları proje çalışmasında İznik Gölü'ne akan ana derelerden belirlenen altı istasyondan ve İznik Gölü'nün ortasında belirlenen örnekleme noktalarından 2 yıl boyunca örnek alıp su kalitesine bakmışlardır. Bu dereler Çakırca, Kırandere, Sölöz, Narlıca, Boyalıca ve Orhangazi'dir. İznik Gölü'nde tespit edilmiş olan siyanobakterilerin 2 farklı toksin tipi olan microcystin ve cylindrospermopsin, ürettiklerini tespit etmiştir. Dünyada ilk kez *Dolichospermum mendotae* türünün cylindrospermopsin ürettiği bu proje kapsamında tespit edilmiş ve Türkiye sularında ilk defa cylindrospermopsin tespit edilmiştir. Sonuç olarak, İznik Gölü'nün mezotrofik düzeyde olduğunu gözlemlemiştir. Gerekli önlemlerin alınmadığı takdirde göl ötrofik düzeye geçebileceği ön görülmüştür.

Bostancı vd. (2017), yaptıkları araştırma makalesinde Eğirdir Gölü, İznik Gölü ve Hirfanlı Baraj Gölü'ndeki *Atherina boyeri*'nin toplam boy-otolit ölçümleri, toplam boy-otolit indisleri ve otolit ölçümlerinin kendi aralarındaki ilişkileri tespit etmiş ve popülasyonların arasındaki farklılıkları belirlemeye çalışmışlardır. Göllerden toplanan 356 adet, 41.0 mm-103.6 mm toplam boyunda olan örnekleri yakalamışlardır. Üç popülasyondaki *A. boyeri*'nin toplam boyuyla otolit boyutları arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Üssel model Eğirdir Gölü popülasyonu için en iyi model olurken, doğrusal modelin İznik ve Hirfanlı Gölleri popülasyonları için en iyi model olduğunu belirlemişlerdir.

Ceribaşı (2018), "İznik Gölü Havzasının Meteorolojik Ve Hidrolojik Verilerinin Yenilikçi Sen Yöntemi İle Analizi" çalışmasında havzanın meteorolojik ve hidrolojik verilerini kullanmış ve bu verilerin analizini Sen yöntemi kullanılarak yapmıştır. Sonuçlar İznik Gölü'nün iklim değişikliklerinden etkilendiğini ortaya çıkarmıştır.

2.2. Ülkemizde Bentik Makro Omurgasızlar Kullanılarak Gerçekleştirilmiş Çalışmalar

İmamoğlu (2000), yüksek lisans tezinde Saprobi İndeksi ve Belçika Biyotik İndeksi (BBI) kullanılarak biyolojik su kalitesi belirlemiştir. Yapılan analizlere göre Dipsiz ve Çine Çay'larının su kalitesinin 1. ve 2. sınıf olduğu gözlemlenirken akarsuyun bazı bölümlerinde inorganik kirliliğe rastlanmıştır.

Sukatar vd. (2006), yaptıkları çalışmada Emirâlem deresindeki bentik makro omurgasızları incelemek için fiziksel ve kimyasal ölçümlerle beraber biyolojik verileri de kullanmışlardır. Belçika Biyotik İndeksi ve Saprobi İndeksini uygulayıp biyolojik su kalitesi sınıflarını bulmayı hedeflemişlerdir. Emirâlem deresi; fiziksel ve kimyasal açıdan I. ve II. sınıf su kalitesinde, Saprobi indeksine göre ise I. ve II. sınıf su kalitesindeyken Belçika biyotik indeksine göre tüm istasyonlar II. sınıf su kalitesi sınıfına girmektedir.

Dalkıran (2006), doktora tezinde Orhaneli Çayı'nın kirlilik seviyesini belirlemek amacıyla bentik omurgasızlar için 27, epilitik diyatomeler için 20 farklı metrik kullanılmıştır. Yapılan PCA analizlerine göre organik kirliliği en iyi kompozisyon metrikleri, takson zenginliği ve tolerans metrikleri temsil etmiştir.

Karacaoğlu (2006), doktora tezinde Emet Çayı'nın kirlilik seviyesini belirlemek amacıyla bentik omurgasızları ve epipelik diyatomeleri kullanmıştır. Bentik omurgasızlar için 28, epipelik diyatomeler için 18 farklı metrik kullanılmıştır. Yapılan analizlerde bentik omurgasızları en iyi temsil eden metriklerin; kompozisyon ölçümleri ve dayanıklılık-dayanıksızlık ölçümleri olduğu gözlemlenmiştir. Emet Çayı'nın analiz sonuçlarına göre jeolojik yapısının suyun kimyasal düzeninin, dolayısıyla epipelik diyatomelerin ve bentik omurgasızların topluluk yapısını etkileyen en önemli faktör olduğunu göstermiştir. Yapılan analizlerde istatistiksel sonuçların Emet Çayı'nda inorganik kirlenmenin organik kirlenmeden daha önemli olduğunu göstermiştir.

Balık vd. (2006), yaptıkları çalışmada Küçük Menderes Nehri'nin (Selçuk, İzmir) aşağı havzasındaki kirliliği saptamak amacıyla bentik makro omurgasızları kullanmışlardır. Mayıs 2003-Nisan 2004 tarihlerinde aylık olarak 6 farklı istasyondan bentik makro

omurgasız örnekleri almışlardır. Alınan bentik örnekleri kantitatif ve kalitatif olarak değerlendirmişlerdir. Değerlendirme yapmak için kantitatif analizler için frekans ve baskınlık indeksleri kullanmışlardır. Bentik omurgasızlardan yararlanılarak su kalitesinin belirlenmesi için Belçika Biyotik İndeksi'nden yararlanılmıştır. Yapılmış olan kimyasal ve biyolojik analizlerin sayesinde, Küçük Menderes Nehrinin su kalite sınıfının "Aşırı Kirli Sular" grubunda olduğunu tespit etmişlerdir.

Duran vd. (2007), yaptıkları çalışmada Gökpınar Çayı'nın su kalitesini belirlemek amacıyla Ekim 2005 ve Eylül 2006 tarihlerinde 5 farklı istasyondan örnek almışlardır. Bulunan sonuçlar Hilsehoff'un Family Biyotik Indeksine uygulandığında çaydaki organik kirliliğin genelinde mükemmel derecede az olduğunu gözlemlemişlerdir. Gökpınar Çayı'nın su kalitesi 1. sınıf olarak bulunmuştur.

Kalyoncu vd. (2008), yapmış oldukları çalışmada Aksu Çayı'nın su kalitesini ve fizikokimyasal parametrelerini belirlemek amacıyla Şubat 2000-Temmuz 2001 tarihlerinde örnekler almışlardır. Aksu Çayı'nın biyolojik olarak su kalitesini ölçmek için Belçika Biotik indeksi kullanmışlardır. Yaptıkları analizler sonucunda fizikokimyasal parametrelerin makro omurgasız çeşitliliği üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Kalyoncu vd. (2009), Aksu Çayı'nın su kalitesini biotik indekslere ve fizikokimyasal parametrelerine göre belirlemişlerdir. Alınan örneklerde su kalitesinin değişimlerini incelemişlerdir. Alınan örneklerden bentik omurgasızlara göre 6, diyatomlara göre ise 7 farklı indeks kullanılmıştır. Bu sayede Aksu Çayı'nın biyotik indeksler ve fizikokimyasal parametrelere göre su kalitesi tayini yapılmıştır. Bu analizlerin sonucunda çok az kirlenmiş olan istasyonun 1. istasyon olduğunu belirlemişlerdir. 2. ve 3. istasyonlar ise aşırı derecede kirli olduğu, 4. istasyonun az kirli olduğu, 5. ve 6. istasyonlarınsa orta derecede kirli olduğunu tespit etmişlerdir.

Kalyoncu & Zeybek (2009), yaptıkları çalışmada Ağlasun ve Isparta derelerinin bentik faunasını ve su kalitesini belirlemek için fizikokimyasal parametreler ve Belçika Biyotik indeksinden yararlanılmıştır. Ağlasun ve Isparta derelerinden Eylül 2006 ve Ağustos 2007 tarihlerinde seçtikleri 6 istasyondan örnekleme yapmışlardır. Aylık periyotlar ile

fiziko-kimyasal su analizi için örnekleri almış ve bentik makro omurgasızları toplanmışlardır. Ayrıca biyolojik su kalitesini belirlemek için Belçika Biotik İndeksinden yararlanmışlardır. Ağlasun deresinin su kalitesi; I. ve II. sınıflar arasında iken, Isparta deresinin su kalitesi; aşırı derecede kirli olarak tespit edilmiştir.

Kırkağaç vd. (2011), Porsuk Çayı'nda (Eskişehir) Mayıs 2007 ve Ekim 2007 arasında 5 farklı noktadan örnekler almışlardır. Alınan bu örneklerde sucul makrofitler, zooplankton ve bentik makro omurgasızları incelemişlerdir. 1. ve 2. istasyonlardan itibaren kirliliğin artışı ile sucul makrofit, zooplankton ve bentik makro omurgasızların kompozisyonun yüksek oranda etkilendiğini çalışma sonunda ortaya koymuşlardır.

Zeybek & Kalyoncu (2012), çalışmalarında Köprüçay Nehri'nde 7 farklı istasyondan makro zoobentik omurgasız örneklerini toplayarak incelemişlerdir. Simpson ve Shannon-Weaver çeşitlilik indekslerine göre belirlenen verilerde; en düşük çeşitliliğim 7. istasyondayken en yüksek değerin ise 3. ve 5. İstasyonlarda olduğunu gözlemlemişlerdir. Su kalitesini tespit etmek için ASPT ve BMWP biyotik indekslerini kullanmışlardır. Bu iki indekse göre; 7. istasyonun en kirli istasyon olduğu, 3. istasyonunsa en temiz istasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Kazancı vd. (2013). "Yeşilırmak Nehri'nin Su Kalitesinin İzlenmesi İçin Taban Büyük Omurgasızları Kullanılarak Bir Biyotik İndeks (Yeşilırmak-BMWP) Hazırlanması" isimli çalışmalarında 2008-2009 ve 2010 senelerinde Yeşilırmak Nehri'nin belirli noktalarında çalışmalarını yürütmüşlerdir. Yeşilırmak Nehri'ndeki 42 istasyondan aldıkları su örneklerine NO_3, NO_2, NH_4 ve PO_4 analizleri yapmışlar ve fizikokimyasal değişkenlere göre su kalitelerini belirlemişlerdir. Alınmış olan örneklerin incelenmesi sonucu 72 familya tespit etmişler ve bu familyaya ait 45 850 taban büyük omurgasız bireyi teşhis etmişlerdir. Kümeleme analizi sonuçlarını fiziksel ve kimyasal veriler beraber değerlendirilerek familyaların BMWP skorlarını tekrar düzenlenmişler ve Yeşilırmak Nehri'ne özel yeni bir biyotik indeks oluşturmuşlardır. Türkiye'de uyarlanan ilk BMWP indeksi Yeşilırmak Nehri'nin BMWP skor sistemidir.

Albayrak & Özuluğ (2016), yaptıkları çalışmada Danamandıra Gölü'ndeki bentik makro omurgasızların taksonomisinin yanı sıra gölün bazı fizikokimyasal parametrelerini de (pH, su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik) incelemişlerdir. Shannon-Weaver çeşitlilik indeksi ve Bray-Curtis benzerlik indeksini bentik makro omurgasızların nümerik analizi için kullanmışlardır.

Özbek vd. (2016), Adıgüzel Baraj Gölü'nde bentik makro omurgasızlar tespit etmek amacı ile Ocak 2007 ve Aralık 2007 tarihleri arasında gölde belirlenen 4 istasyondan ve ayrıca kıyıdan aylık olarak biyolojik örneklemeler yapmışlardır. Adıgüzel Baraj Gölü'nün profundal kısmı çok verimsizken, tespit edilmiş olan çoğu bentik makro omurgasızın gölün littoral bölümünde yaşadığını ortaya koymuşlardır. Bazı bentik makro omurgasız türlerinin ise Adıgüzel Baraj Gölü için ilk kayıtlı olduğu belirlenmiştir.

Özkan (2017), yüksek lisans tezinde Mudurnu Nehri'nden su kalitesini belirlemek amacı ile örnekler almıştır. Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında 2 kez olmak üzere bentik makro omurgasız örnekleri almış ve bu örneklerle de Mudurnu Nehri'nin su kalitesini belirlemeyi hedeflemiştir. Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP), Belçika Biotik İndeks, Trent Biyotik İndeks, Chandler Biyotik Skor İndeksi, Her Taksonun Ortalama Değeri (ASPT) ve Shannon İndeksine göre değerlendirme yapmıştır. Daha sonra teşhisleri yapılmış olan bentik makro omurgasızlarla kirlilik seviyesi arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Sonuç olarak Mudurnu Nehri'nin çevresindeki tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden etkilendiğini gözlemlenmiştir.

Akay vd. (2018), çalışmalarında biyolojik izleme için önemli olan bentik makro omurgasızları su kalitesinin belirlenmesi amacıyla kullanmışlardır. 18 çevresel değişken akarsuyun fiziko-kimyasal yapısını tespit etmek amacıyla ölçülmüştür. Bu çalışmada bentik makro omurgasızların varlığıyla hesaplanmış olan tolerans metriklerinden BMWP-Sp ve ASPT-Sp'ye göre değerlendirilmiştir. Bu indekslere göre kuraklık öncesi ilk üç örnekleme noktasının su kalitesi 1. ve 3. sınıf arasındayken, kuraklık sonrası ise su kalitesinin 3. sınıf kalitenin üzerine çıkmadığı görülmüştür.

Tüzün-Tereshenko (2019), yüksek lisans tezinde Abant Gölü'ndeki bentik makro omurgasız faunası ile dağılımlarının belirlenmesi için fiziksel ve kimyasal parametreler kullanmış ve bu sayede gölün su kalite sınıfını ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle Kasım 2015-Temmuz 2017 tarihlerinde 7 tane istasyondan mevsimsel olarak örneklemeler yapmıştır. Ayrıca fiziksel ve kimyasal parametrelerle gölün su kalitesi belirlenmiştir. Alınan örneklerde su kalitesinin oksijen doygunluğu yönünden II. sınıf, diğer parametreler yönünden ise I. sınıf olduğu bulunmuştur. Tüm istasyonlarda yapılmış olan Shannon çeşitlilik indeksine göre çeşitlilik seviyesi zayıf, kirlilik seviyesi ise orta olarak tespit edilmiştir. Uygulanan biyotik indekslerden; BMWP, ASPT, Aile Biyotik İndeksi gibi elde edilen sonuçlarda ise bu indekslerin Abant Gölü'nün biyolojik su kalitesini belirlemeye uygun olmadığı ortaya çıkmıştır.

Baydar (2020), yüksek lisans tezinde Büyük Menderes Nehri'nin su kalitesini belirlemek için bentik makro omurgasız birey çeşitliliğini kullanmışlardır. Yapılan çalışmada Kasım 2018-Eylül 2019 tarihlerinde Büyük Menderes Nehri'ndeki Nazilli ve Bozdoğan kanalları içinde 4 tane istasyondan su kalitesini belirlemek maksadıyla örnekleme yapmıştır. Tüm istasyonlarda bulunmuş olan bentik makro omurgasızların kirliliğe toleransı olduğunu gözlemlemiştir. Örnekleme yapılan dört istasyonda kirlidir. Bu sonucu BMWP ve ASPT skorları tam olarak, fiziksel ve kimyasal parametre sonuçlarını kısmen de olsa desteklemiştir.

Bayköse (2021), yüksek lisans tez çalışmasında Kocaeli'ndeki bazı akarsuların ekolojik kalitesini belirlemek için; BMWP, Margalef, (%) Ephemeroptera – Plecoptera – Trichoptera kompozisyon değeri , (%) Littoral ve (%) Epirhitral olmak üzere 6 farklı indeksi kullanmıştır. Örneklemeleri Dilderesi, Kirazdere ve Yalakdere olmak üzere drenaj alanları geniş ve 4 mevsim akış olan 3 farklı akarsudan 9 tane istasyon belirleyerek çalışmasını yapmıştır. Ekolojik olarak kalitesi en iyi olan Kirazdere olarak bulunmuş iken mansap bölgesine yakınlaştıkça tüm derelerin su kalitesi kötü çıkmıştır.

Öztürk vd. (2022), Karagöl ve Çiniligöl'de yapmış oldukları çalışmada bentik makro omurgasız faunasını tayin etmek amacı ile Haziran-Eylül 2018 tarihleri arasında örnekler toplamıştır. Habitatlar arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla tür çeşitliliği,

dominantlık ve populasyon yoğunluk indeksleri kullanılmıştır. Shannon-Wiener, Simpson ve Margalef indeks sonuçlarına göre en yüksek çeşitlilik Karagöl kıyı istasyonunda, habitatlardaki dominantlığın belirlenmesinde kullanılan Simpson dominantlık indeks sonuçlarına göre ise en yüksek değer Çiniligöl dip istasyonunda belirlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

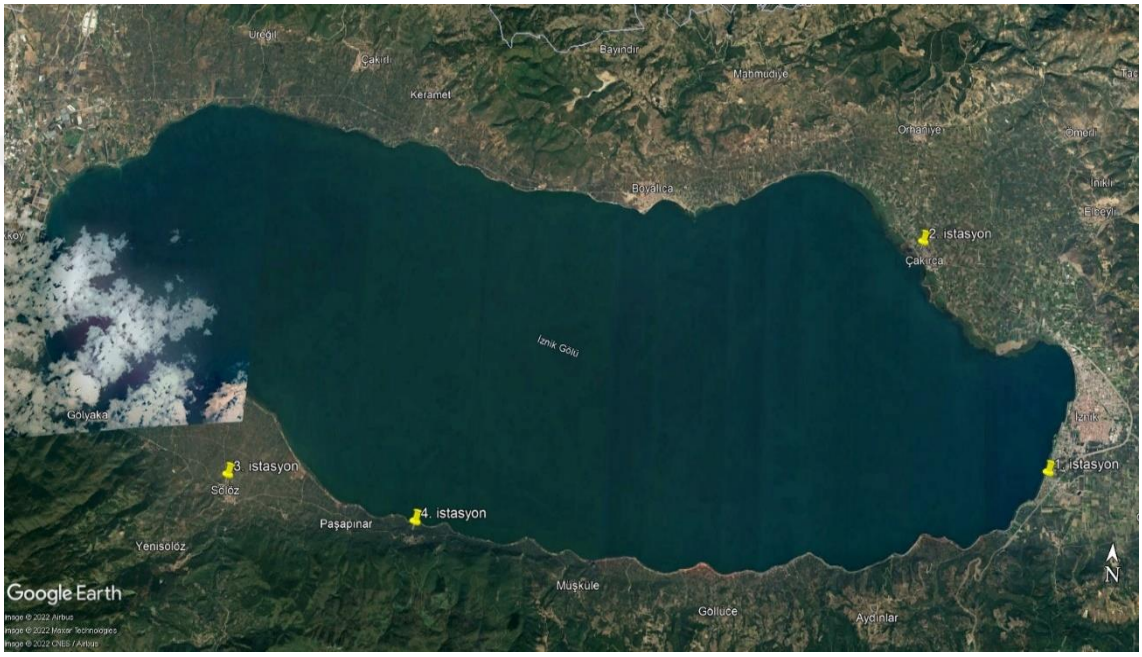
3.1.1. Çalışma alanı tanımı

İznik Gölü Marmara Bölgesi'nin doğusunda yer alır ve Türkiye'nin en büyük 5. gölüdür. Marmara Bölgesi ve Marmara nehir havzasının ise en büyük alanlı gölü özelliği taşıyan İznik Gölü, Bursa ili sınırları içerisinde yer alır. İznik gölünün bazı kesimleri Yalova ve Kocaeli'nin il sınırları içerisinde de yer almaktadır. İznik Gölü Havzası'nın kuzeyinde Samanlı ve Karlık Dağları, güneyinde Gürle ile Avdan Dağları, havzanın batısında ise Erikli Dağı ve Gemlik Körfezi bulunmaktadır (Garipağaoğlu & Uzun, 2019).

Marmara Bölgesi'nden, Gemlik Körfezi'ndeki Geyve çukuruna kadar uzanan İznik Gölü, tektonik bir çöküntü içinde bulunan tatlı su gölüdür. Bir yanı Bursa Apolyont Gölü-Manyas Gölü çöküntüsüne uzanırken diğer yanı ise İzmit Körfezi-Sapanca Gölü çöküntüsüne paralel olarak uzanmaktadır. İznik Gölü'nü Karadere (Çakırca), Kocadere (Sölöz), Kavaklıdere (Oluk) gibi çok sayıda sürekli ve mevsimsel akan dere beslerken, gölün boşalımı Karsak Deresi ile Gemlik Körfezine doğrudur. Ancak DSİ tarafından göl su seviyesini kontrol etmek amacı ile Karsak Deresi'ne yapılmış bir savak mevcuttur. Bu savaktan 2006 yılından beri gölden Karsak Deresi'ne su boşaltımı yapılmamaktadır. İznik Gölü'nün toplam su hacmi 12,2 milyar m^3'tür. Gölün çevresindeki yer altı suyunun akış yönü göle doğrudur. Bu durum gölden havza dışına yeraltından bir akışın olmadığını düşündürmektedir (Bursa İli İznik Gölü Sulak Alan Yönetim Planı, 2021).

Bursa ilinin ve Türkiye'nin en önemli göllerinden biri olan İznik Gölü 2018 yılında Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından Ulusal Öneme haiz sulak alan olarak tescillenmiştir. Gölün ekolojik değeri yanında göl suyunun tarım arazilerinin sulanmasında kullanılması önemini arttırmaktadır. Ayrıca balıkçılıkta yerel halkın önemli bir geçim kaynağını oluşturmaktadır. Özellikle gümüş balığı (*Aterina boyeri*) en çok avlanan ve ihraç edilen balık türü olarak ön plana çıkmaktadır.

İznik Gölü derin bir göl (70 m) olmasına rağmen göl etrafında yerleşim yerlerinin ve sanayinin olması nedeni ile giderek kirlenmekte ve çekilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar gölün mezotrofik karakterde olduğunu ve bazı siyanobakteriyel toksinler içerdiğini göstermiştir (Albay vd., 2003; Akçaalan vd., 2009, 2014; Akçalan-Albay vd., 2015; Köker vd., 2017a, b). 2013-2014 yılları arasında gerçekleştirilen bir proje çalışmasında gölü besleyen 6 akarsuyun yıllık ortalama fosfor yükü 3,5 ton/yıl ve azot yükü 156 ton/yıl olarak belirlenmiştir (Akçalan-Albay vd., 2015).



Şekil 3.1. İznik Gölü'nde örnek alınan derelerin haritadaki görünümü

3.1.2. Örnekleme noktaları

İznik Gölü'nün su kalitesini belirlemek için Ekim 2013-Aralık 2014 tarihleri arasında göle dökülen 4 farklı derede bulunan istasyonlardan aylık olarak örneklemeler yapılmıştır. Bu dereler; Kırandere, Çakırca, Sölöz ve Narlıca dereleridir.

1. istasyon Kırandere'dir ve bu derede tüm çalışma dönemi boyunca akış gözlemlenmiştir. İznik Gölü'nün ekosistemi için önemli ve sulu tarım faaliyetlerinde olumlu etkileri olan akarsular arasında Kırandere'de vardır (Meşeli, 2010). 2. istasyon Çakırca Deresi'dir. Diğer adı Karadere olan Çakırca Deresi İznik gölüne dereler yoluyla en fazla su girdisi oluşturan deredir (Bursa İli İznik Gölü Sulak Alan Yönetim Planı,

2021). Çakırca Deresi, havzadaki en uzun ve su toplama alanı en geniş olan akarsudur (Meşeli, 2010). 3. istasyon Sölöz Deresi'dir. Bu derenin diğer adı da Kocadere'dir. 4. istasyon Narlıca Deresi'dir, bu dere mevsimsel akışı olan ve kurak dönemde akışı olmayan bir dere olarak bilinir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Fizikokimyasal analiz yöntemleri

Bentik makro omurgasız örnekleri belirlenen 4 örnekleme noktasından Ekim 2013-Aralık 2014 tarihleri arasında aylık olarak toplanmış, arazi esnasında su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik (Eİ) ve çözünmüş oksijen (ÇO) tüm noktalarda YSI marka multiparametre aleti kullanılarak ölçülmüştür. Bu ölçümler "TÜBİTAK 1001 İznik Gölü'nde toksik siyanobakteri (mavi-yeşil alg) artışı, siyanotoksin üretimi ve su kalitesi ile olan etkileşiminin incelenmesi" adlı proje kapsamında (Akçaalan Albay vd., 2015) gerçekleştirilen araziler esnasında yapılmıştır. Diğer fizikokimyasal analizler İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi İç Sular Biyolojisi Araştırma laboratuvarında standart yöntemlere göre yapılmıştır. Bu analizler nitrit azotu+nitrat azotu (NO_2-N+NO_3-N), orto fosfat fosforu (o-PO_4), toplam azot (TN) ve toplam fosfordur (TP).

Akarsuların trofik seviyeleri TP ve TN değerlerine göre Dodds vd. (1998)'de verilen sınır değerlerine göre değerlendirilmiştir. Sınır değerler ise Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. TN ve TP'ye göre ötrofikasyon sınır değerleri (Dodds vd., 1998)

Değişken (Birimler)	Oligotrofik-Mezotrofik Sınır	Mesotrofik-Ötrofik Sınır
TN (mg/L)	700	1500
TP (mg/L)	25	75

3.2.2. Bentik makro omurgasız örneklerinin toplanması, tayini ve sayımı

Arazide bentik makro omurgasızların örneklemesi yapılırken standart yöntemlere göre TS EN ISO 10870 ve TS EN 16150 standartlarına göre büyük el neti kullanılarak Kick-

net yöntemi uygulanmıştır (Resmi Gazete, 2012). Bu yöntemde kullanılan el neti dikdörtgen bir çerçeveye yaklaşık 1.5 m uzunluğunda bir sap ve çerçevenin içine 500 mikron göz açıklığına sahip monte edilmiş bir ağdan oluşmaktadır.

Arazide büyük el neti ile toplanan sediman örnekleri polietilen kaplar içine alınmış ve %4'lük formaldehit solüsyonuyla arazide doğrudan fikse edilmiştir. Küçük el neti ya da doğrudan elle ile kıyıdan ve bitki içlerinden toplanan örnekler ise küçük polietilen kaplara alınmış % 80 alkol ile doğrudan fikse edilmiştir.

Toplanan örnekler Uludağ Üniversitesi Limnoloji Araştırma Laboratuvarı'na getirilip muhafaza edilmiştir. Toplanan materyaller polietilen kaplarda olup bentik omurgasız örnekleri sediman ile karışık haldedir. Sediman ile karışık olan materyal 425 mikron test eleğinden elendikten sonra 56 büyütmeli Leica EZ4 stereo mikroskopta sedimanından ayıklanmıştır.

Leica EZ4 stereo mikroskopta sedimandan ayıklanan canlıların tayini gerçekleştikten sonra sayımı yapılmıştır. Sayımı yapılan bentik makro omurgasızlar % 80'lik etil alkol içeren 10 ml'lik küçük cam şişelere aktarılmıştır. Cam şişelerin üzerine teşhisi yapılmış olan organizmanın ismi, tarih, istasyon numarası ve örnekleme metodu ayrıntılı bir şekilde yazılmıştır.

Bentik makro omurgasızların teşhisleri en az familya düzeyinde olacak kadar çeşitli tayin kitapları kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Alba-Tercedor, 1983, Bass, 1998; Belfiore, 1996; Edington & Hildrew, 1981; Elliot & Mann, 1998; Gledhill vd.,1976; Glöer, 2015; Hynes, 1977; Lehmkuhl, 1979; Macan, 1959, 1965, 1969, 1979; Quigley, 1977; Reynoldson & Young, 2000; Şahin, 1984; Webb & McCaferty, 2008).

3.2.3. Bentik makro omurgasızlara göre hesaplanan indeksler

Bentik makro omurgasızlar ve birçok canlı grupları yaşam alanlarında organik-inorganik kirliliğe tolerans gösterirler. Biyotik indeksler ve skor sistemleri bu toleransları suların kalite sınıflarını biyolojik olarak belirlemek için kullanılmaktadırlar (Dalkıran, 2006). Biyolojik verileri bulmak yeterli değildir ve bu verilerinde başka verilerle

karşılaştırılabilmesi için sayısal verilere dönüştürülmesi gerekmektedir. Biyolojik veriler sayısal olarak ifade edilmeye başlandığında bu veriler metrik adını alır (Barbour vd. 1999).

Bentik makro omurgasızları temel alarak hesaplanan birden fazla biyotik indeks vardır. BMWP İspanyol versiyonu ve BMWP klasik versiyonuyla birlikte ülkemizde biyolojik su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın indekslerden biridir (Dalkıran, 2006).

İznik gölünü besleyen akarsuların bentik makro omurgasızları kullanılarak biyolojik su kalitesini belirlemede kullanılan metrikler ASTERICS programı (AQEM/STAR Ecological River Classification System) (Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers, 2002)'nda hesaplanmıştır. BMWP klasik (Hellawell, 1978) ve BMWP İspanyol versiyonu (Alba-Tercedor & Sanchez Ortega, 1988) İznik Gölü'nü besleyen bazı derelerdeki biyolojik su kalitesini belirlemek için kullanılmıştır.

BMWP klasik (BMWP k) skor sistemi 1978 yılında Hellawell tarafından İskoçya ve İngiltere'deki tüm akarsuların biyolojik yönden kalitesini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir (Hellawell, 1978). BMWP biyotik skor değerlerinin hesaplanabilmesi için familya (aile) düzeyindeki teşhisler yeterli olmaktadır. Akarsuların yönetimi için biyolojik yöntemlerin oluşturulmasında önemli bir indekstir. BMWP klasik versiyonun su kalitesi sınıfları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. BMWP klasik değerlerinin karşılığı olan su kalite sınıfları (Hellawell, 1978)

Su Kalitesi Sınıfı	BMWP	Su Kalitesi Değerlendirmesi
IA	>65	Temiz Su
IB	41-65	Yüksek Kaliteli
III	21-40	Az Kirlenmiş
IV	7-20	Kirlenmiş
V	<6	Aşırı Kirlenmiş

BMWP'nin değiştirilmiş olarak sıkça kullanılan hali ise BMWP İspanyol versiyonu olarak anılmaktadır (BMWP Sp) (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988). Bu versiyonun su kalitesi aralıkları Çizelge 3.3.'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. BMWP İspanyol değerlerinin karşılığı olan su kalite sınıfları (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega,1988)

BMWP Değeri	Su Kalite Sınıfı	Su Kalitesi Değerlendirmesi
> 150		Optimum su kalitesi
101 - 150	I	Temiz su
61 - 100	II	Az kirlenmiş su
36 - 60	III	Orta seviyede kirlenmiş su
16 - 35	IV	Çok kirlenmiş su
< 15	V	Aşırı kirlenmiş su

3.2.4. İstatistiksel yöntemler

İstasyonlar arasındaki çevresel değişkenlerin ve biyolojik bulguların farklılıklarını test etmek için tek-yönlü ANOVA testi kullanılmıştır. Post-hoc testi olarak ise Duncan analizi kullanılmıştır. Tek yönlü ANOVA ve tanımlayıcı istatistikseler SPSS 28 paket programında gerçekleştirilmiştir. Çizgi ve sütun grafikleri Excel programında oluşturulurken, kutu grafikleri SPSS 28 paket programında oluşturulmuştur.

Bentik makro omurgasızlarla fizikokimyasal değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için çok değişkenli ordinasyon yöntemlerinden biri olan Canonical Correspondence (CCA) analizi uygulanmıştır. İlk ve tüm kanonik eksenler arasındaki anlamlılık Monte Carlo Permutasyon testiyle analiz edilmiştir. Bu analizi uygulamadan önce gradient uzunluğunu belirlemek için Detreded Correspondance (DCA) analizi uygulanmıştır. Gradient uzunluğu 2'nin üzerinde tespit edildiği için unimodal analizlerden olan CCA ile devam edilmiştir. Bentik makro omurgasız veri seti karekök transformasyonu uygulanmıştır. Fizikokimyasal değişkenlere ise log (x+1) transformasyonu uygulanmıştır. Bentik makro omurgasız veri setinden 3'ün üstünde tekerrür gösteren taksonlar analize dâhil edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Fizikokimyasal Bulgular

İznik Gölü'nü besleyen dört akarsudan alınan su örneklerinde gerçekleştirilmiş bazı fizikokimyasal analizlerin sonuçları Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. İznik Gölü'ne akan derelerin fizikokimyasal analizlerinin minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart hata sonuçları

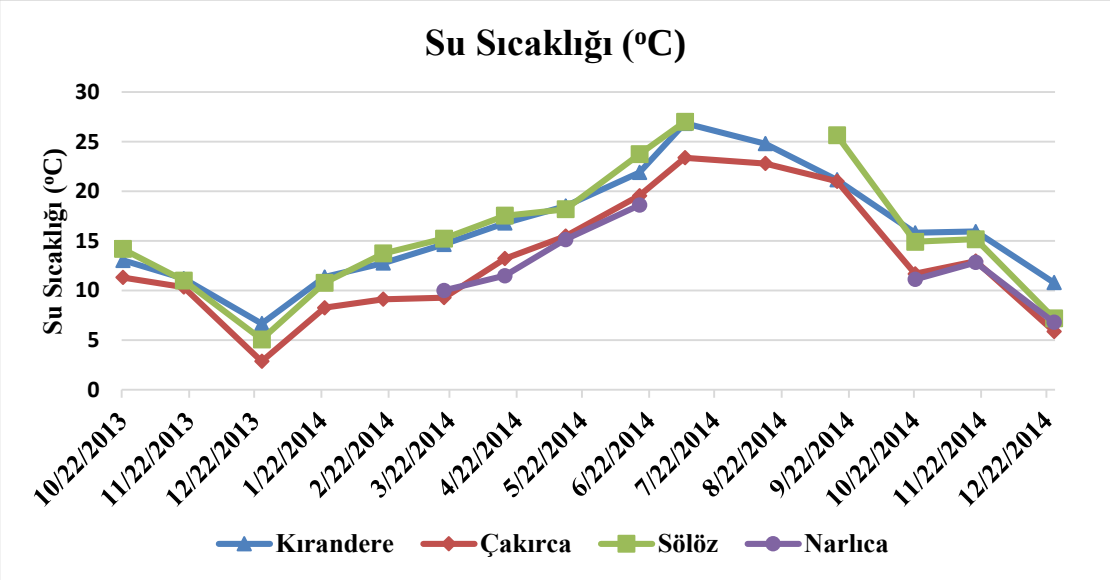
	Birim	İstasyon	*n*	Min	Maks	Ort	±SH
T	°C	Kırandere	15	6,66	26,84	16,147	1,452
		Çakırca	15	2,85	23,38	13,138	1,594
		Sölöz	14	5,07	27,00	15,669	1,722
		Narlıca	7	6,80	18,61	12,283	1,428
		Toplam	**51**	**2,85**	**27,00**	**14,601**	**0,822**
ÇO	mg/L	Kırandere	15	7,82	12,85	10,022	0,334
		Çakırca	15	6,24	12,83	9,863	0,509
		Sölöz	14	5,96	12,24	9,281	0,533
		Narlıca	7	8,58	11,86	9,896	0,391
		Toplam	**51**	**5,96**	**12,85**	**9,755**	**0,235**
pH		Kırandere	15	7,66	8,94	8,289	0,082
		Çakırca	15	7,66	8,94	8,215	0,092
		Sölöz	14	7,78	8,86	8,461	0,080
		Narlıca	7	8,08	8,54	8,386	0,059
		Toplam	**51**	**7,66**	**8,94**	**8,328**	**0,044**
Eİ	µS/cm	Kırandere	15	405	986	567,200	41,201
		Çakırca	15	187	867	404,133	60,132
		Sölöz	14	370	613	468,786	19,842
		Narlıca	7	297	361	326,714	8,205
		Toplam	**51**	**187**	**986**	**459,216**	**24,534**
o-PO_4	mg/L	Kırandere	15	0,015	0,083	0,042	0,005
		Çakırca	15	0,003	0,200	0,022	0,013
		Sölöz	14	0,007	1,184	0,142	0,081
		Narlıca	7	0,006	0,013	0,008	0,001
		Toplam	**51**	**0,003**	**1,184**	**0,059**	**0,023**
NO_2+NO_3	mg/L	Kırandere	15	0,103	3,132	1,338	0,258
		Çakırca	15	0,094	1,193	0,339	0,072
		Sölöz	14	0,096	0,780	0,404	0,054
		Narlıca	7	0,032	0,104	0,064	0,010
		Toplam	**51**	**0,032**	**3,132**	**0,613**	**0,104**

Çizelge 4.2. Toplam fosfor ve toplam azot sonuçlarına göre İznik Gölü'nü besleyen derelerin trofik seviyesi

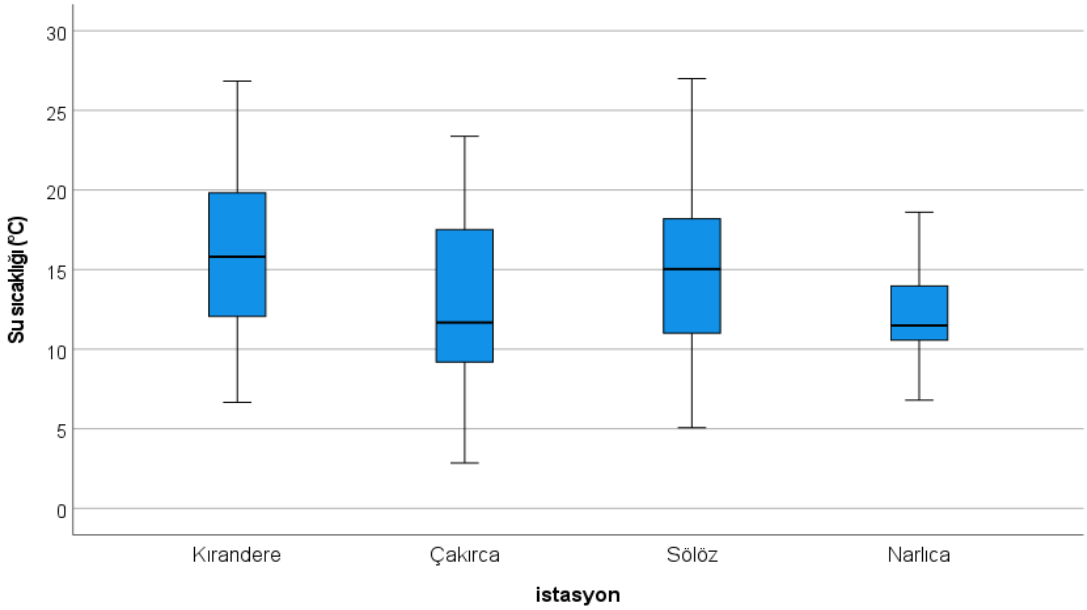
								Trofik Seviye (Dodds vd., 1998'e göre)		
	birim	İstasyon	*n*	Min	Maks	Ort	±SH	min	maks	ort
TP	mg/L	Kırandere	15	0,025	0,559	0,102	0,034	oligotrofik	ötrofik	ötrofik
		Çakırca	15	0,008	0,259	0,045	0,017	oligotrofik	ötrofik	mezotrofik
		Sölöz	14	0,032	1,190	0,191	0,078	mezotrofik	ötrofik	ötrofik
		Narlıca	7	0,010	0,032	0,018	0,003	oligotrofik	mezotrofik	oligotrofik
		Toplam	**51**	**0,008**	**1,190**	**0,098**	**0,025**	**oligotrofik**	**ötrofik**	**ötrofik**
TN	mg/L	Kırandere	15	1,86	7,30	4,001	0,494	ötrofik	ötrofik	ötrofik
		Çakırca	15	0,54	4,62	1,721	0,315	oligotrofik	ötrofik	ötrofik
		Sölöz	14	0,83	4,18	1,921	0,280	mezotrofik	ötrofik	ötrofik
		Narlıca	7	0,25	0,91	0,486	0,085	oligotrofik	mezotrofik	oligotrofik
		Toplam	**51**	**0,25**	**7,30**	**2,277**	**0,251**	**oligotrofik**	**ötrofik**	**ötrofik**

4.1.1. Su sıcaklığı değerlerinin aylık değişimi

Su sıcaklığının minimum, maksimum, ortalama ve standart hata sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiş olup mevsimsel ve mekânsal değişimi Şekil 4.1'de, istasyonlara göre aylık ortalama sıcaklık değerleri 4.2'de verilmiştir. Derelerde yapılan çalışmada sıcaklık istasyonlara göre 2,85-27 ^{o}C arasında ölçülmüştür. Kırandere'de en fazla su sıcaklığı değeri Temmuz 2014 tarihinde 26,84 ^{o}C iken en az su sıcaklık değeri ise Aralık 2013 tarihinde 6,66 ^{o}C olarak ölçülmüştür. Kırandere'nin ortalama su sıcaklığı 16,147 ^{o}C olarak bulunmuştur. Çakırca Deresi'nin en yüksek su sıcaklığı 23,38 ^{o}C olarak ölçülmüştür ve bu ölçüm Temmuz 2014 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Çakırca'nın en düşük su sıcaklığıysa 2,85 ^{o}C olarak Aralık 2013 tarihinde ölçülmüştür. Bunun yanı sıra ortalama su sıcaklığı ise 13,138 ^{o}C olarak bulunmuştur. Sölöz'ün en yüksek su sıcaklık değeri 27 ^{o}C'dir ve Temmuz 2014 tarihinde ölçülürken, en düşük sıcaklığı ise Aralık 2014 tarihinde 5,07 ^{o}C olarak ölçülmüştür. Sölöz Deresi'nin ortalama su sıcaklığı ise 15,669 ^{o}C olarak belirlenmiştir. Narlıca Deresi'ndeki en fazla su sıcaklığı Haziran 2014 tarihinde 18,61 ^{o}C, en az su sıcaklığı ise Aralık 2014 tarihinde 6,80 ^{o}C olarak ölçülmüştür. Narlıca Deresi'nin ortalama su sıcaklığı ise 12,285 ^{o}C olarak bulunmuştur. İstasyonlarda ölçülen sıcaklık 30 dereceyi geçmemiştir. Tek yönlü ANOVA analizine göre su sıcaklığının istasyonlara göre anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p>0,05) (Şekil 4.2).



Şekil 4.1. İznik Gölü derelerinin su sıcaklığı değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi

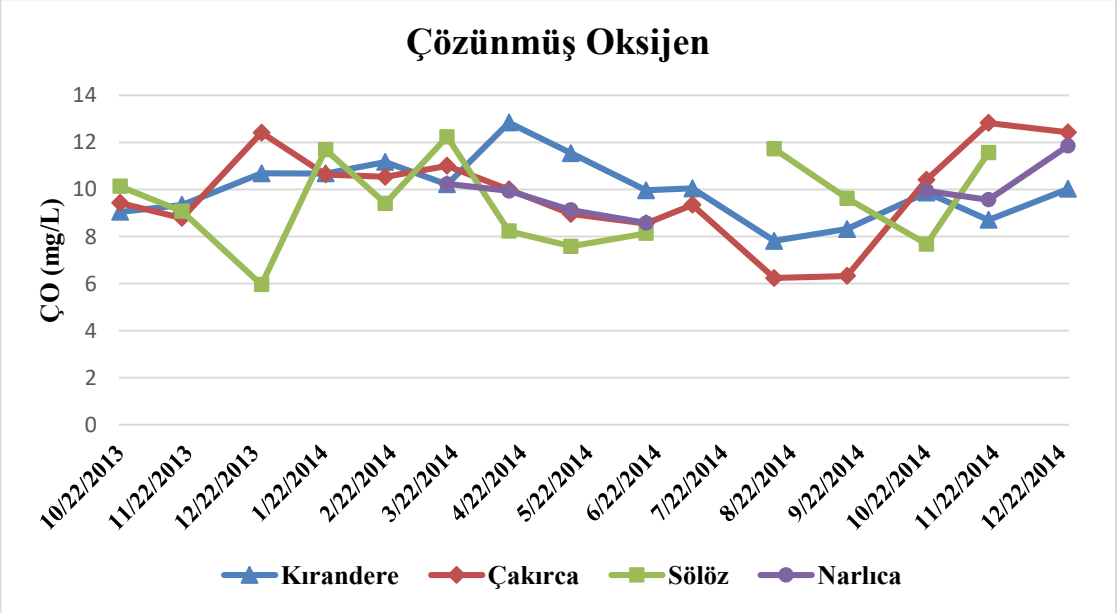


Şekil 4.2. İznik Gölü derelerinin aylık ortalama su sıcaklık değerlerinin kutu grafikleri

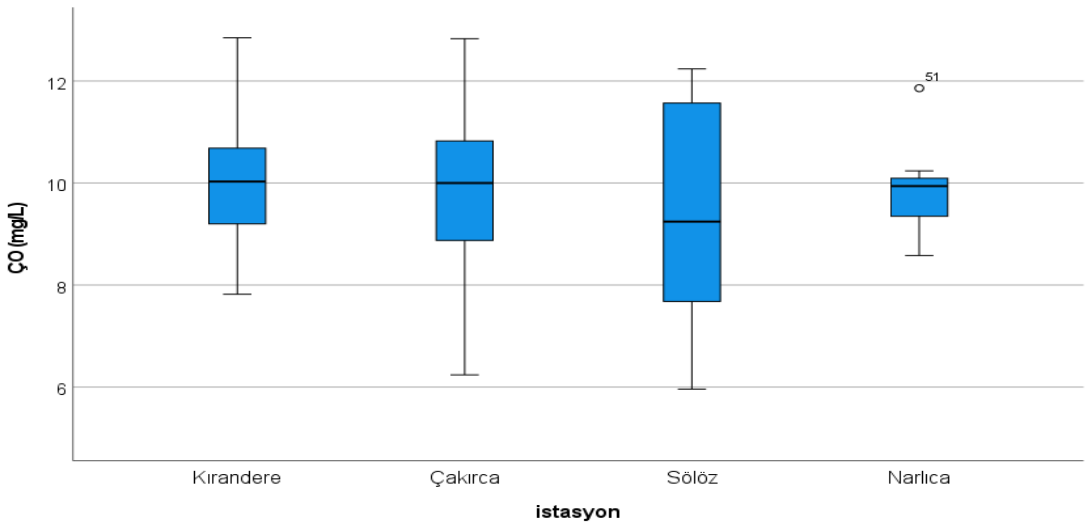
4.1.2. Çözünmüş oksijen değerlerinin aylık değişimi

Çözünmüş oksijenin (ÇO) minimum, maksimum, ortalama ve standart hata sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Zamansal ve mekânsal değişimi Şekil 4.3'de, istasyonlara göre aylık ortalama ÇO değerleri 4.4'te verilmiştir. Yapılan ölçümlerde ÇO değerlerinin 5,96-12,85 mg/L aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Kırandere'de ÇO 7,82-12,85 mg/L aralığında ölçülmüştür. En yüksek değerin ölçümü Nisan 2014 tarihinde yapılırken en düşük değer ise Ağustos 2014 tarihinde belirlenmiştir. Kırandere'nin yıllık ÇO değeri 10,022 mg/L olarak hesaplanmıştır. Çakırca Deresi'ndeki ÇO miktarı 6,24-12,83 mg/L arasında değişmiştir. En fazla çıkan değer Kasım 2014 tarihinde, en az çıkan değerse Ağustos 2014 olarak ölçülmüştür. Çakırca Deresi'nin ÇO değerleri için ortalaması 9,863 mg/L'dir. Sölöz Deresi'nde ölçülmüş olan ÇO değeri ise 5,96-12,24 mg/L arasında olmuştur. En yüksek değer Nisan 2014 tarihinde ölçülürken, en düşük değer Aralık 2014 tarihinde ölçülmüştür. Sölöz Deresi'nin ÇO için ortalaması 9,281 mg/L'dir. Narlıca Deresi'nde çözünmüş oksijen 8,58-11,86 mg/L arasında ölçülmüştür. En düşük değeri Haziran 2014 tarihinde iken, en yüksek değeri Aralık 2014 tarihinde ölçülmüştür. Narlıca Deresi'nin ÇO ortalaması ise 9,896 mg/L olarak hesaplanmıştır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2012)'ye göre arazi esnasında derelerde yapılmış olan ÇO ölçümlerinde istasyonların su kaliteleri sırasıyla; Kırandere ve Narlıca'da I. sınıf, Çakırca I.-II. sınıf,

Sölöz Deresi ise I. ve III. sınıf arasında olduğu tespit edilmiştir. OECD'ye göre derelerin ÇO için su kalite sınıfları sırasıyla; Kırandere I. ve II. sınıf, Çakırca ve Sölöz derelerinin I. ve III. sınıf, Narlıca Deresi ise I. sınıf olarak tespit edilmiştir. Tek yönlü ANOVA analizine göre ÇO değerlerinin istasyonlara göre anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir. (p>0,05) (Şekil 4.4).



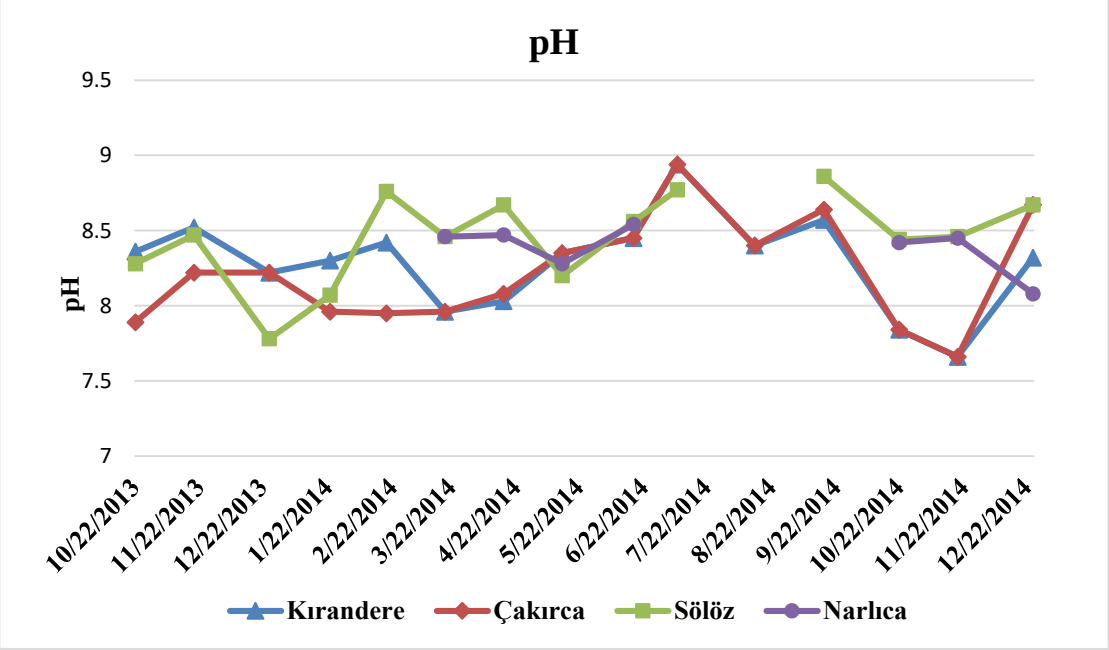
Şekil 4.3. İznik Gölü derelerinin çözünmüş oksijen değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi



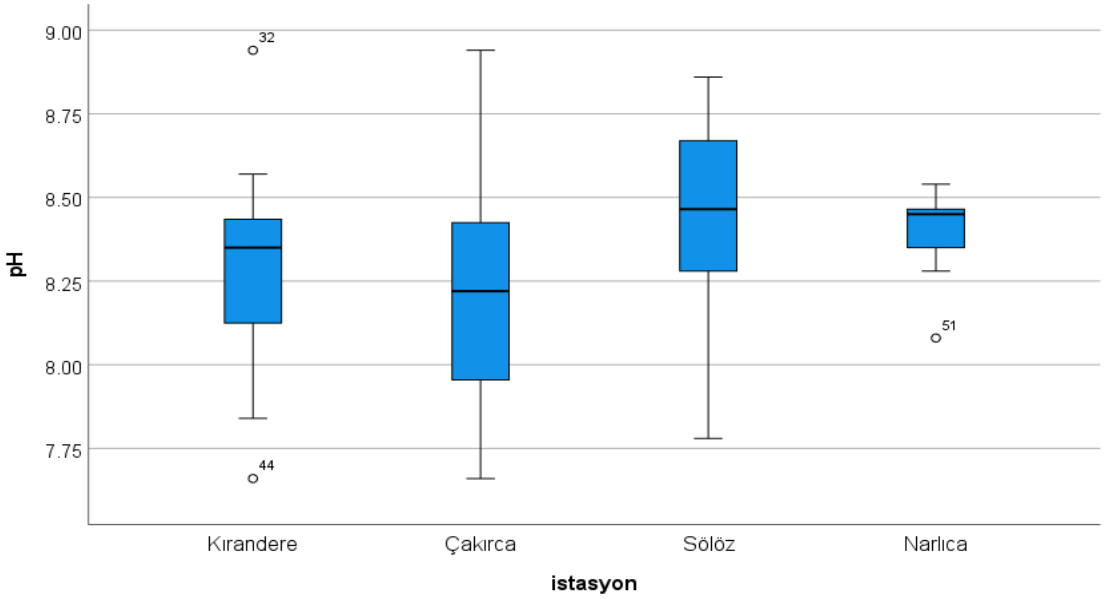
Şekil 4.4. İznik Gölü derelerinin aylık ortalama çözünmüş oksijen değerlerinin kutu grafikleri

4.1.3. pH değerlerinin aylık değişimi

pH değerlerinin minimum, maksimum, ortalama ve standart hata sonuçları Çizelge 4.1'de verilirken mevsimsel ve mekânsal değişimi Şekil 4.5'te, istasyonlara göre aylık ortalama pH değerleri 4.6'da verilmiştir. Yapılan ölçümlerde derelerde pH'nın 7,66-8,94 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Kırandere'de pH 7,66-8,94 arasında ölçülmüştür (Şekil 4.5-4.6). Kırandere'nin ortalama pH'sı ise 8,289 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer Temmuz 2014 tarihinde ölçüm yapılırken en düşük değer ise Kasım 2014 tarihinde belirlenmiştir. Çakırca Deresi'ndeki pH'nın 7,66-8,94 arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek değer Temmuz 2014 tarihinde en düşük değer ise Kasım 2014 tarihinde ölçülmüştür. Çakırca Deresi'nin pH ortalaması 8,215 olarak hesaplanmıştır. Sölöz Deresi'nde ölçülmüş olan pH ise 7,78-8,86 arasındadır. En yüksek değeri Eylül 2014 tarihinde en düşük değeri ise Aralık 2013 tarihinde ölçülmüştür. Sölöz Deresi'nin pH ortalaması 8,461 olarak hesaplanmıştır. Narlıca Deresinde pH 8,08-8,54 arasında ölçülmüştür. En düşük değer Aralık 2014 tarihinde iken en yüksek değer Haziran 2014 tarihinde belirlenmiştir. Narlıca Deresi'nin pH ortalaması 8,386 olarak bulunmuştur. Tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre pH değerlerinin istasyonlara göre anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p>0,05) (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. İznik Gölü derelerinin pH değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi

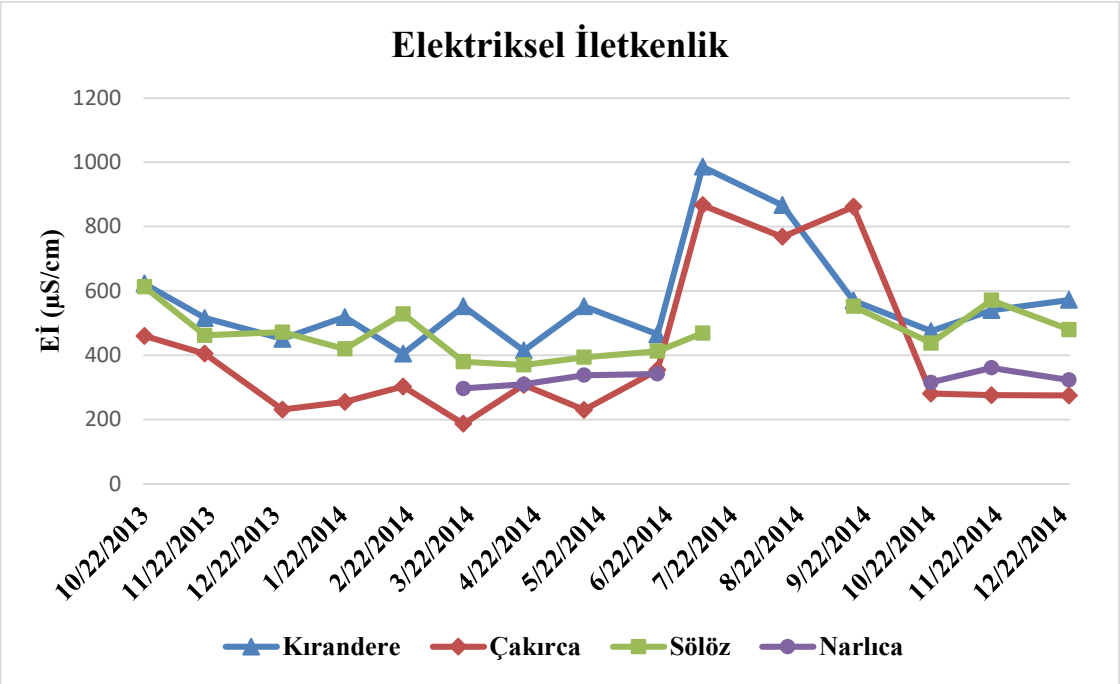


Şekil 4.6. İznik Gölü derelerinin aylık ortalama pH değerlerinin kutu grafikleri

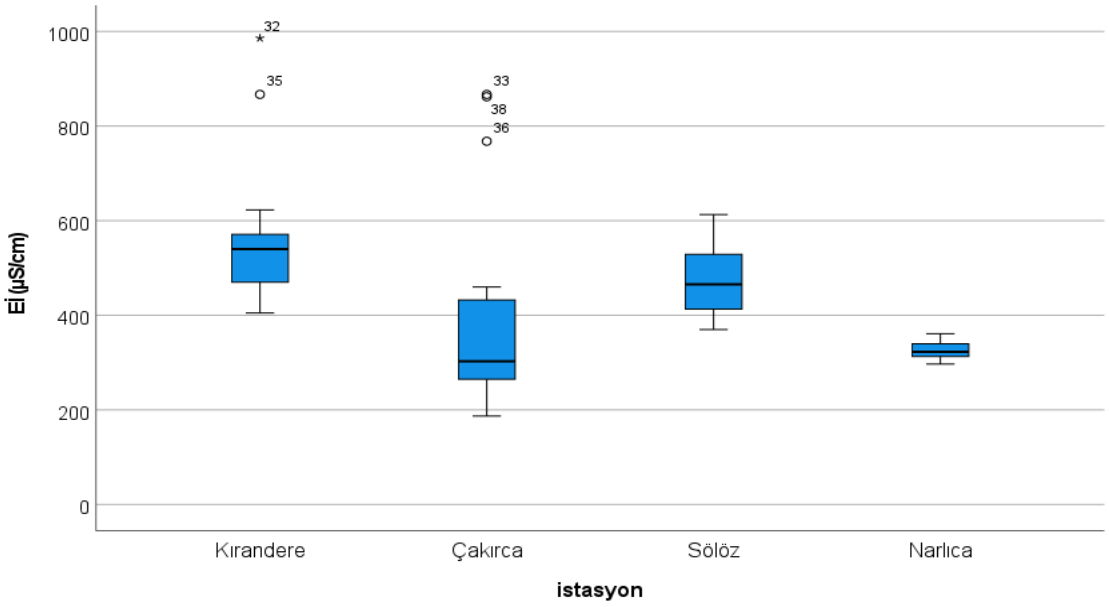
4.1.4. Elektriksel İletkenlik (Eİ) değerlerinin aylık değişimi

Elektriksel iletkenliğin minimum, maksimum, ortalama ve standart hata sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiş olup mevsimsel ve mekânsal değişimi Şekil 4.7'de, istasyonlara göre aylık ortalama Eİ değerleri ise 4.8'de verilmiştir. Yapılan ölçümlerde tüm derelerdeki Eİ 187–986 µS/cm arasında gözlemlenmiştir (Şekil 4.7-4.8). Kırandere'nin en düşük Eİ değeri Şubat 2014 tarihinde 405 µS/cm olarak ölçümü yapılmıştır, en yüksek ise Temmuz 2014 tarihinde 986 µS/cm ölçülmüştür. Ortalama Eİ 567,200 µS/cm olarak hesaplanmıştır. Çakırca Deresi'nin Eİ değeri 187-867 µS/cm arasında ölçülürken, ortalaması 404,133 µS/cm olarak hesaplanmıştır. Çakırca'nın en düşük değeri Mart 2014'te, en yüksek değeri Temmuz 2014'te ölçülmüştür. Sölöz Deresi'nin ise 370-613 µS/cm arasındayken, ortalaması 468,786 µS/cm olarak belirlenmiştir. Bu derenin en düşük değeri Nisan 2014 tarihinde ölçülürken en yüksek değerin Ekim 2013'de olduğu gözlemlenmiştir. Narlıca Deresi'nin Eİ değeri 297–361 µS/cm aralığında ölçülmüştür. Mart 2014 tarihinde en düşük değer, Kasım 2014 tarihinde ise en yüksek değer gözlemlenmiştir. Ortalama değeriyse 326,714 µS/cm'dir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, (2012)'ye göre istasyonların su kalitesi sırasıyla; Kırandere II. sınıf, Çakırca ve Sölöz dereleri I. ve II. sınıf, Narlıca Deresi'nin ise I. sınıf olduğu gözlenmiştir. Tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre elektriksel iletkenliği değerlerinin istasyonlara

göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (*F*:4,536, *p*:0,007, *sd*:3) (Şekil 4.8). Duncan post-hoc testine göre Sölöz ve Kırandere'nin Eİ değerleri istatiksel olarak anlamlı farklılık göstermezken, Narlıca ve Çakırca farklı bulunmuştur (Şekil 4.8).



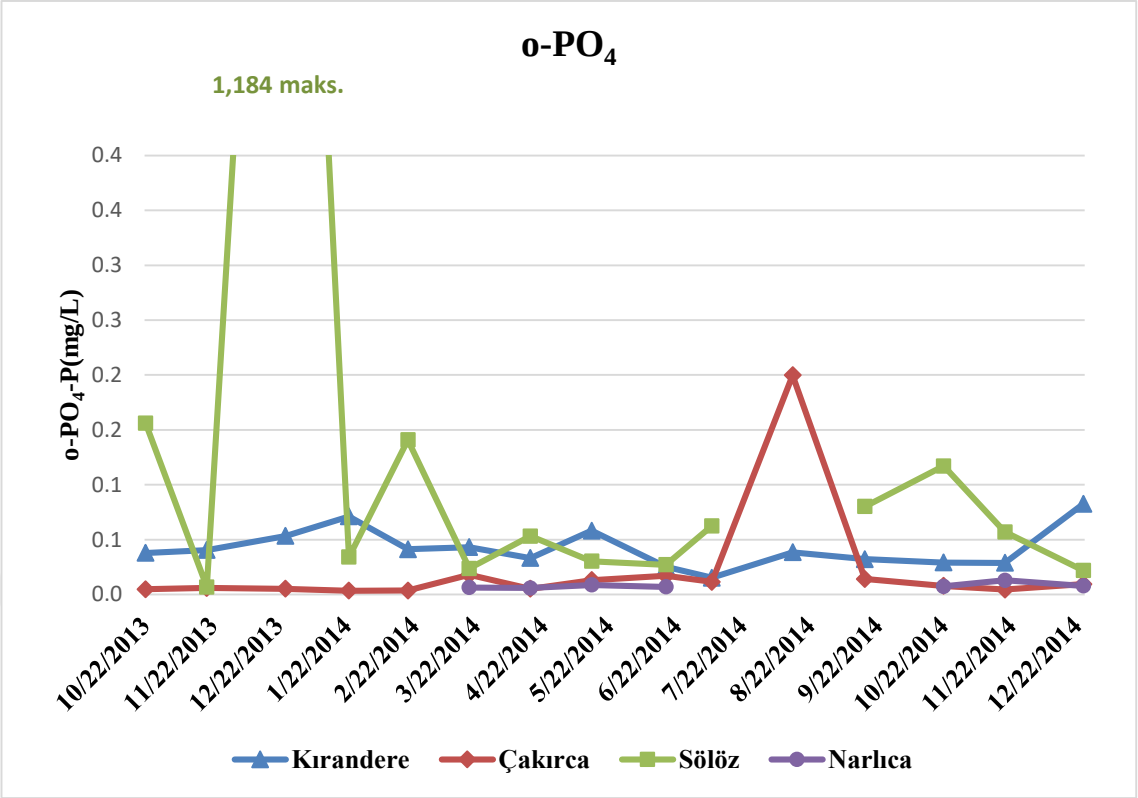
Şekil 4.7. İznik Gölü derelerinin elektriksel iletkenliği değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi



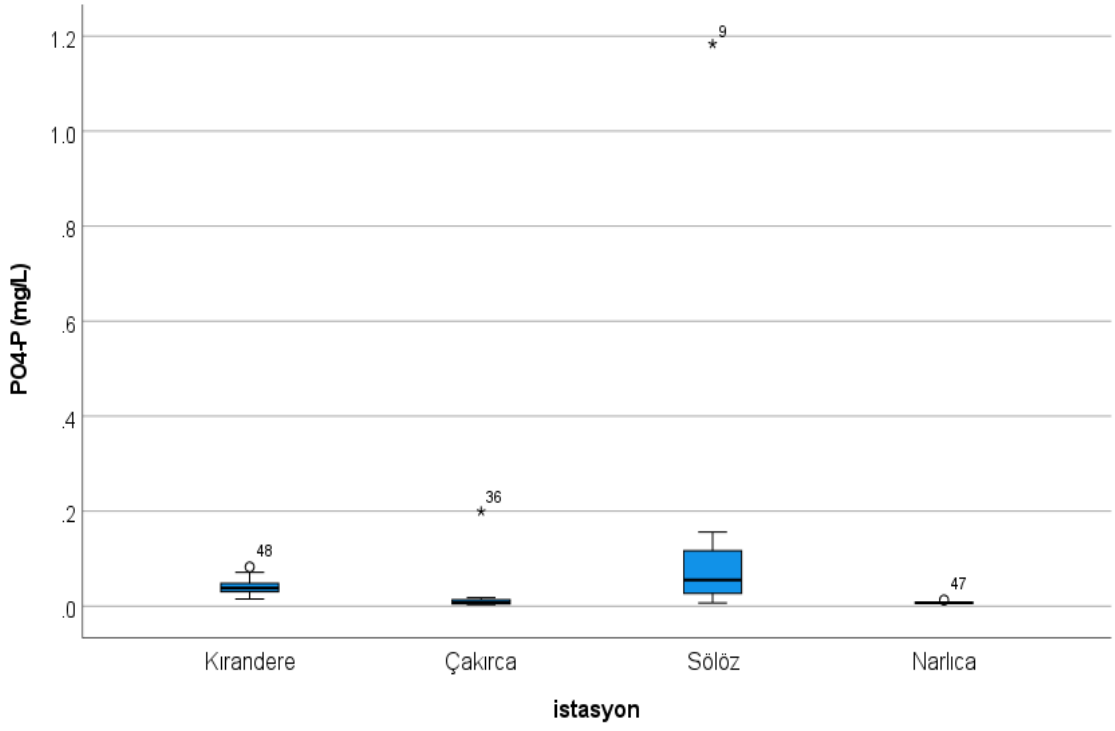
Şekil 4.8. İznik Gölü derelerinin aylık ortalama Eİ değerlerinin kutu grafikleri

4.1.5. Fosfat fosforu (o-PO_4) değerlerinin aylık değişimi

Fosfat fosforunun minimum, maksimum, ortalama ve standart hata sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Mekânsal ve mevsimsel değişimi Şekil 4.9'da, istasyonlara göre aylık ortalama o-PO_4 değerleri ise 4.10'da verilmiştir. Aylık olarak alınan örneklerde analizi yapılan fosfat fosforunun minimum değeri 0,003 mg/L iken maksimum değeri 1,184 mg/L (Şekil 4.9) arasında belirlenmiştir. Kırandere'de aylık olarak yapılan analizlerde fosfat fosforu 0,015-0,083 mg/L arasında belirlenirken, ortalama değeri 0,042 mg/L olarak hesaplanmıştır. Bu derenin Temmuz 2014 tarihinde en düşük değeri, Aralık 2014 tarihinde en yüksek değeri bulunmuştur. Çakırca Deresi'nde fosfat fosforu 0,003–0,200 mg/L arasındadır, ortalaması 0,022 mg/L olarak hesaplanmıştır. En düşük değeri Ocak 2014'te, en yüksek değer Ağustos 2014 tarihinde bulunmuştur. Sölöz Deresi'nin fosfat fosforu 0,007-1,184 mg/L arasında, ortalaması da 0,142 mg/L'dir. Aralık 2013 tarihinde en yüksek değeri bulunmuşken, Kasım 2013 tarihinde en düşük değeri bulunmuştur. Narlıca Deresi'nde 0,006–0,013 mg/L olarak ölçülmüş olan fosfat fosforunun ortalaması ise 0,008 mg/L olarak bulunmuştur. Narlıca Deresi'nin en düşük değeri Mart 2014 tarihinde, en yüksek değeri Kasım 2014 tarihinde tespit edilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, (2012)'ye göre istasyonların fosfat fosforuna göre su kalitesi sırasıyla; Kırandere I. ve II. sınıf, Çakırca ve Sölöz istasyonları I. ve III. sınıf ve Narlıca ise I. sınıf su kalitesine sahiptir. OECD'ye göre derelerin o-PO_4 değerlerine göre su kalite sınıfları; Kırandere ve Narlıca'nın I. sınıf, Çakırca Deresi'nin I. ve III. sınıf, Sölöz Deresi'nin I. ve V. Sınıf olarak bulunmuştur. Tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre fosfat fosforu değerlerinin istasyonlara göre anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p>0,05) (Şekil 4.10).



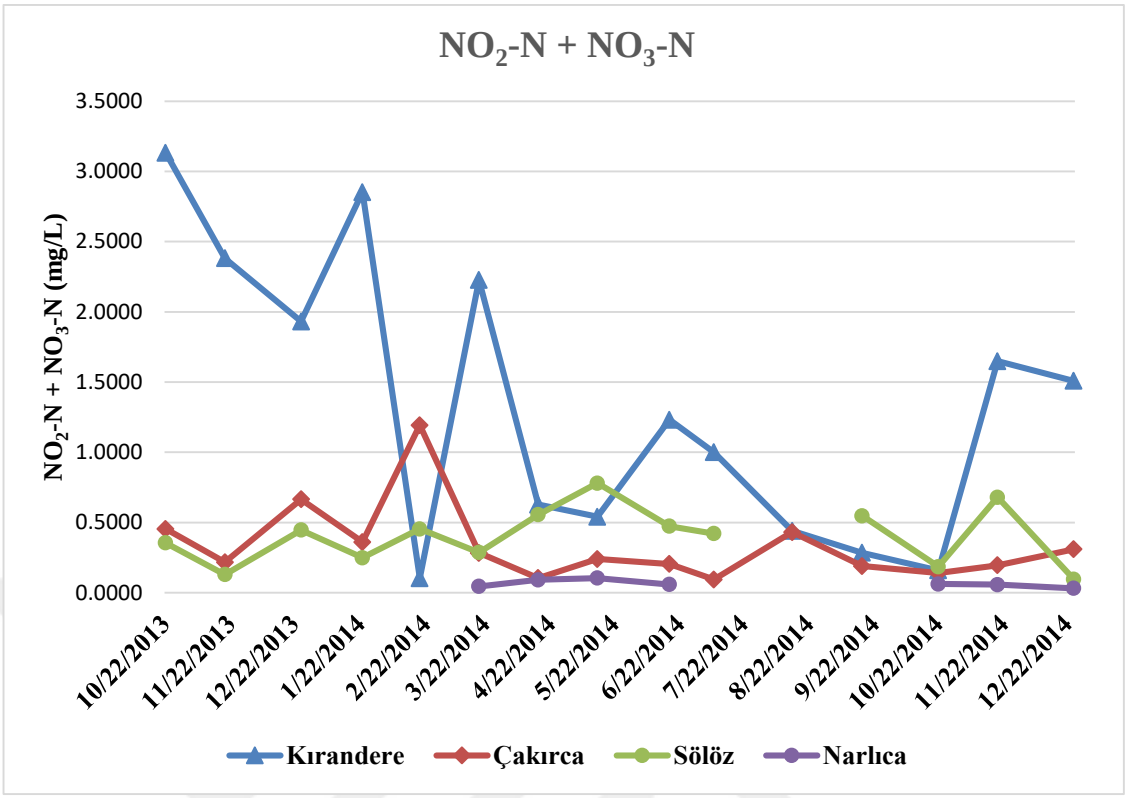
Şekil 4.9. İznik Gölü derelerinin o-PO4 değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi



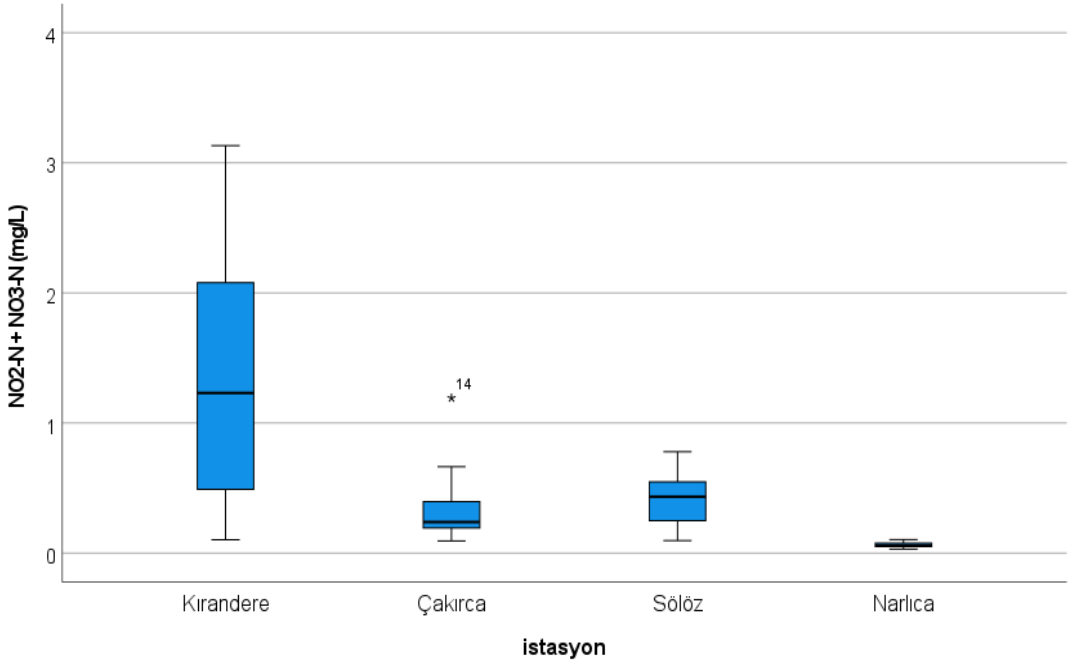
Şekil 4.10. İznik Gölü derelerinin aylık ortalama o-PO4 değerlerinin kutu grafikleri

4.1.6. Nitrit azotu ve Nitrat azotu değerlerinin aylık değişimi

Nitrit+nitrat azotunun (NO_2-N+NO_3-N) minimum, maksimum, ortalama ve standart hata sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiş olup mekânsal ve zamansal değişimi Şekil 4.11'de, istasyonlara göre aylık ortalama NO_2-N+NO_3-N değerleri ise 4.12'de verilmiştir. Çalışma dönemi boyunca NO_2-N+NO_3-N 0,032-3,132 mg/L arasında bulunmuştur. Kırandere'de, Çakırca, Sölöz ve Narlıca'da aylık olarak alınan örneklerle yapılan analizler ile nitrit+nitrat azotu değerlerine de bakılmıştır. Kırandere'de 0,103–3,132 mg/L olan NO_2-N+NO_3-N ortalama değeri 1,338 mg/L olarak bulunmuştur. Bu derenin en düşük değeri Şubat 2014 tarihinde, en yüksek değeri Kasım 2013 tarihinde tespit edilmiştir. Çakırca Deresi'nde 0,094–1,193 mg/L olan NO_2-N+NO_3-N ortalama değeri 0,339 mg/L olarak bulunmuştur. Yapılmış olan aylık ölçümlerde bu istasyonun en düşük değeri Temmuz 2014 tarihinde, en yüksek değeri Şubat 2014 tarihinde olduğu gözlemlenmiştir. Sölöz Deresi'nde 0,096–0,78 mg/L olan NO_2-N+NO_3-N değerlerin ortalaması 0,404 mg/L'dir. Bu istasyonun en yüksek değeri Mayıs 2014'te, en düşük değeri ise Aralık 2014'tedir. Narlıca Deresi'nde 0,032–0,104 mg/L olarak bulunan NO_2-N+NO_3-N ortalama değeri ise 0,064 mg/L olarak bulunmuştur. Bu istasyonun en düşük değeri Aralık 2014 tarihinde, en yüksek değeri Mayıs 2014 tarihinde belirlenmiştir. Tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre NO_2-N+NO_3-N değerlerinin istasyonlara göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (*F*:11,776, *p*:0,000, *sd*:3) (Şekil 4.12). Duncan testine göre Kırandere'nin NO_2-N+NO_3-N değerlerinin diğer 3 istasyona göre istatiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.11. İznik Gölü derelerinin NO_2-N+NO_3-N değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi



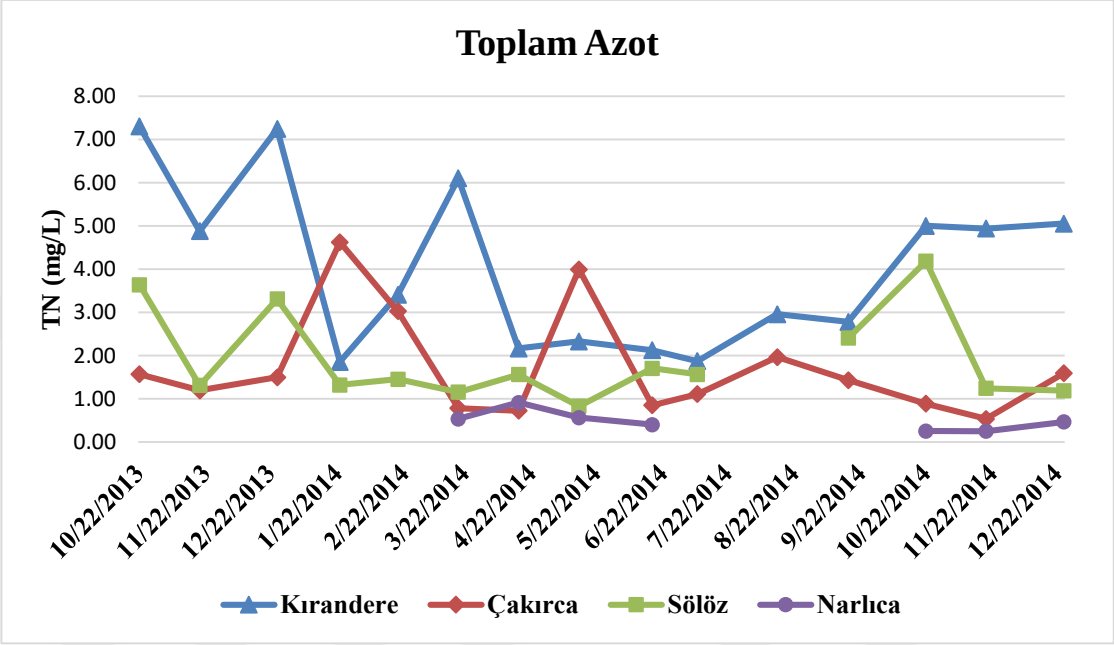
Şekil 4.12. İznik Gölü derelerinin aylık ortalama NO_2-N+NO_3-N değerlerinin kutu grafikleri

4.1.7. Toplam azot (TN) ve Toplam fosfor (TP) değerlerinin aylık değişimi

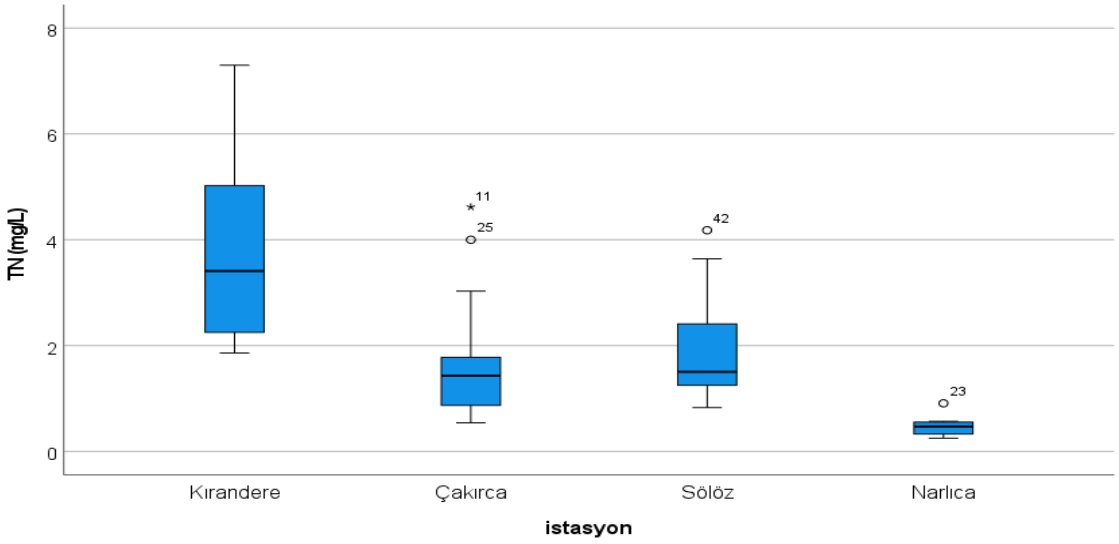
Toplam azot (TN) değerlerinin minimum, maksimum, ortalama ve standart hata sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Mekânsal ve mevsimsel değişimi Şekil 4.13'de, istasyonlara göre aylık ortalama TN değerleri 4.14'de verilmiştir. İznik Gölü'ne akan derelerde aylık olarak yapılan ölçümlerin sonucuna göre TN değerleri 0,25-7,30 mg/L aralığında bulunmuştur. Kırandere'de yapılan analizlerin sonucunda en yüksek değerin Kasım 2013 tarihinde 7,30 mg/L, en düşük değeri Ocak 2014 tarihinde 1,86 mg/L olarak bulunmuştur. Ortalaması ise 4,001 mg/L'dir ve bu bulgulara göre Kırandere istasyonu ötrofik özelliktedir. Çakırca istasyonunun değerleri 0,54-4,62 mg/L arasındadır. En düşük değeri Kasım 2014 tarihinde bulunurken en yüksek değerin Ocak 2014 tarihinde olduğu tespit edilmiştir. Ortalaması 1,721 mg/L olarak hesaplanmıştır ve bu sonuca göre derenin TN bakımından ötrofik karakterde olduğu belirlenmiştir. Sölöz Deresi'nin TN değerleri 0,83-4,18 mg/L aralığında bulunmuştur. Bu istasyonun en yüksek değeri Kasım 2014'te, en düşük değeri Mayıs 2014'tedir. Ortalaması 1,921 mg/L'dir. Sölöz istasyonunun ortalama değere göre ötrofik özellik taşıdığı bulunmuştur. Narlıca istasyonun ölçülmüş değerleri ise 0,25-0,91 mg/L arasındadır. En düşük TN değeri Kasım 2014'te, en yüksek TN değeri ise Nisan 2014 tarihinde bulunmuştur. Bu istasyonun ortalama değeri 0,486 mg/L olarak hesaplanmış ve ortalama değere göre TN oligotrofik karakterde olduğu bulunmuştur. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, (2012)'ye göre istasyonların toplam azot değerleri için su kalitesi Kırandere, Çakırca Deresi ve Sölöz Deresi için I. ve II. sınıf olarak bulunurken Narlıca Deresi'nin su kalitesi I. sınıf olarak tespit edilmiştir. OECD'ye göre derelerin TN değerleri için su kalite sınıfları; Kırandere, Çakırca ve Sölöz dereleri için I. ve II. sınıf, Narlıca Deresi ise I. sınıf olarak bulunmuştur. Tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre TN değerlerinin istasyonlara göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (*F*:13,271, *p*:0,000, *sd*:3) (Şekil 4.14). Duncan post-hoc testine göre Narlıca bir grubu, Çakırca ikinci grubu ve Kırandere ile Sölöz ise üçüncü grubu oluşturmuştur (Şekil 4.14).

Dodds vd. (1998) akarsularda Toplam Azot için oligotrofik-mezotrofik sınır değerini 0,7 mg/L olarak, mezotrofik-ötrofik sınır değerini ise 1,5 mg/L olarak önermişlerdir. Toplam Fosfor için oligotrofik-mezotrofik sınır değeri 0,025 mg/L ve mezotrofik-ötrofik sınır değeri ise 0,075 mg/L olarak önerilmiştir. Bu verilere göre İznik Gölü'ne dökülen dört derenin trofik seviyelerini gösteren veriler Çizelge 4.2'de verilmiştir. Bu bulgulara göre

yıllık ortalama değerler göz önüne alındığında Narlıca Deresi'nin oligotrofik, diğer üç akarsuyun ise ötrofik karakterde olduğu görülmektedir. Toplam Azot'a göre minimum ve maksimum değerlere göre akarsuların trofik seviyesinin oligotrofik ile ötrofik arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.13. İznik Gölü derelerinin aylık ortalama TN değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi

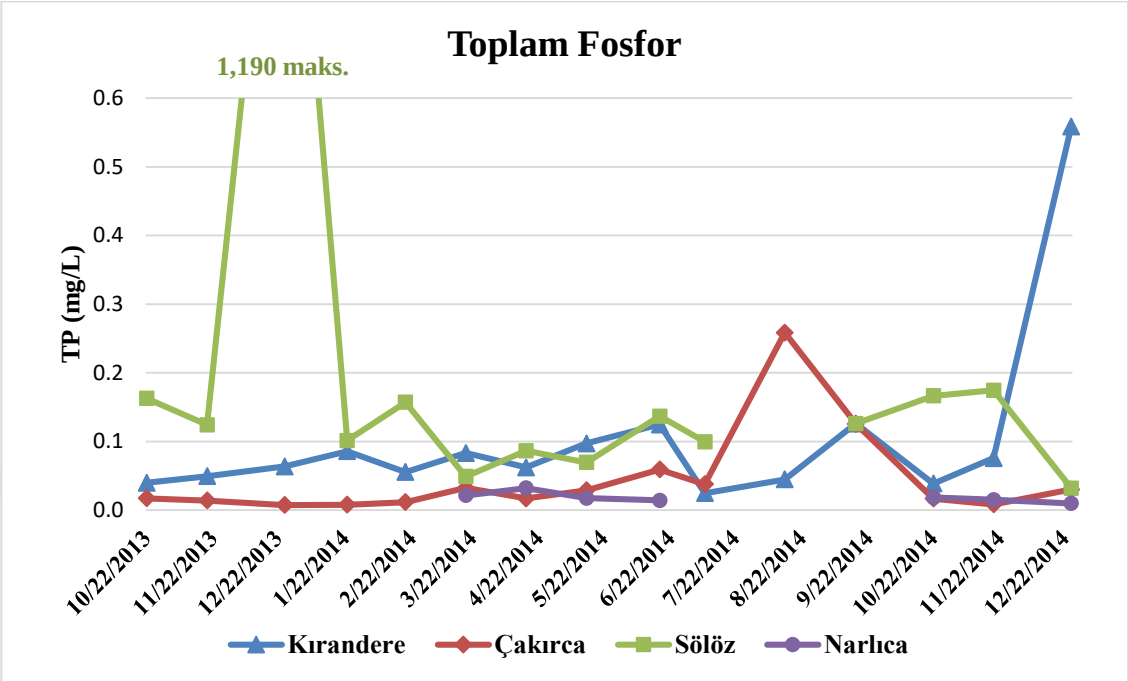


Şekil 4.14. İznik Gölü derelerinin aylık ortalama TN değerlerinin kutu grafikleri

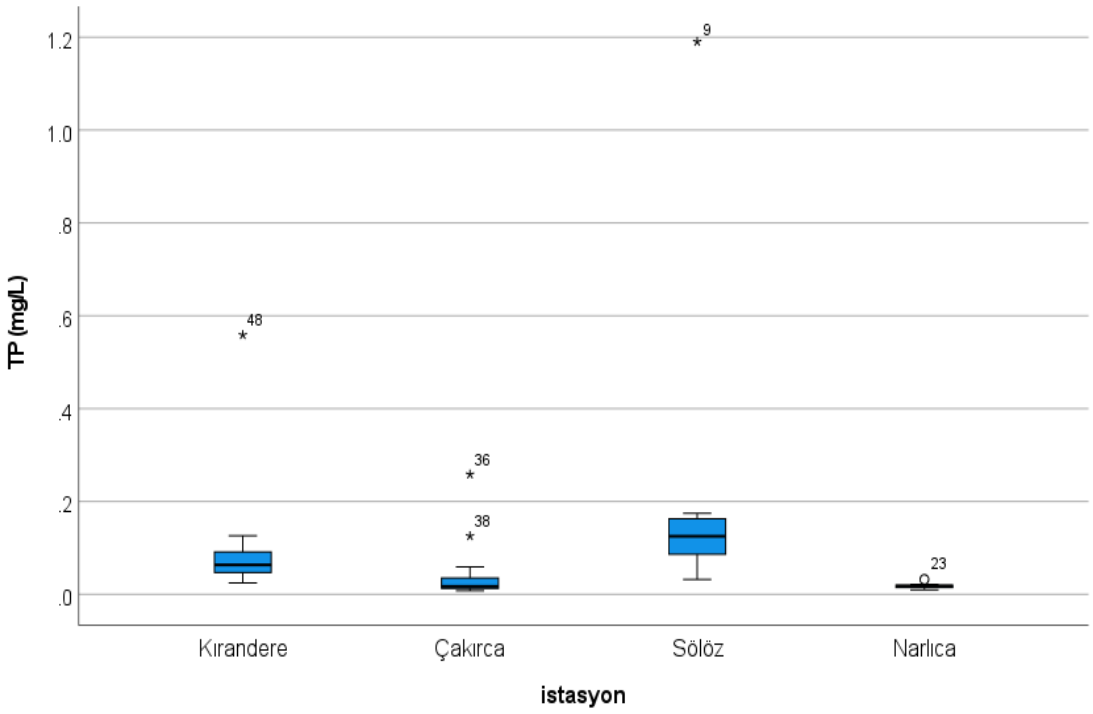
Toplam fosfor (TP) değerlerine göre minimum, maksimum, ortalama ve standart hata sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiş olup mevsimsel ve mekânsal değişimi Şekil 4.15'de, istasyonlara göre ise aylık ortalama TP değerleri 4.16'da verilmiştir. Çalışma dönemi boyunca istasyonlarda yapılmış olan ölçümlerde TP değerleri minimum 0,008 mg/L ile maksimum 1,190 mg/L (Şekil 4.15) arasında olduğu tespit edilmiştir. Kırandere istasyonun en yüksek değeri 0,559 mg/L ile Aralık 2014 tarihinde, en düşük değeri 0,025 mg/L ile Temmuz 2014 tarihinde bulunmuştur. Ortalama değeri ise 0,102 mg/L'dir ve bu değere göre Kırandere istasyonunun ötrofik karakterinde olduğu görülmüştür. Çakırca Deresi'nde alınan örnekler ile yapılan analizlerin sonucuna göre TP değerleri 0,008-0,259 mg/L aralığında bulunmuştur. En düşük TP değeri Ocak 2014'te, en yüksek değeri ise Ağustos 2014'tedir. Ortalama değeri 0,045 mg/L'dir. Bu değere göre Çakırca Deresi mezotrofik karakterdir. Sölöz'ün en düşük değeri 0,032 mg/L'dir ve Aralık 2014 tarihindedir, en yüksek değeri ise 1,190 mg/L'dir ve Aralık 2013 tarihinde tespit edilmiştir. Bu derenin ortalama değeri 0,191 mg/L olup bu sonuca göre dere ötrofik karakterdedir. Narlıca istasyonunun TP değerleri 0,010-0,032 mg/L arasında bulunmuştur. En yüksek değer Nisan 2014, en düşük değerse Aralık 2014 tarihindedir. Narlıca istasyonunun ortalama değeri 0,018 mg/L'dir ve bu istasyonun karakteri oligotrofiktir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, (2012)'ye göre istasyonların toplam fosfor değerlerine göre su kalite sınıfları; Kırandere ve Çakırca Deresi I. ve III. sınıf, Sölöz Deresi için I. ve IV. sınıf ve Narlıca Deresi'nin su kalitesi I. sınıf olarak bulunmuştur. OECD'ye göre derelerin TP için sınıflandırılması sırasıyla; Kırandere I. ve III. sınıf, Çakırca Deresi I. ve II. sınıf, Sölöz Deresi I. ve IV. sınıf, Narlıca Deresi'nin ise I. sınıf olarak bulunmuştur. Tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre toplam fosforun istasyonlara göre anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir (p>0,05) (Şekil 4.16).

Toplam Fosfor'un yıllık ortalama değerlerine göre Narlıca Deresi'nin oligotrofik, Çakırca'nın mezotrofik, diğer iki akarsuyun ise ötrofik karakterde olduğu tespit edilmiştir. Minimum ve maksimum değerlere göre akarsuların trofik seviyesi oligotrofik ile ötrofik arasında değişmiştir. Ancak TP değerlerinin maksimum değerlerine bakıldığında sınır değer olan 0,075 mg/L'nin çok üzerinde değerler olduğu görülmektedir. Sölöz Deresi'nde TP'nin maksimum konsantrasyonu 1,19 mg/L olarak, Kırandere'de 0,559 mg/L olarak, Çakırca Deresi'nde ise 0,259 mg/L olarak belirlenmiş

olup sınır değerin çok üzerinde değerler olduğu hatta hiperötrofik seviyeleri işaret ettiği görülmektedir.



Şekil 4.15. İznik Gölü derelerinin aylık ortalama TP değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi



Şekil 4.16. İznik Gölü derelerinin aylık ortalama TP değerlerinin kutu grafikleri

4.2. Biyolojik Bulgular

Bentik makro omurgasızların tespiti için İznik Gölü'ne akan dört dereden alınan örneklerde Insecta grubuna ait 7 takım bulunmuştur. Bu takımlar Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Odonata, Plecoptera ve Coleoptera takımlarıdır. Araziden alınan ve laboratuvarda ayıklanan örneklerde Diptera takımından 16 familya, Trichoptera takımından 4 familya, Ephemeroptera takımından 5 familya, Hemiptera takımından 1 familya, Odonata takımından 4 familya, Plecoptera takımından 2 familya ve Coleoptera takımından 8 familya tespit edilmiştir. Insecta dışında Nematomorpha, Oligochaeta altsınıfı, Annelida şubesinden Erpobdellidae familyası, Mollusca şubesinden 6 familya, Crustacea'dan 3 familya, Collembola sınıfından 2 familya tespit edilmiştir. Alınmış olan örneklerde en çok tekerrür eden taksonlar sırasıyla; Oligochaeta, Chironomidae, Baetidae, Simuliidae, Tipulidae, Nematomorpha, Hydropsychidae, Erpobdellidae, Planorbidae, Caenidae olduğu tespit edilmiştir. İznik Gölü'nde tespit edilen bentik makro omurgasızların listesi Çizelge 4.3'te verilmiştir.

İznik Gölü'nü besleyen dört derede baskın organizmaların sırasıyla Chironomidae, Oligochaeta, Simuliidae ve Baetidae olmuştur (Çizelge 4.3). Diptera takımından Chironomidae familyasının tekerrürü 50, yüzde bolluğu ise %43,246, Simuliidae familyasının tekerrürü 36, yüzde bolluğuysa %15,253, Tipulidae familyasının tekerrürü 19, yüzde bolluğu % 0,303 olarak bulunmuştur. Ephemeroptera takımından Baetidae familyasının tekerrürü 44, % bolluğu 4,783, Caenidae familyasının tekerrürü 15, % bolluğu 0,947 olarak bulunmuştur. Oligochaeta alt sınıfının tekerrürü 51, % bolluğu 27,350 olarak bulunmuştur. Nematomorpha şubesinin tekerrürü 19, % bolluğu 1,003, Erpobdellidae familyasının tekerrürü 17, % bolluğu 1,131 olarak bulunmuştur. Mollusca şubesinden Planorbidae familyasının tekerrürü 17, % bolluğu 1,015, Limnaeidae familyasının tekerrürü 13, % bolluğu 0,228, Physidae familyasının tekerrürü 12, % bolluğu 0,603 olarak bulunmuştur. Arthropoda şubesinden Asellidae familyasının tekerrürü ise 7, yüzde bolluğu %1,718 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3. İznik Gölü'nde tespit edilen bentik makro omurgasızlara ait takson listesi,istasyonlara göre bulunurlukları, tekerrür, % bolluk ve istatistikte kullanılan taksonların kısaltmaları

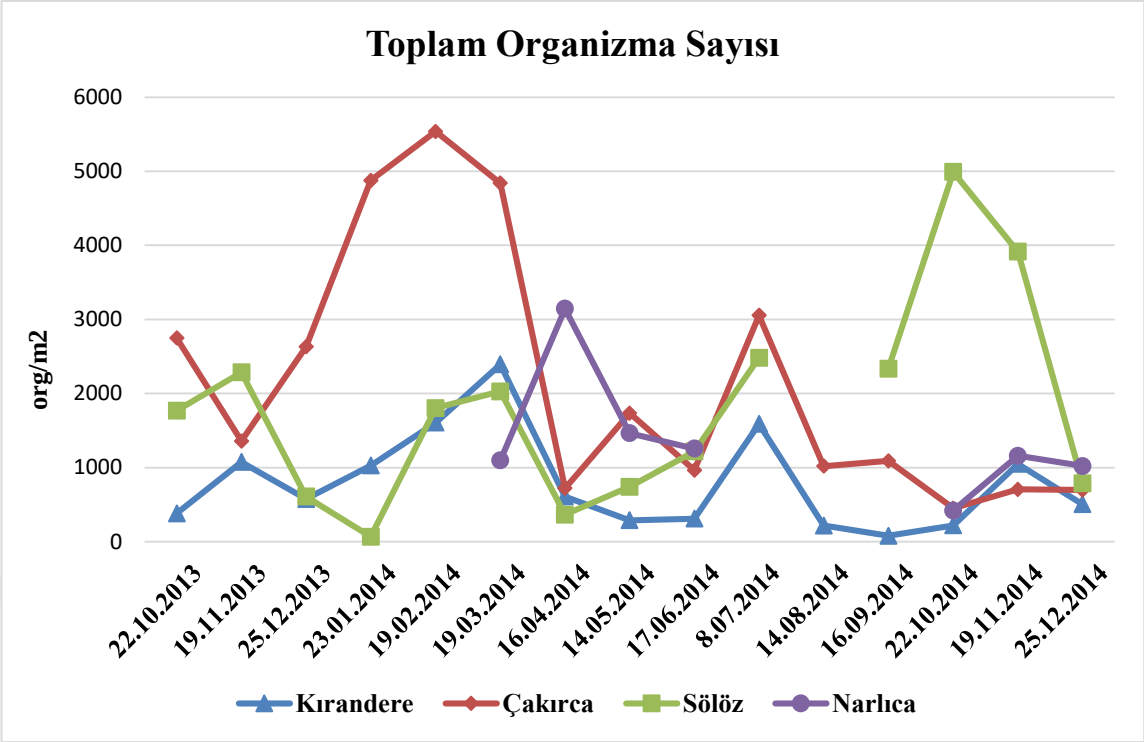
	1.ist	2.ist	3.ist	4.ist	Tek.	% bolluk	Kısaltma
Phylum: Nematomorpha	+	+	+	+	19	1,003	**Nemat**
Phylum: Annelida							
Class: Oligochaeta	+	+	+	+	51	27,350	**Oligo**
Class: Hirudinea							
Fam: Erpobdellidae	+	+	+		17	1,131	**Erbop**
Phylum: Mollusca							
Fam: Hydrobiidae	+	+		+	7	0,036	**Hydro**
Fam: Limnaeidae	+	+			13	0,228	**Limna**
Fam: Physidae	+	+	+		12	0,603	**Physi**
Fam: Planorbidae	+	+	+	+	17	1,015	**Plano**
Fam: Sphaeriidae		+			3	0,012	**Sphae**
Fam: Valvatidae				+	1	0,004	
Phylum: Arthropoda							
Subphylum: Crustacea							
Fam: Asellidae			+		7	1,718	**Asell**
Fam: Gammaridae			+	+	3	0,012	**Gamma**
Fam: Potamidae	+				1	0,004	
Subphylum: Hexapoda							
Class: Collembola							
Fam: Hypogastruridae		+	+		4	0,020	**Hypog**
Fam: Isotomidae			+	+	3	0,016	**Isoto**
Class: Insecta							
Ordo: Ephemeroptera							
Fam: Baetidae	+	+	+	+	44	4,783	**Baeti**
Fam: Caenidae		+	+	+	15	0,947	**Caeni**
Fam: Ephemerellidae				+	2	0,040	
Fam: Heptagenidae				+	4	0,040	**Hepta**
Fam: Leptophlebliidae	+			+	5	0,364	**Lepto**
Ordo: Odonata							
Fam: Aeshnidae				+	1	0,016	
Fam: Coenagrionidae		+			1	0,016	
Fam: Gomphidae		+			1	0,004	
Fam: Lestidae		+			2	0,012	

Çizelge 4.3. İznik Gölü'nde tespit edilen bentik makro omurgasızlara ait takson listesi, istasyonlara göre bulunurlukları, tekerrür, % bolluk ve istatistikte kullanılan taksonların kısaltmaları (devam)

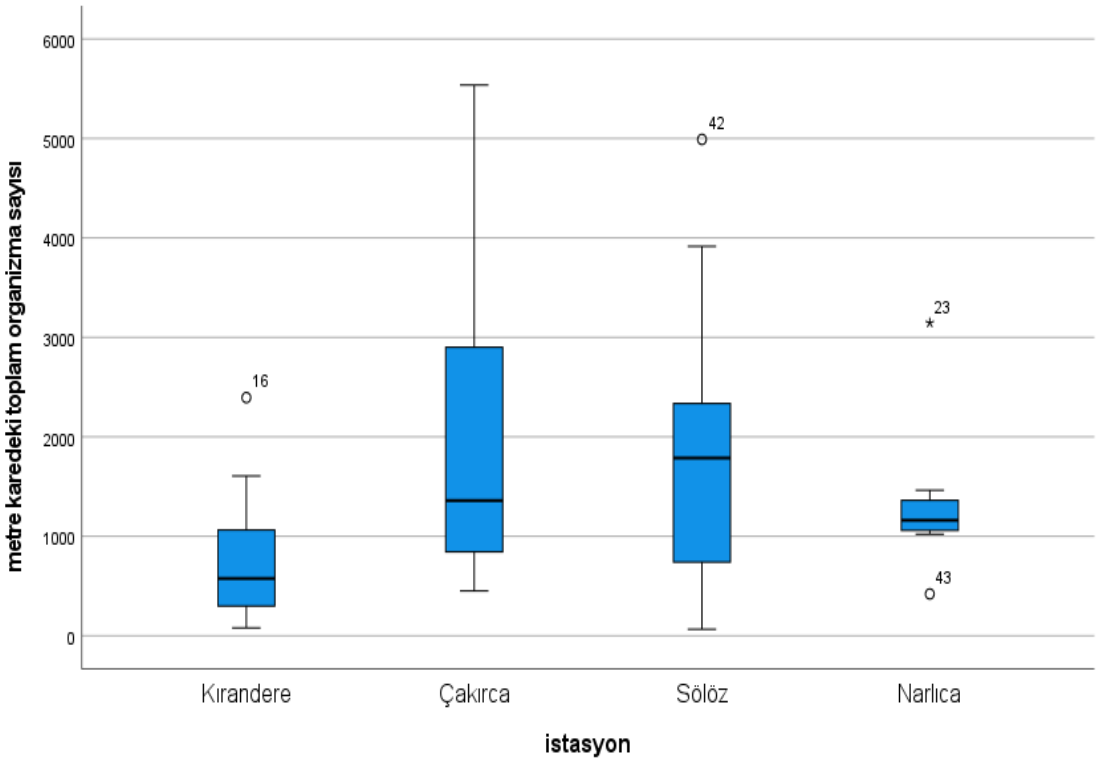
	1.ist	2.ist	3.ist	4.ist	Tek.	% bolluk	Kısaltma
Ordo: Plecoptera							
Fam: Perlodidae		+		+	3	0,200	**Perlo**
Fam: Taeniopterygidae				+	3	0,260	**Taeni**
Ordo: Hemiptera							
Fam: Corixidae		+	+	+	7	0,052	**Corix**
Ordo: Coleoptera							
Fam: Amphizoidae (ergin)				+	1	0,004	
Fam: Curculionidae (larva)		+		+	2	0,008	
Fam: Dytiscidae (larva)		+		+	3	0,052	**Dytis**
Fam: Elmidae (ergin)	+			+	2	0,008	
Fam: Gyrinidae (ergin)				+	1	0,004	
Fam: Hydraenidae (ergin+ larva)	+			+	2	0,008	
Fam: Noteridae (ergin)		+			1	0,004	
Fam: Staphylinidae (ergin)				+	1	0,004	
Ordo: Trichoptera							
Fam: Hydropsychidae	+	+	+	+	18	0,212	**Hydps**
Fam: Hydroptilidae	+	+	+		7	0,523	**Hydpt**
Fam: Limnephilidae				+	1	0,004	
Fam: Odantoceridae				+	3	0,016	**Odant**
Ordo: Diptera							
Fam: Chironomidae (larva+pupa)	+	+	+	+	50	43,246	**Chiro**
Fam: Athericidae (larva)	+		+	+	8	0,144	**Ather**
Fam: Ceratopogonidae (larva)		+		+	5	0,036	**Cerat**
Fam: Culicidae (larva)	+		+		2	0,012	
Fam: Dixidae (larva)				+	2	0,012	
Fam: Dolichopodidae (larva)		+			4	0,040	**Dolic**
Fam: Empididae (larva)	+	+			3	0,024	**Empid**
fam: Ephydridae (larva+pupa)		+	+		5	0,040	**Ephyd**
Fam: Limoniidae (larva)		+	+	+	5	0,020	**Limon**
Fam: Muscidae (larva)	+	+			2	0,008	
Fam: Pediciidae (larva)		+		+	3	0,024	**Pedic**
Fam: Psychodidae (larva)		+	+	+	5	0,036	**Psych**
Fam: Simuliidae (larva+pupa)	+	+	+	+	36	15,253	**Simul**
Fam: Stratiomyidae (larva)		+	+	+	9	0,048	**Stra**
Fam: Tabanidae (larva)		+			1	0,004	
Fam: Tipulidae (larva)	+	+	+	+	19	0,336	**Tipul**
	21	34	23	36		100	

İznik Gölü'ne akan derelerden alınan örnekler incelenmiş bunun sonucunda toplam 25 024 birey ayıklanarak tasnif edilmiş ve bentik makro omurgasızlar en az familya düzeyine kadar teşhis edilmiştir. Bu teşhislerden sonra metre karedeki toplam organizma sayıları hesaplanmıştır. Bu sayılar Şekil 4.17'de verilmiştir. İstasyonlar arasında en yüksek metre karedeki toplam organizma sayısı Çakırca Deresi'nde teşhis edilmiştir. Bu istasyonda metre karede 5 538 organizma, 19.02.2014 tarihinde belirlenmiştir. En düşük metre karedeki toplam organizma sayısı ise Sölöz istasyonunda bulunmuştur. Sölöz istasyonunda Ocak 2014 tarihinde metre karede 66 organizmanın teşhisi yapılmıştır. Kırandere'nin en yüksek toplam organizma sayısı 2 395 org/m², Mart 2014 tarihinde gözlemlenmiştir. Bu istasyonda Eylül 2014'te metre karede 80 organizma bulunarak en düşük toplam organizma teşhisi yapılmıştır. Çakırca Deresi'nde toplam organizma sayısı 451 org/m² ile 5 538 org/m² arasında olduğu görülmüştür. En düşük değer Ekim 2014 tarihinde bulunmuştur. Sölöz istasyonun metre karedeki toplam organizma sayısı 66 org/m² ve 4 991 org/m² aralığındadır. En yüksek değer Ekim 2014, en düşük değerse Ocak 2014'te olduğu belirlenmiştir. Son istasyon olan Narlıca'nın metre karedeki en düşük değeri Ekim 2014'te 421 organizma olarak belirlenmiştir. En yüksek değer ise Nisan 2014 tarihinde 3 147 org/m² olarak tespit edilmiştir.

Tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre metre karedeki toplam organizma sayıları istasyonlara göre anlamlı farklılık göstermiştir (F:3,155 p:0,033, sd:3) (Şekil 4.18). Ancak Duncan post-hoc testi anlamlı bulunmamıştır (Şekil 4.18).

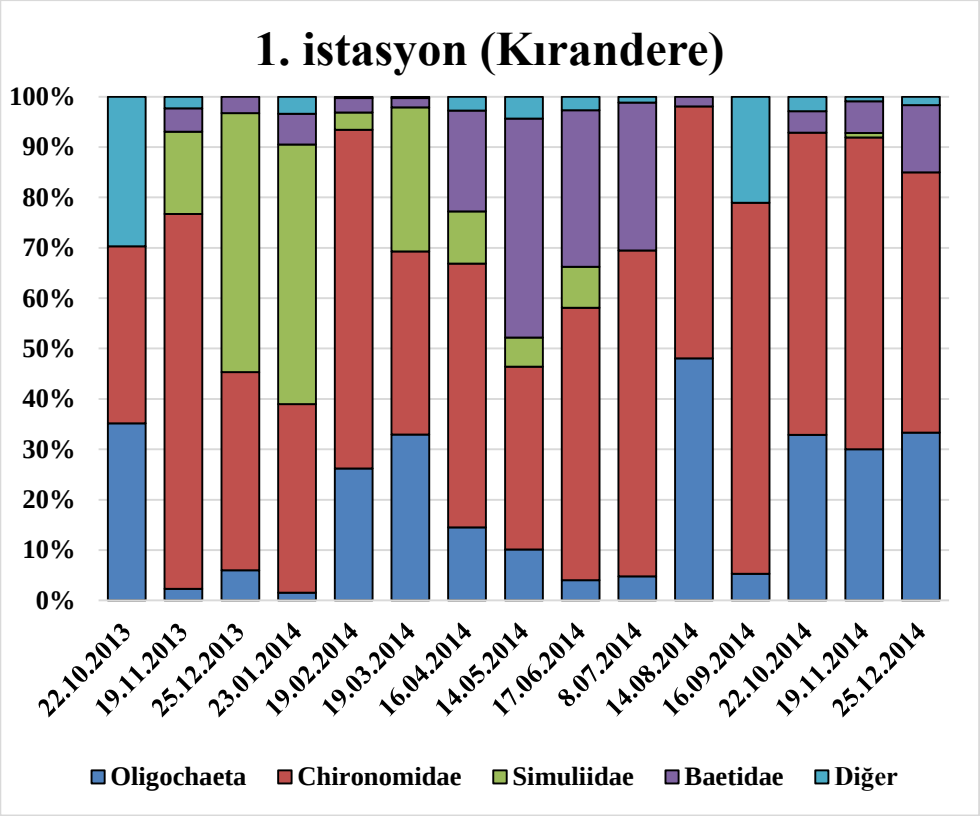


Şekil 4.17. Bentik makro omurgasızlara ait toplam organizma sayılarının zamansal ve mekânsal değişimi



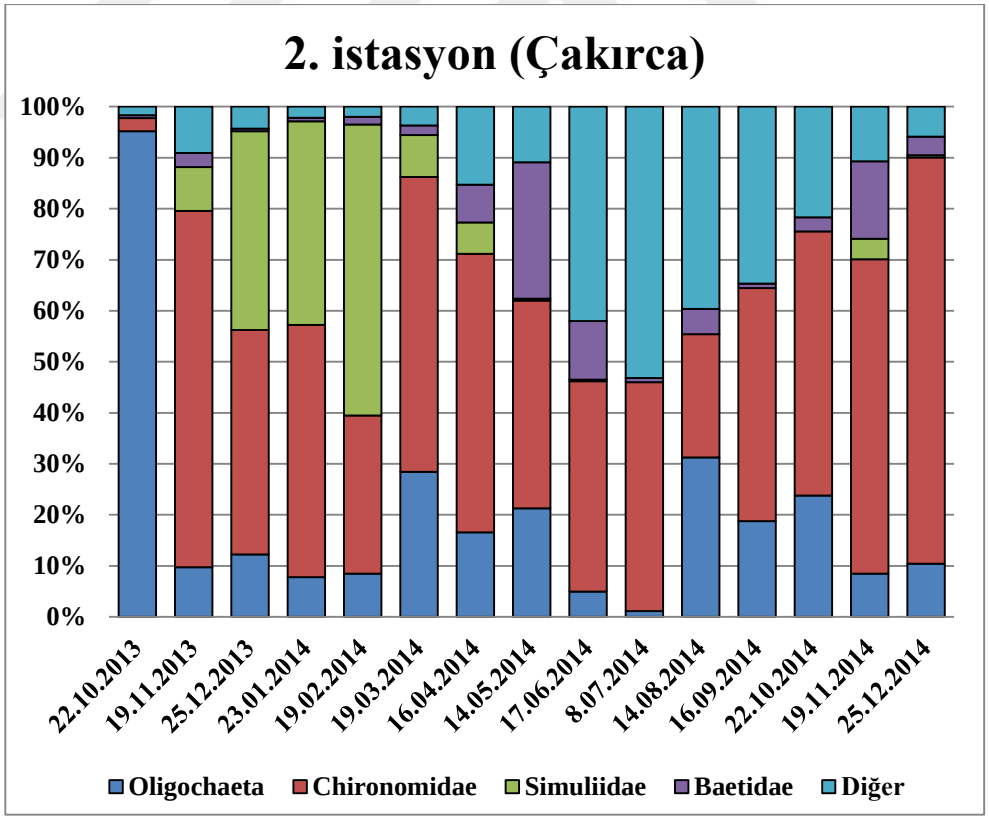
Şekil 4.18. Bentik makro omurgasızlara ait toplam organizma sayılarının kutu grafikleri

Kırandere istasyonunda saptanmış olan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzdeleri Şekil 4.19'da verilmiştir. Oligochaeta sınıfının Kırandere istasyonundaki en yüksek değeri Mart 2014'te metre karede 789 organizma olarak bulunmuştur. Oligochaeta bu istasyonda en düşük Eylül 2014 tarihindedir ve metre karede 4 organizma bulunmuştur. Chironomidae familyasının en yüksek çıktığı tarih Şubat 2014'tür ve metre karede 1 081 organizma bulunurken en düşük çıktığı tarih ise Eylül 2014'tür ve 59 organizma teşhis edilmiştir. Simuliidae familyasının metre karedeki 685 organizma bulunmuştur ve en yüksek çıktığı tarih Mart 2014'tür.Bu istasyonun en düşük çıktığı tarih Kasım 2014'tür ve metre karede 9 organizma tespit edilmiştir. Baetidae familyasının en düşük çıktığı tarih Ağustos 2014'tür ve metre karede 4 organizma olduğu görülmüştür. En yüksek çıktığı tarih ise Temmuz 2014'tür ve metre karede 467 organizma bulunmuştur. Diğer grupların en yüksek belirlendiği tarih Ekim 2013'dür ve metre karede 114 organizma, en düşük belirlendiği tarih Şubat 2014'tür ve metre karede 4 organizma belirlenmiştir.



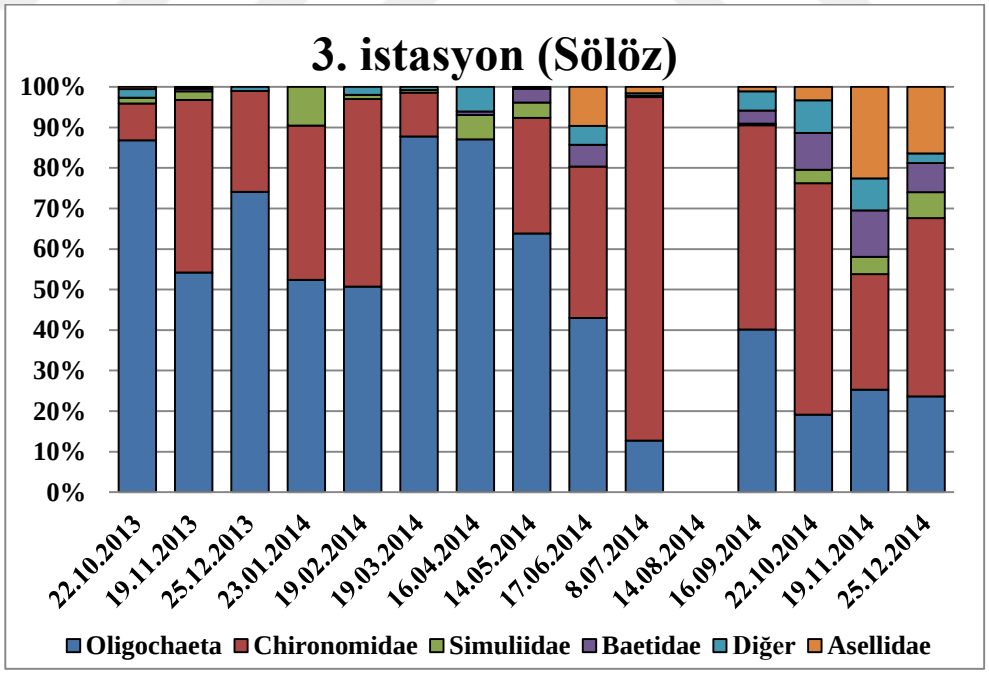
Şekil 4.19. 1. İstasyonda saptanmış olan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzde oranları

Çakırca istasyonunda teşhis edilmiş olan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzdeleri Şekil 4.20'de verilmiştir. Oligochaeta sınıfının en yüksek çıktığı tarih Ekim 2013'tür ve metre karede 2 617 organizma teşhis edilmişken, en düşük çıktığı tarih ise Temmuz 2014'tür ve metre karede 34 organizmanın teşhisi yapılmıştır. Chironomidae familyasının en yüksek çıktığı tarih Mart 2014'tür ve metre karede 2 797 organizma bulunmuştur. En düşük çıktığı tarihse Ekim 2013'dür ve metre karede 71 organizma bulunmuştur. Simuliidae familyasının en yüksek değeri metre karede 3 158 organizmadır ve Şubat 2014 tarihinde bulurken, en düşük çıktığı tarihler Haziran 2014 ve Aralık 2014'tür ve metre karede 3 organizma bulunmuştur. Baetidae familyasının en yüksek çıktığı tarih Mayıs 2014'tür ve metre karede 464 organizma teşhis edilirken, en düşük çıktığı tarih ise Eylül 2014'tür ve metre karede 9 organizma bulunmuştur. Diğer canlıların en yüksek çıktığı tarih Temmuz 2014'dür ve metre karede 1 624 organizma bulunmuştur, en düşük çıktığı tarihse Aralık 2014'tür ve metre karede 41 organizmanın teşhisi yapılmıştır.



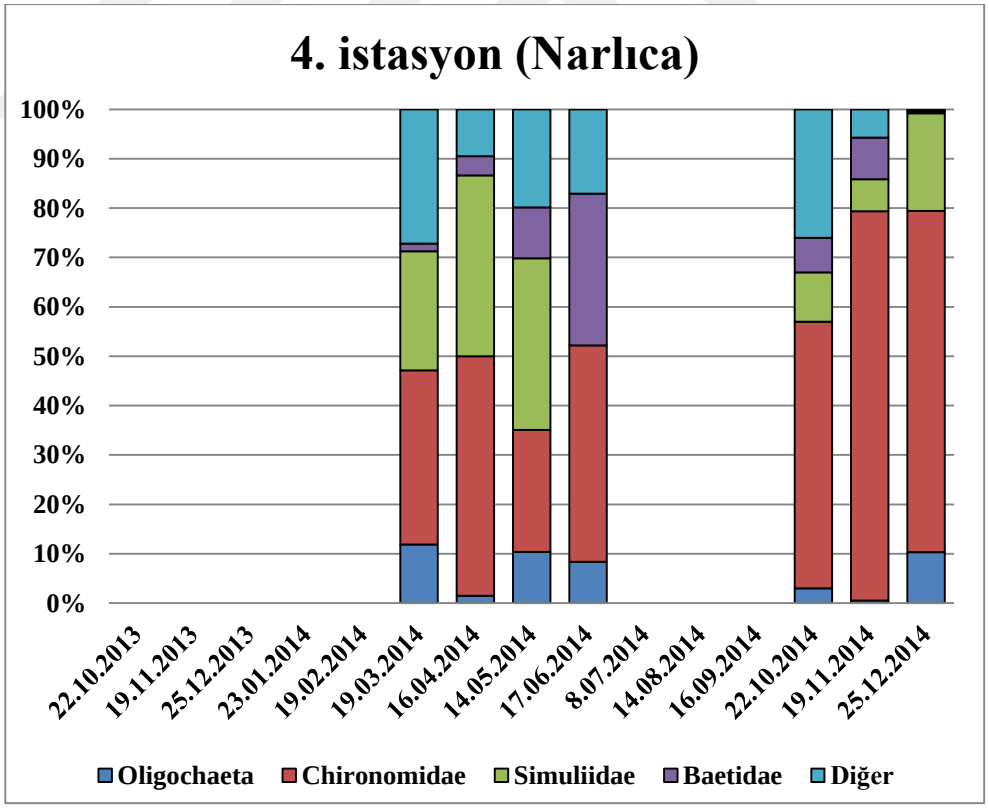
Şekil 4.20. 2. İstasyonda saptanmış olan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzde oranları

Sölöz istasyonunda tespit edilen bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzdeleri Şekil 4.21'de verilmiştir. Oligochaeta sınıfının metre karedeki en yüksek çıktığı organizma sayısı 1 782'dir ve Mart 2014 tarihinde tespit edilmiş, en düşük çıktığı tarih ise Ocak 2014'tür ve metre karede 35 organizma tespit edilmiştir. Chironomidae familyasının en yüksek çıktığı tarih Ekim 2014'tür ve metre karede 2 849 organizma bulunmuştur, en düşük çıktığı tarih ise Ocak 2014'tür ve metre karede 25 organizmanın teşhisi yapılmıştır. Simuliidae familyasının en yüksek çıktığı tarih Ekim 2014 ve Kasım 2014'tür ve metre karede 167 organizma bulurken, en düşük çıktığı tarih Ocak 2014'tür ve metre karede 6 organizma bulunmuştur. Baetidae familyasının en yüksek çıktığı tarih Ekim 2014'tür ve metre karede 451 organizma teşhis edilirken, en düşük çıktığı tarih ise Mart 2014'tür ve metre karede 3 organizmanın teşhisi yapılmıştır. Diğer canlıların en yüksek çıktığı tarih Ekim 2014'tür ve metre karede 404 organizma bulunurken, en düşük çıktığı tarih ise Mayıs 2014'tür ve metre karede 3 organizma bulunmuştur. Bu çalışmada Asellidae familyası ilk olarak Sölöz istasyonunda bulunmuştur. En yüksek çıktığı tarih Kasım 2014'tür ve metre karede 883 organizma bulunurken en düşük çıktığı tarih Ekim 2013'te sadece metre karede 9 organizma tespit edilmiştir.



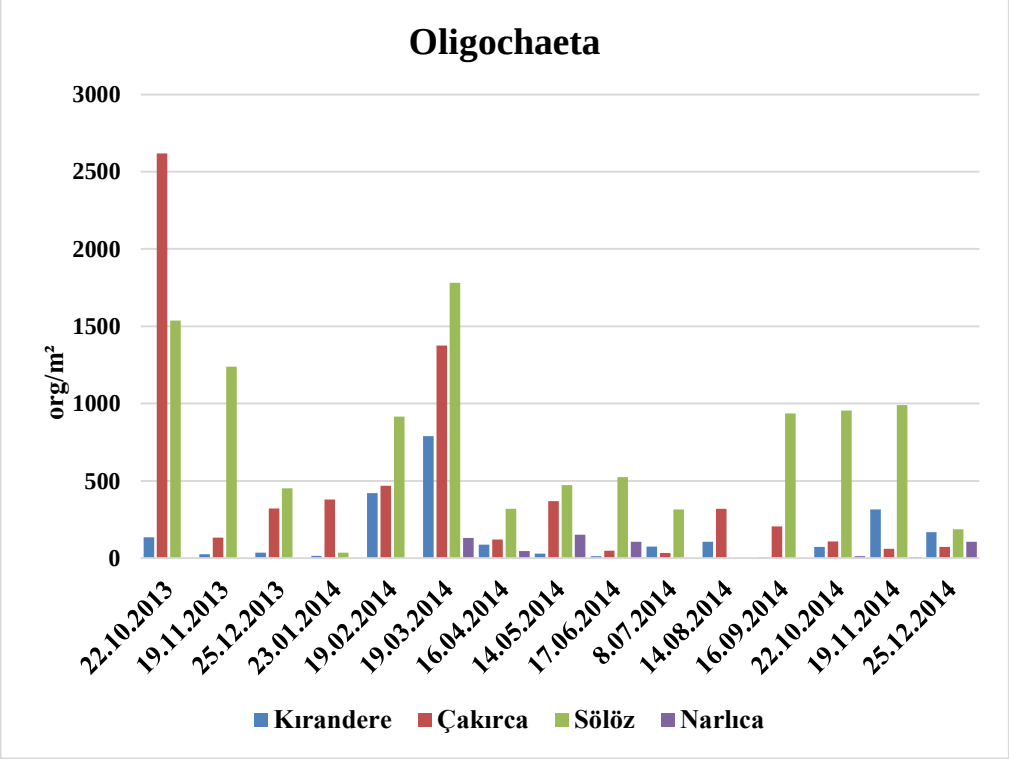
Şekil 4.21. 3. İstasyonda saptanmış olan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzde oranları

Narlıca istasyonunda teşhisi yapılan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzdeleri Şekil 4.22.'de verilmiştir. Oligochaeta sınıfının en yüksek çıktığı tarih Mayıs 2014'tür ve metre karede 151 organizma bulunurken, en düşük çıktığı tarih ise Kasım 2014'tür ve metre karede 6 organizma bulunmuştur. Chironomidae familyasının en yüksek çıktığı tarih Nisan 2014'tür ve metre karede 1 527 organizmanın teşhisi yapılmış, en düşük çıktığı tarih ise Kasım 2014'tür ve metre karede 227 organizmanın teşhisi yapılmıştır. Simuliidae familyasının en yüksek çıktığı tarih Nisan 2014'tür ve metre karede 1 153 organizma tespit edilirken, en düşük çıktığı tarih Kasım 2014'tür ve metre karede 42 organizma tespit edilmiştir. Baetidae familyasının en yüksek çıktığı tarih Haziran 2014'tür ve metre karede 387 organizma bulunmuştur, en düşük çıktığı tarih ise Aralık 2014'tür ve metre karede 4 organizma bulunmuştur. Diğer canlıların en yüksek çıktığı tarih Mart 2014 ve Nisan 2014'tür ve metre karede 299 organizmanın teşhisi yapılmış, en düşük çıktığı tarih Aralık 2014'tür ve metre karede 4 organizma teşhisi yapılmıştır.



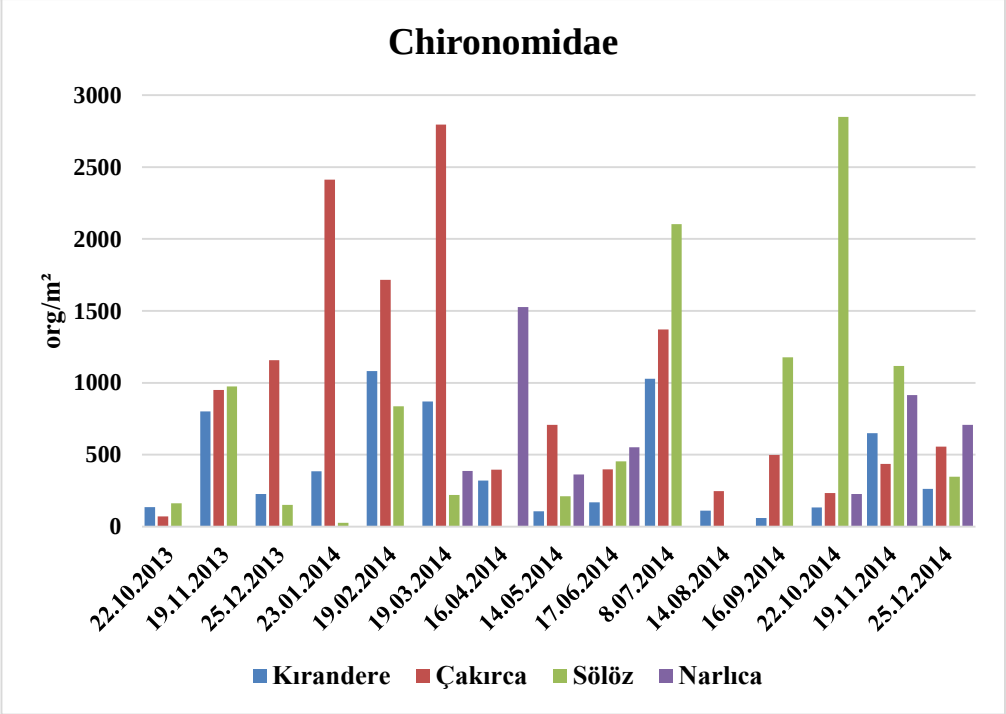
Şekil 4.22. 4 İstasyonda saptanmış olan bentik makro omurgasızların toplam fauna içindeki yüzde oranları

Oligochaeta sınıfının metre karedeki toplam organizma sayısının zamansal ve mekânsal değişimi Şekil 4.23'de verilmiştir. Kırandere'nın en yüksek Oligochaeta değeri Mart 2014 tarihinde 789 org/m² olarak tespit edilmiştir. Bu istasyonda Oligochaeta'nın toplam organizma sayısı içindeki en yüksek nispi bolluğu yaklaşık % 48'dir ve Ağustos 2014'te metre karede 105 organizma olarak tespit edilmiştir. Oligochaeta sınıfının Ekim 2014'te en yüksek organizma sayısı 2 617 org/m² ile Çakırca Deresi'nde teşhisi yapılmış olup, nispi bolluğu ise % 95 olarak hesaplanmıştır. Sölöz istasyonunun ise en yüksek değeri 1 782 org/m² iken nispi bolluğun % 88 olduğu Mart 2014 tarihinde hesaplanmıştır. Narlıca Deresi'nin en yüksek Oligochaeta değeri Mayıs 2014 tarihinde 151 org/m² olduğu bulunmuştur. Narlıca istasyonunun Oligochaeta sınıfının toplam organizma sayısı içinde en yüksek nispi bolluğu yaklaşık % 12 olurken metre karedeki organizma sayısı Mart 2014 tarihinde 130 org/m² olarak tespit edilmiştir.



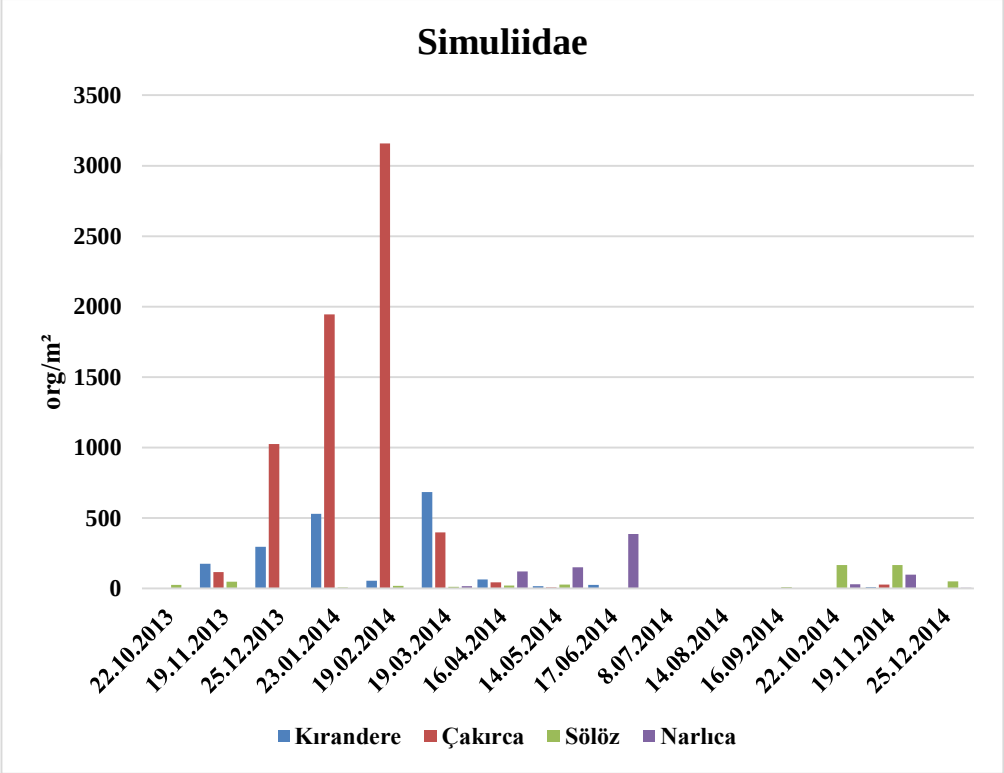
Şekil 4.23. Oligochaeta sınıfının zamansal ve mekânsal değişimi

Chironomidae familyasının metre karedeki toplam organizma sayılarının zamansal ve mekânsal değişimi Şekil 4.24'te gösterilmiştir. Kırandere'nin en yüksek Chironomidae değeri Şubat 2014 tarihinde 1 081 org/m² olarak teşhis edilmiştir. Bu istasyonda Chironomidae familyasının toplam organizma sayısı içindeki en yüksek nispi bolluğu yaklaşık % 74'dür ve Kasım 2013'te metre karede 800 organizma olarak tespiti yapılmıştır. Çakırca Deresi'nde Chironomidae familyasının Mart 2014'te en yüksek organizma sayısı 2 797 org/m²'dir.Bu istasyonun en yüksek nispi bolluk değeri Aralık 2014 tarihinde metre karede 555 organizma ile % 80 olarak hesaplanmıştır. Chironomidae familyasının istasyonlar arasında en yüksek organizma sayısı Sölöz Deresi'nde teşhis edilmiştir. Bu değer Kasım 2014'te 2 849 org/m² olarak tespit edilmiştir. Sölöz'ün nispi bolluğunun yüksek olduğu tarih Temmuz 2014'dür, metre karede 2 103 organizma teşhis edilmiş ve nispi bolluk değerinin % 85 olduğu hesaplanmıştır. Narlıca Deresi'nin en yüksek Chironomidae değeri Nisan 2014 tarihinde 1 527 org/m² olduğu bulunmuştur. Narlıca istasyonunun Chironomidae familyasının toplam organizma sayısı içinde en yüksek nispi bolluğu yaklaşık % 79 olurken metre karedeki organizma sayısı Kasım 2014 tarihinde 915 org/m² olarak teşhis edilmiştir.



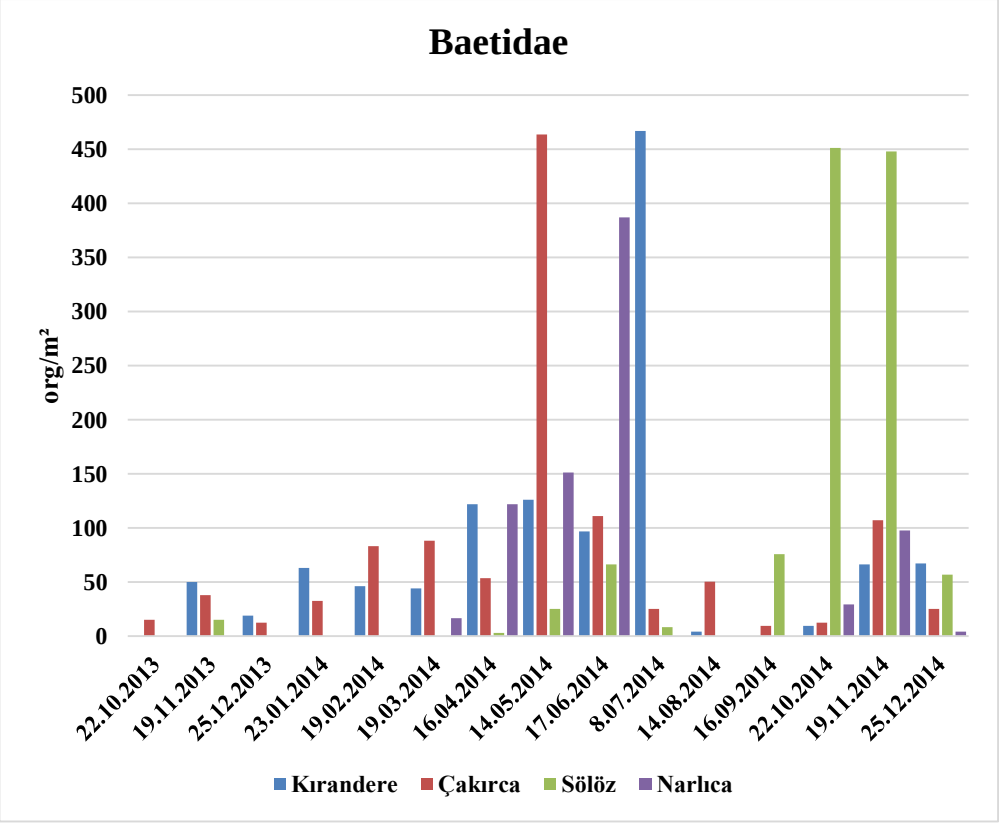
Şekil 4.24. Chironomidae familyasının zamansal ve mekânsal değişimi

Simuliidae familyasının metre karedeki toplam organizma sayılarının zamansal ve mekânsal değişimi Şekil 4.25'te gösterilmiştir. Kırandere'nin en yüksek Simuliidae familyası değeri Mart 2014 tarihinde 685 org/m² olarak bulunmuştur. Bu istasyonda Simuliidae'nın toplam organizma sayısı içindeki en yüksek nispi bolluğu yaklaşık % 51 ile Kasım 2013'te metre karede 800 organizma olarak teşhisi yapılmıştır. Çakırca Deresi'nde Simuliidae familyasının diğer istasyonlara göre en yüksek organizma sayısı teşhis edilmiştir. Şubat 2014'te en yüksek organizma sayısı 3 158 org/m²'dir nispi bolluk değeriyse % 57 olarak hesaplanmıştır. Sölöz istasyonunda metre karedeki toplam organizma Ekim 2014 ile Kasım 2014'te 167 org/m² olarak bulunmuştur. Sölöz'ün nispi bolluğunun yüksek olduğu tarih Ocak 2014'dür. Bu istasyonda metre karede 6 organizma teşhis edilmiş ve nispi bolluk değeri % 9,5 olduğu hesaplanmıştır. Narlıca Deresi'nin en yüksek Simuliidae değerinin Nisan 2014 tarihinde 1 153 org/m² olduğu bulunmuş ve nispi bolluğuysa % 37 olarak hesaplanmıştır.



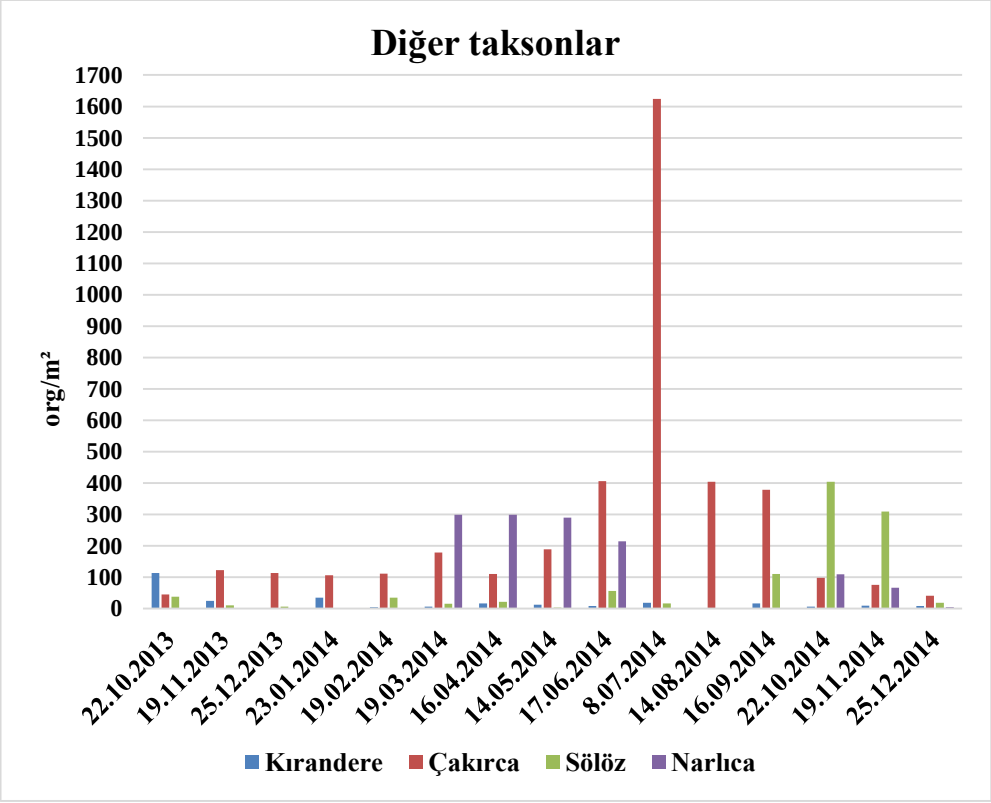
Şekil 4.25. Simuliidae familyasının zamansal ve mekânsal değişimi

Baetidae familyasının metre karedeki toplam organizma sayılarının zamansal ve mekânsal değişimi Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Baetidae familyasının metre karedeki en yüksek toplam organizma sayısı Kırandere istasyonunda teşhis edilmiştir. Temmuz 2014 tarihinde 467 org/m² olarak bulunmuştur. Bu istasyonda Baetidae'nın toplam organizma sayısı içindeki en yüksek nispi bolluğu yaklaşık % 43 ile Mayıs 2014'te metre karede 126 organizma olarak bulunmuştur. Çakırca Deresi'nde Baetidae familyasının en yüksek görüldüğü tarih Şubat 2014'tür ve metre karede 464 organizma bulunmuş ve nispi bolluk değeriyse % 27 olarak hesaplanmıştır. Sölöz istasyonunda metre karedeki toplam organizma Ekim 2014'te, 451 org/m² olarak bulunmuştur. Sölöz'de Baetidae familyasının nispi bolluğunun en yüksek olduğu tarih Kasım 2014'dür. Bu istasyonda metre karede 448 organizma teşhis edilmiş ve nispi bolluk değeri yaklaşık % 11 olarak hesaplanmıştır. Narlıca Deresi'nin en yüksek Baetidae değeri Haziran 2014 tarihinde 387 org/m² olduğu bulunmuş ve nispi bolluğuysa yaklaşık % 31 olarak hesaplanmıştır.



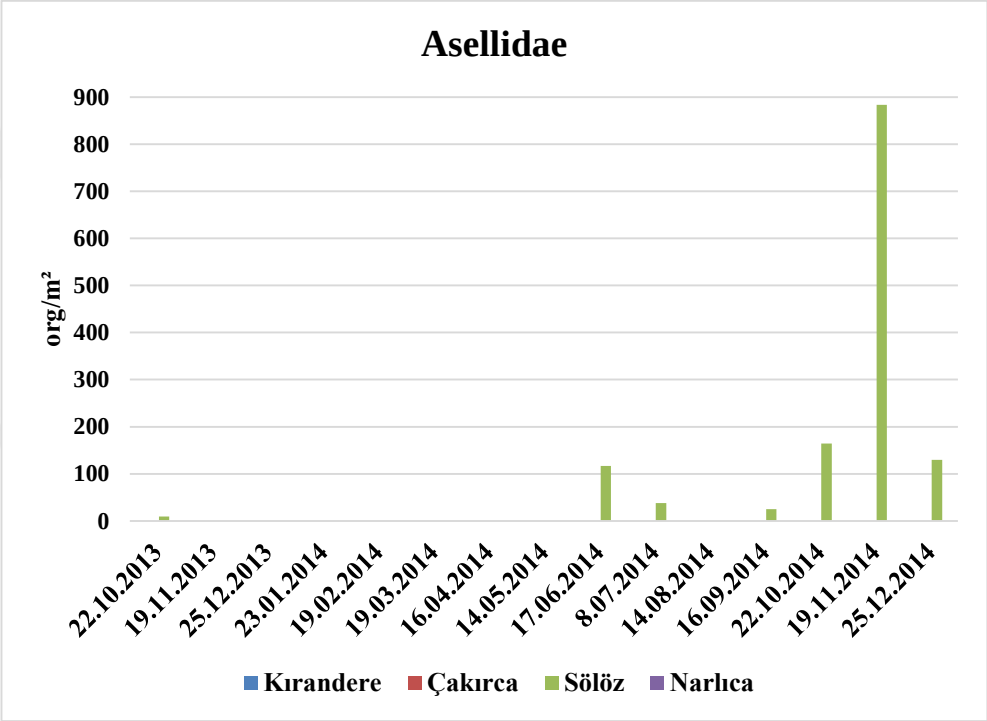
Şekil 4.26. Baetidae familyasının zamansal ve mekânsal değişimi

Diğer taksonların metre karedeki toplam organizma sayılarının zamansal ve mekânsal değişimi Şekil 4.27'de gösterilmiştir. Kırandere istasyonunda diğer taksonların metre karede en yüksek organizma sayısı 114 olarak Kasım 2013 tarihinde tespit edilmiştir ve nispi bolluğuysa yaklaşık % 30 olarak hesaplanmıştır. Çakırca'nın diğer istasyonlara göre en yüksek metre karedeki organizma sayısı Temmuz 2014 tarihinde 1 624 org/m² olarak teşhis edilmiştir. Nispi bolluğu ise %53 olarak hesaplanmıştır. Bu organizma grupları arasında Nematomorpha, Erpobdellidae, Limnaeidae, Physidae, Planorbidae, Caenidae, Hydropsycidae, Hydroptilidae ve Tipulidae familyaları vardır. Sölöz istasyonun en yüksek toplam organizma sayısı 404 org/m² olarak Ekim 2014 tarihinde tespit edilmiştir. Nispi bolluğu % 8 olarak hesaplanmıştır. Narlıca'nın metre karedeki toplam organizma sayısının en yüksek çıktığı tarihler Mart 2014 ve Nisan 2014'dür. Bu tarihlerde organizma sayısı 299 org/m² olarak tespit edilmiştir. Bu derenin en yüksek nispi bolluk değeri Mart 2014 tarihinde % 27 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.27. Diğer taksonların zamansal ve mekânsal değişimi

Asellidae familyasının metre karedeki toplam organizma sayılarının zamansal ve mekânsal değişimi Şekil 4.28'de gösterilmiştir. Asellidae familyası Kırandere, Çakırca ve Narlıca Deresi'nde teşhis edilememiştir. Sölöz Deresi'nde ise sadece Ekim 2013, Haziran 2014, Temmuz 2014, Eylül 2014, Ekim 2014, Kasım 2014, Aralık 2014 tarihlerinde bulunmuştur. Sölöz Deresi'nde en yüksek teşhis edildiği tarih Kasım 2014'tür ve metre karede 883 organizma bulunmuştur. Nispi bolluk değeri yaklaşık % 22 olarak hesaplanmıştır. En düşük teşhis edildiği tarih olan Ekim 2013'te metre karedeki organizma sayısı 9 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.28. Asellidae familyasının zamansal ve mekânsal değişimi

4.3. Bentik Makro Omurgasızların Kullanıldığı İndeks Sonuçları

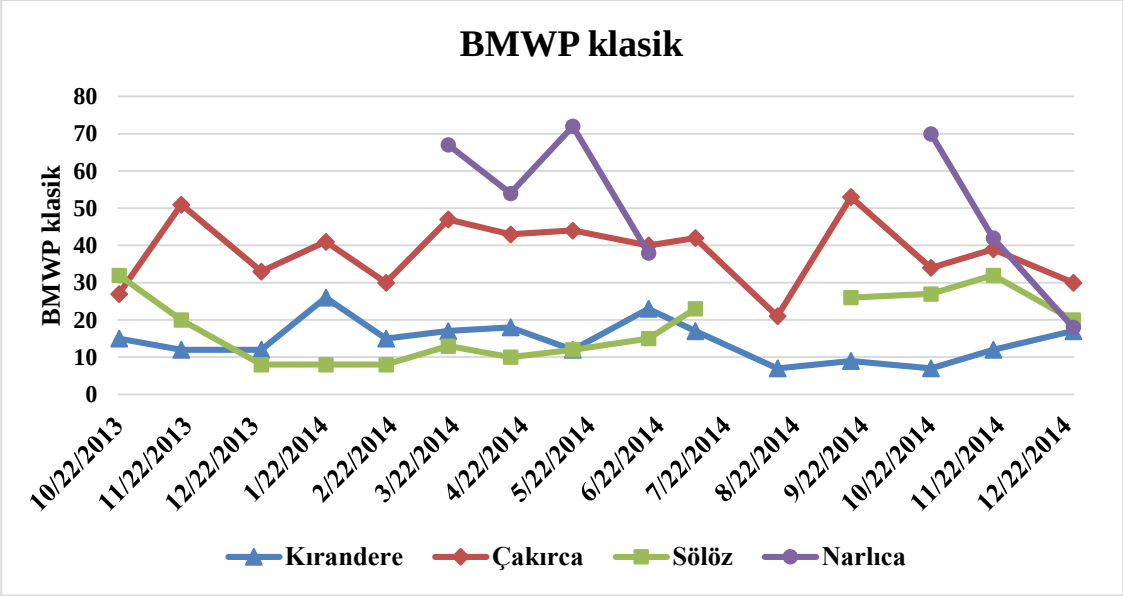
İznik Gölü'ne akan dört derede su kalitesini belirlemek için BMWP değerleri 2 farklı versiyona göre hesaplanmıştır. Aynı zamanda toplam familya sayısı da takson zenginliği metriği olarak kullanılmıştır. Metrik değerlerinin minimum, maksimum, ortalama ve standart hata değerleri ise Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. İznik Gölü'ne akan derelerin BMWP klasik versiyonu, BMWP İspanyol versiyonu ve toplam familya sayısı ile su kalite sınıflarını tespit etme

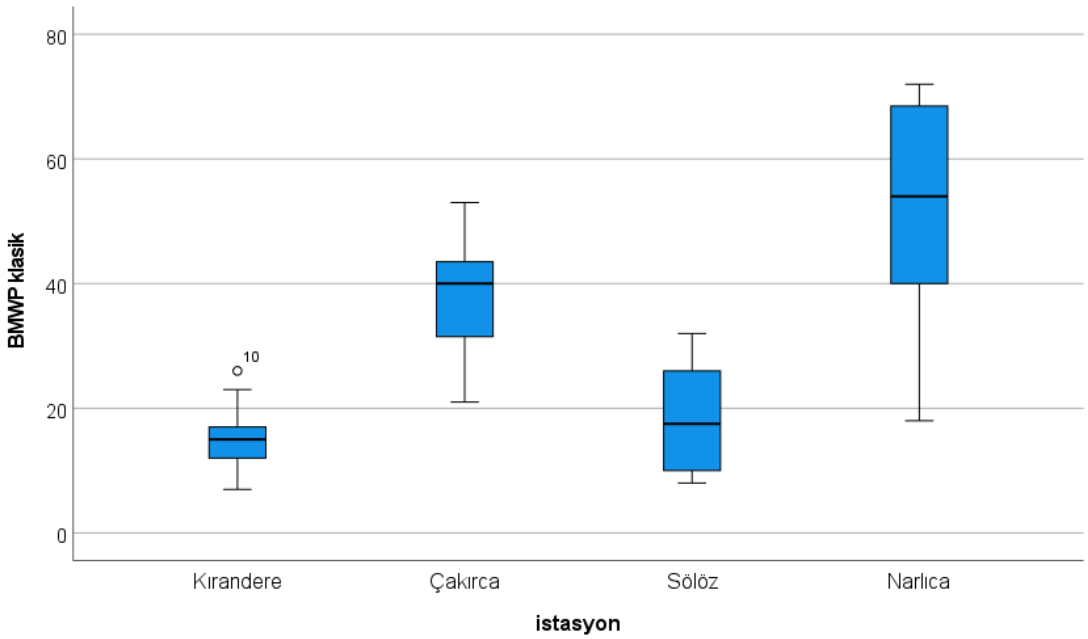
								Su Kalite Sınıfları		
	birim	**İstasyon**	***n***	**Min**	**Maks**	**Ort**	**±SH**	**min**	**maks**	**ort**
BMWP klasik		Kırandere	15	7	26	14,60	1,386	III	II	III
		Çakırca	15	21	53	38,33	2,333	II	1B	II
		Sölöz	14	8	32	18,14	2,348	III	II	III
		Narlıca	7	18	72	51,57	7,565	III	1A	1B
		Toplam	51	7	72	27,63	2,384	III	1A	II
BMWP İspanyol		Kırandere	15	7	30	16,07	1,623	V	IV	IV
		Çakırca	15	27	56	39,47	2,214	IV	III	III
		Sölöz	14	8	37	20,86	2,367	V	III	IV
		Narlıca	7	18	86	62,43	8,799	IV	II	II
		Toplam	51	7	86	30,63	2,702	V	II	IV
Toplam Familya Sayısı		Kırandere	15	3	9	5,40	0,363			
		Çakırca	15	8	17	12,07	0,597			
		Sölöz	14	3	11	6,86	0,694			
		Narlıca	7	5	16	12,29	1,409			
		Toplam	51	3	17	8,71	0,540			

BMWP klasik versiyonunda; Kırandere'de skor değerleri 7 ile 26 arasında değişim göstermiş, su kalitesi ise sırasıyla II. ve II. sınıf olarak belirlenmiştir. Kırandere'nin ortalama skor değeri 14,60 olarak bulunmuştur. Bu ortalama değere göre Kırandere'nin su kalitesi III. sınıf olarak bulunmuştur. Çakırca Deresi'nde skor değerleri 21 ile 53 arasında değişim göstermiş, su kalitesi ise sırasıyla II. ve IB. sınıf olarak bulunmuştur. Çakırca Deresi'nin ortalama skor değeri 38,33 olarak bulunmuştur ve su kalitesi II. sınıftır. Sölöz istasyonunda skor değerleri 8-32 arasında değişim göstermiş, su kalitesi sırasıyla III. ve II. sınıf olarak belirlenmiştir. Sölöz Deresi'nin ortalama skor değeri 18,14 olarak bulunurken su kalitesi III. sınıfa karşılık gelmektedir. Narlıca Deresi'nde skor değerleri 18-72 arasında değişim göstermiş, su kalitesi ise sırasıyla III. ve IA. sınıf olarak belirlenmiştir. Bu istasyonun ortalama skor değeri 51,57 iken kalitesi IA. sınıf olarak tespit edilmiştir.

BMWP klasik versiyonu (Hellawell, 1978) skor değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimleri Şekil 4.29 ve 4.30'da verilmiştir. Tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre BMWP k değerlerinin istasyonlara göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir (*F*:30,160, *p*:0,000, *sd*:3) (Şekil 4.30). Duncan post-hoc testine göre Kırandere ve Sölöz bir grup oluştururken, Çakırca ve Narlıca dereleri başka bir grubu oluşturmuştur. (Şekil 4.30).



Şekil 4.29. BMWP klasik versiyonu değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi

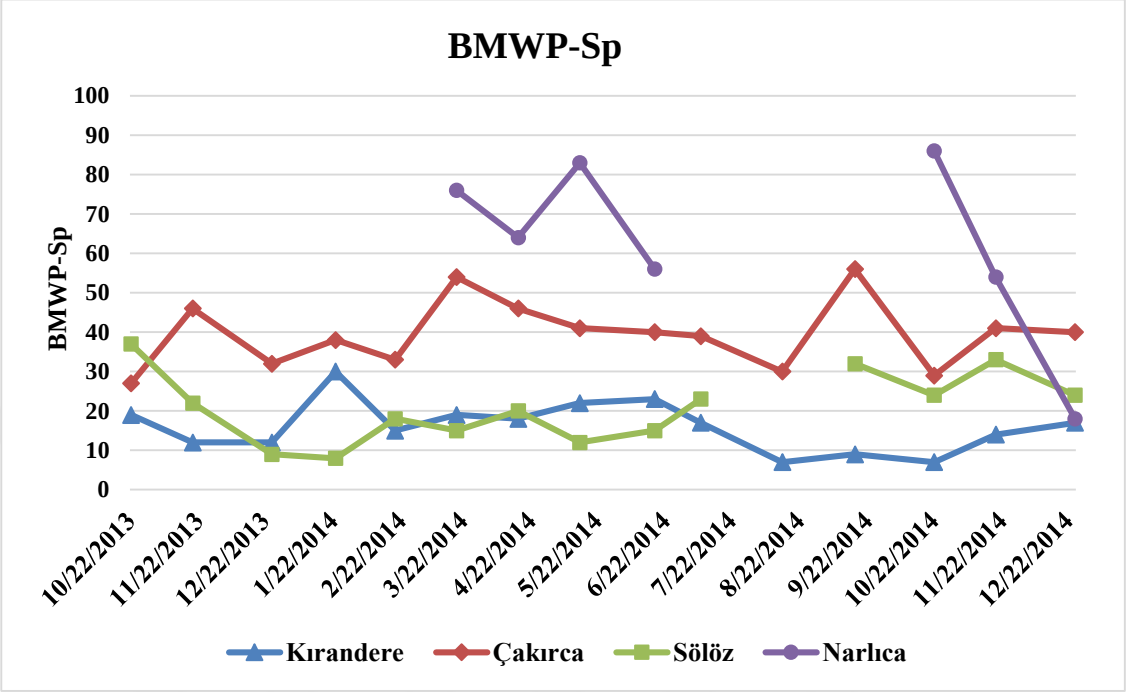


Şekil 4.30. BMWP klasik versiyonunun çalışma dönemi boyunca aylık skor değerlerinin kutu grafiği

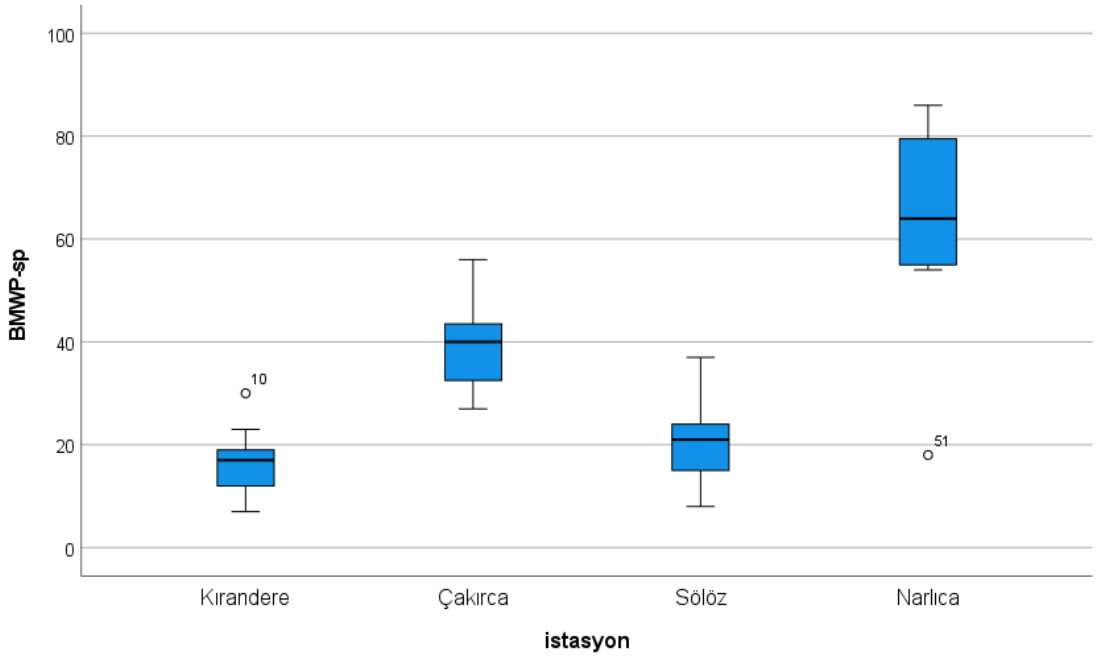
BMWP klasik versiyonuna göre BMWP İspanyol versiyonu daha fazla takson içerir ve su kalite sınıf aralıklarıysa değişiklik göstermektedir. Kırandere'de skor değerleri 7-30 arasında değişim göstermiş, su kalitesi ise sırasıyla V. ve IV. sınıf olarak belirlenmiştir. Ortalama skor değeri 16,07 olarak bulunmuştur. Ortalama değere göre su kalitesi IV. sınıf olarak tespit edilmiştir. Çakırca istasyonunun skor değerleri 27 ile 56 arasında değişim göstermiş, su kalitesi IV. ve III. sınıf olarak bulunmuştur. Ortalama skor değeri ise 39,47 olan istasyonun su kalitesi III. sınıftır. Sölöz Deresi'nde skor değerleri 8-37 arasında değişim göstermiş, su kalitesi sırasıyla V. ve III. sınıf olarak belirlenmiştir. Ortalama skor değeri ise 20,86 olarak bulunurken su kalitesi IV. sınıfa karşılık gelmektedir. Narlıca Deresi'nde skor değerleri 18 ile 86 arasında değişim göstermiştir. Bu değerlere göre su kalitesi IV. Ve II. sınıf olarak belirlenmiştir. Ortalama skor değeriyse 62,43 bulunurken, su kalitesi II. sınıftır.

BMWP İspanyol versiyonu Alba-Tercedor ve Sánchez-Ortega (1988) tarafından geliştirilmiştir ve skor değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimleri Şekil 4.31 ve 4.32'de verilmiştir. Tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre BMWP Sp değerleri istasyonlara göre anlamlı farklılık tespit edilmiştir (F:34,169, p:0,000, sd:3) (Şekil 4.32).

Duncan post-hoc testi sonuçları BMWP k sonuçlarıyla aynı çıkmış, Kırandere ve Sölöz bir grup, Çakırca ve Narlıca dereleri başka bir grubu oluşturmuştur (Şekil 4.32).



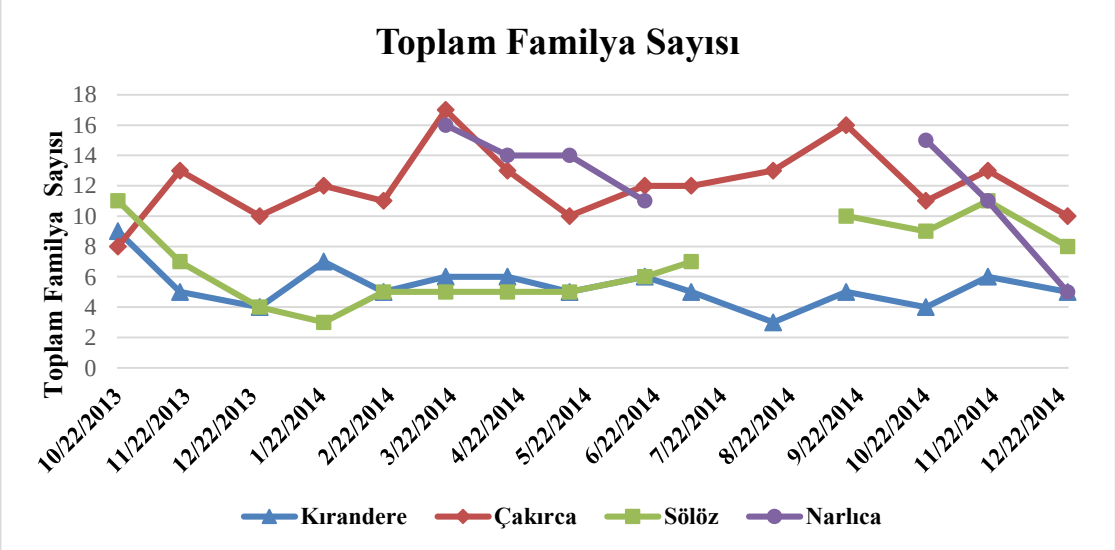
Şekil 4.31. BMWP İspanyol versiyonu değerlerinin zamansal ve mekânsal değişimi



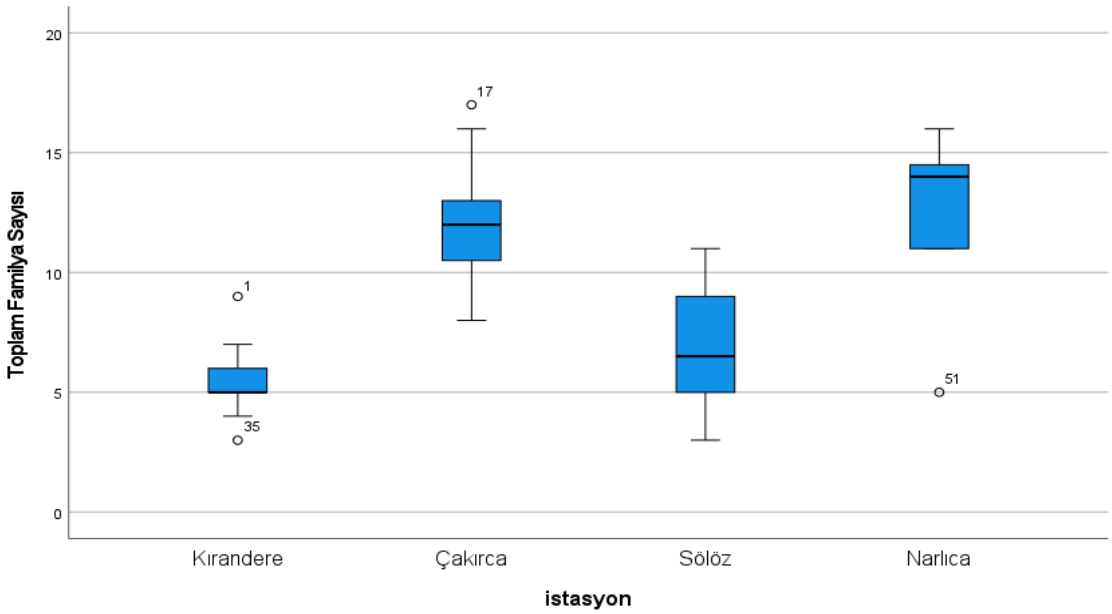
Şekil 4.32. BMWP İspanyol versiyonunun çalışma dönemi boyunca aylık skor değerlerinin kutu grafiği

İstasyonlardan alınan örneklerin incelenmesi ile toplam familya sayısı tespit edilmiştir. Çalışma dönemi boyunca istasyonlardaki aylık toplam familya sayısı 3 ile 17 arasında değişmiştir. Tüm çalışma boyunca tespit edilen toplam familya sayısı ise 54 olmuştur. Kırandere'nin toplam familya sayısı 3 ile 9 arasında değişmiş, ortalaması ise 5,40 olarak bulunmuştur. Çakırca Deresi'nde toplam familya sayısı 8-17 arasında belirlenmiştir. Ortalaması ise 12,07 olarak bulunmuştur. Sölöz Deresi'nde toplam sayısı sayısı 2-11 arasında tespit edilmiştir. Ortalaması ise 6,86 olarak bulunmuştur. Son olarak Narlıca Deresi'nde ise toplam sayısı sayısı 5-16 arasında olduğu tespit edilmiş, ortalama değer ise 12,29 olarak bulunmuştur. Çakırca ve Narlıca'nın toplam familya sayıları yaklaşık 12 olarak tespit edilmiştir. Çakırca ve Narlıca'nın toplam familya sayısı Kırandere ve Sölöz'ün 2 katı çıkmıştır (Çizelge 4.4).

İznik Gölü'ne akan derelerde bulunan bentik makro omurgasızlar ait toplam familya sayısının zamansal ve mekânsal değişimleri Şekil 4.33 ve 4.34'te verilmiştir. Metrik değerlerinin minimum, maksimum, ortalama ve standart hata değerleri ise Çizelge 4.4 verilmiştir. Tek yönlü ANOVA analizi sonuçlarına göre toplam familya sayısı değerlerinde istasyonlara göre anlamlı farklılık tespit edilmiştir (F:26,957, p:0,000, sd:3) (Şekil 4.34). Duncan post-hoc testi sonuçlarına göre iki grup tespit edilmiştir. Kırandere ve Sölöz bir grup oluştururken, Çakırca ve Narlıca dereleri ise başka bir grubu oluşturmuştur (Şekil 4.34).



Şekil 4.33. Toplam familya sayılarının zamansal ve mekânsal değişimi



Şekil 4.34. İstasyonlara göre toplam familya sayılarının kutu grafikleri

Çizelge 4.5. Biyotik indeksler ile çevresel değişkenler arasındaki Spearman Rank korelasyon analizi sonuçları

	BMWP k	BMWP Sp	Top Fam S
BMWP k	1		
BMWP Sp	0,955**	1	
Top Fam S	0,930**	0,936**	1
Eİ	-0,481**	-0,451**	-0,380**
TP	-0,486**	-0,440**	-0,382**
o-PO_4	-0,602**	-0,532**	-0,520**
NO_2 + NO_3	-0,500**	-0,485**	-0,436**
TN	-0,533**	-0,559**	-0,495**

** p<0,05; *p<0,01

Biyotik indeksler ile çevresel değişkenler arasındaki Spearman Rank korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Spearman Rank korelasyon analizinin sonucuna göre, BMWP Klasik (BMWP k); BMWP İspanyol (BMWP Sp) ve toplam familya sayısıyla pozitif korelasyon gösterirken elektriksel iletkenlik, TP, TN, NO_2 + NO_3, o-PO_4 ile negatif korelasyon göstermiştir. BMWP Sp; toplam familya sayısıyla pozitif korelasyon göstermiştir. Ancak elektriksel iletkenlik, TP, TN, NO_2 + NO_3, o-PO_4 ile negatif

korelasyon göstermiştir. Toplam familya sayısı gösterirken elektriksel iletkenlik, TP, TN, NO_2 + NO_3, o-PO_4 ile negatif korelasyon göstermiştir.

4.4. Bentik Makro Omurgasızlar ile Çevresel Değişkenler Arasındaki İlişki

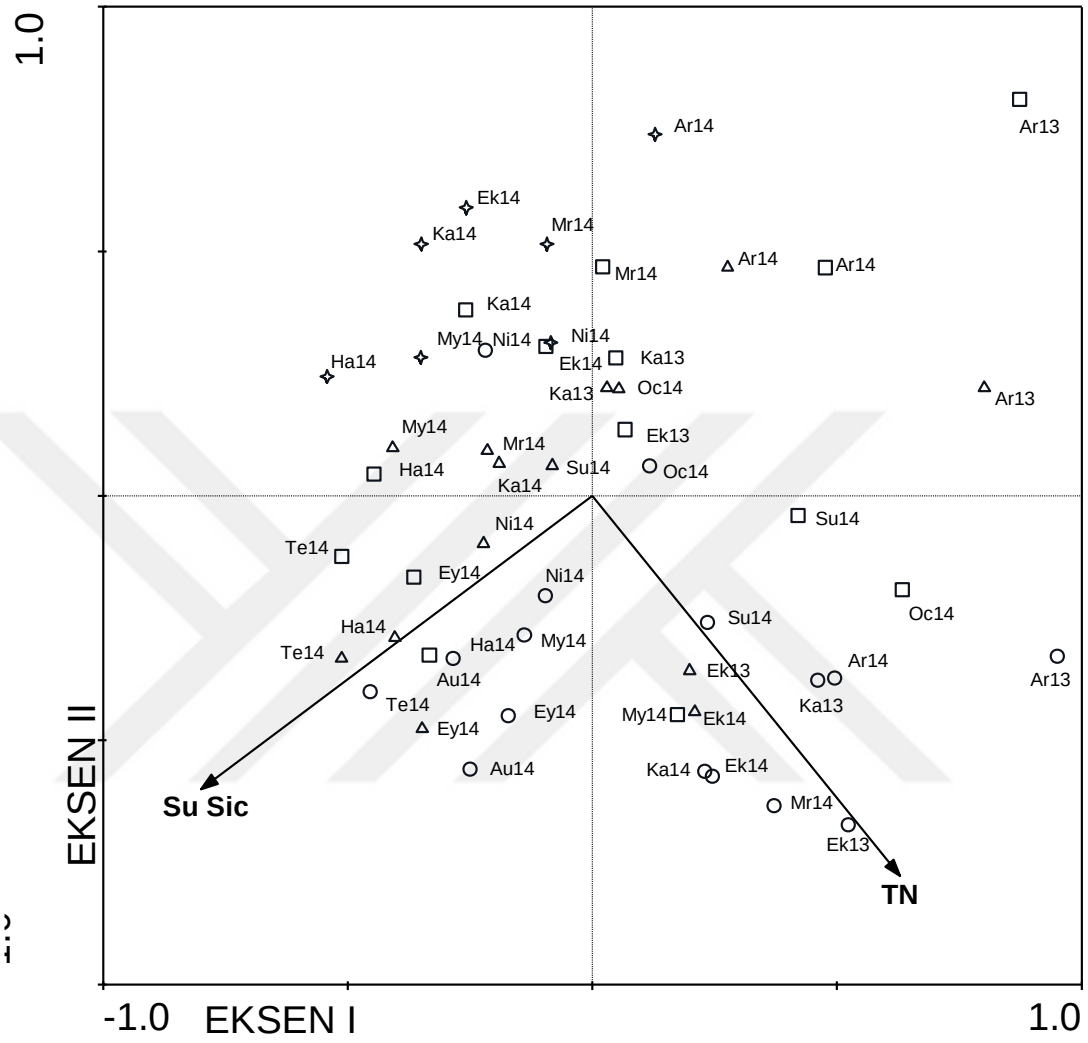
DCA analizi sonucunda gradient uzunluğu ilk eksen için 2,345 belirlenirken, ikinci eksen için ise 1,913 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda ilk eksenin gradient uzunluğu 2'den büyük olduğu için ordinasyon yöntemlerinden unimodal bir yöntem olan CCA analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda toplam inertia 1,732 olarak tespit edilmiştir. CCA analizi 3 ve 3'ün üzerinde tekerrür gösteren 33 takson, 8 çevresel değişken ve 51 örnek için uygulanmıştır. Eklemeli seçim yöntemi sonucunda bentik makro omurgasızlar ile anlamlılık gösteren iki çevresel değişken belirlenmiştir. Bu çevresel değişkenler; su sıcaklığı (*F*:2,49, *p*:0,012) ve TN (*F*:2,28, *p*:0,004) olarak belirlenmiştir. Monte Carlo Permutasyon testi sonucunda ilk (*F*:2,796, *p*:0,002, 499 permutasyon) ve tüm kanonik eksenler (*F*:2,415, *p*:0,002, 499 permutasyon) anlamlı bulunmuştur.

Anlamlı tespit edilen iki çevresel değişken toplam varyansın % 9,12'sini oluşturduğu tespit edilmiştir. İlk üç eksenin özdeğerleri (λ) sırasıyla 0,095, 0,063, 0,276 olarak tespit edilmiştir. Bentik makro omurgasızlar ile çevresel değişkenler arasındaki korelasyon birinci eksen için 0,754, ikinci eksen için ise 0,568 olarak tespit edilmiştir.

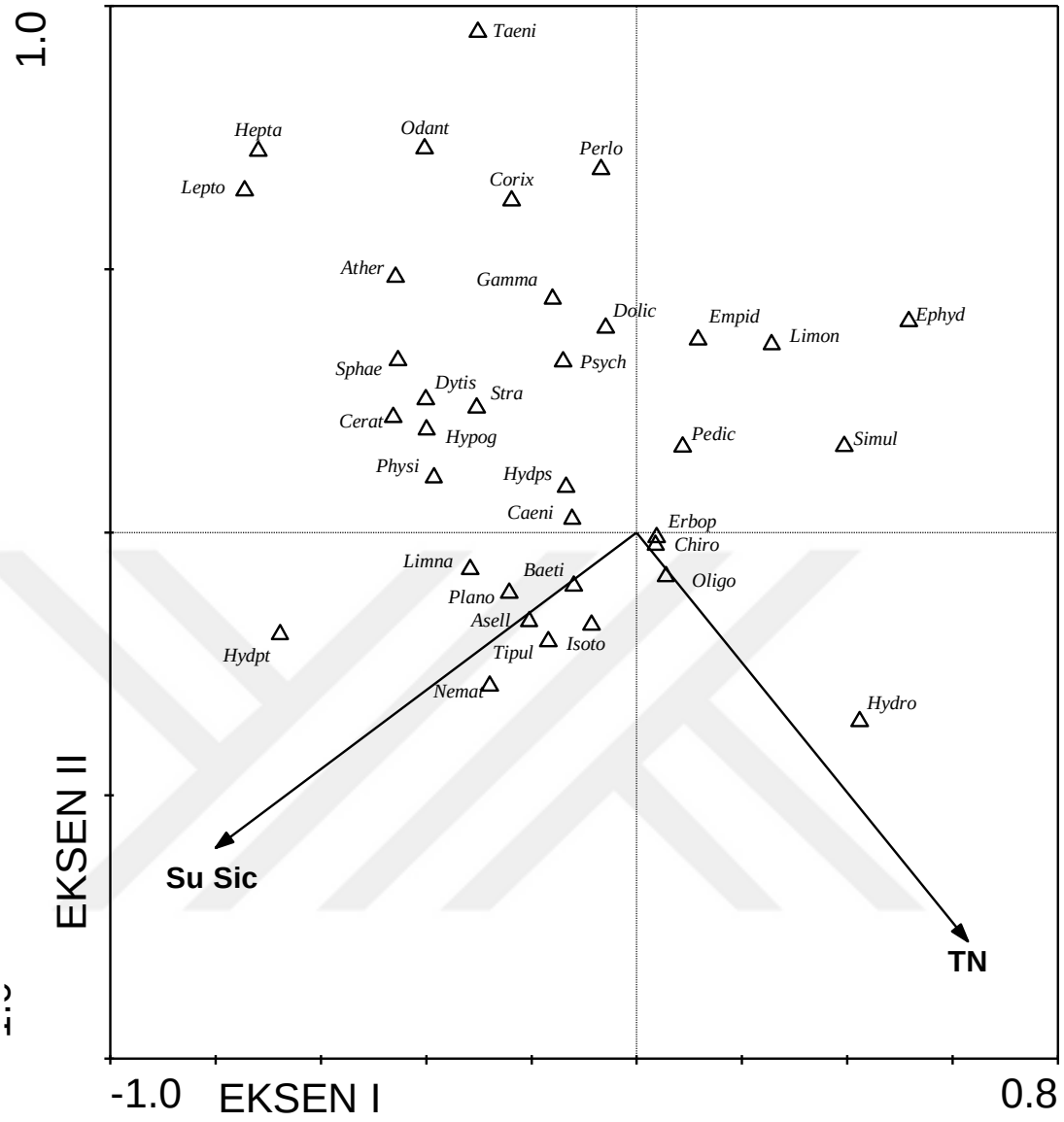
Örnekleme noktaları ile çevresel değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren CCA ordinasyon grafiği Şekil 4.35'te verilmiştir. Bu grafiğe göre su sıcaklığı ile ilişkili olan aylar ordinasyon grafiğinin sol alt kısmında toplanmıştır. TN ile ilişkili olan aylar ise grafiğin sağ alt bölümünde toplanmıştır. En temiz nokta olarak tespit edilen dördüncü örnekleme noktasına ait ayların grafiğin sol üst kısmında toplandığı görülmektedir.

Bentik makro omurgasızlar ile çevresel değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren CCA ordinasyon grafiği Şekil 4.36'da verilmiştir. Bu grafiğe göre ötrofikasyon hassas türlerin grafiğin sol üst bölümünde toplandığı ve TN ile negatif ilişki gösterdiği görülmektedir. Chironomidae ve Oligochaeta gibi kirlilik indikatörü familyalar ise TN ile pozitif ilişki göstermiştir. Su sıcaklığı ile ilişki gösteren bentik omurgasız familyaları ise ordinasyon

ekseninin sol alt bölgesinde toplanmıştır. Bu familyaların kirliliğe toleranslarının orta seviyede olduğu bilinmektedir.



Şekil 4.35. Bentik makro omurgasız taksonlarının zamansal ve mekânsal değişimi ile çevresel değişkenler arasındaki ordinasyon grafiği (Oc: Ocak, Su: Şubat, Mr: Mart, Ni: Nisan, My: Mayıs, Ha: Haziran, Te: Temmuz, Au: Ağustos, Ey: Eylül, Ek: Ekim, Ka: Kasım, Ar: Aralık. Daire: birinci istasyon, Kare: ikinci istasyon, Üçgen: Üçüncü istasyon, Yıldız: dördüncü istasyon)



Şekil 4.36. Bentik makro omurgasız taksonları ile çevresel değişkenler arasındaki ilişki. Taksonların kısaltmaları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

İznik Gölü ülkemizin 5. büyük gölüdür. Aynı zamanda en derin noktasının derinliği 70 metreyi aşmaktadır. Derin bir göl olması nedeniyle trofik seviyesinin oligotrofik karakterde olması beklenirken, son yıllarda yapılan çalışmalar gölün trofik seviyesinin değiştiğini ve mezotrofik karaktere doğru kaydığını göstermektedir. Gölün trofik seviyesinin değişmesi siyanobakteri çoğalmasının yıllara göre gölde artmasına neden olmuştur. Albay vd. (2003), İznik Gölü'nde 1998 yılında yapılan çalışmada gölden alınan örneklerde bir siyanotoksin çeşidi olan mikrosistin tespit edememişlerdir. Ancak son yıllarda toksin üretme potansiyeline sahip siyanobakteriler ve çeşitli siyanotoksin tipleri gölde tespit edilmiştir (Akçaalan vd., 2014; Köker vd, 2017). Akçaalan vd. (2009) İznik Gölü'nde 2005 yılının yaz aylarında yaptıkları çalışmada, siyonobakteri artışı olduğunu belirlemişler ve bu çalışmanın sonucunda gölün mezotrofik karakterde olduğunu tespit etmişlerdir. Yine Akçaalan vd. (2014), İznik Gölü'nde yaptıkları başka çalışmada besin tuzu analizleri sonucunda gölün trofik seviyesinin mezo-ötrofik karakterde olduğunu belirlemişlerdir. Akçaalan-Albay vd. 2013-2014 yılları arasında yaptıkları bir çalışmada ise İznik Gölü'nün trofik seviyesinin mezotrofik olduğunu tespit etmişler ancak önlemler alınmadığı taktirde gölün ötrofik seviyeye geçebileceğini ifade etmişlerdir (Akçaalan Albay vd., 2015). Göldeki bu kirliliğin artış sebepleri arasında gübre ve zirai ilaç kullanıldıktan sonra kalan kalıntıların yağışlarla yüzeysel yıkanmaya maruz kalması ve akışla göle ulaşması gösterilebilir. Ayrıca zeytinliklerin ve diğer tarım arazilerinin ilaçlanmasında kullanılmış olan aletlerin göl sularıyla yıkandıktan sonra bu yıkama sularının göle aktarılması da gölün trofik seviyesinin değişmesine neden olmaktadır (Meşeli, 2010).

İznik Gölü'ndeki trofik seviyenin değişiminin altında birçok sebep yatmaktadır. Bu sebeplerin başında dereler yolu ile göle fosfor ve azot gibi besin tuzlarının taşınmasının en büyük neden olduğu düşünülmektedir. Akçaalan-Albay vd. (2015) İznik Gölü'nü besleyen 6 akarsuyun yıllık ortalama fosfor yükünü 3,5 ton/yıl ve azot yükünü 156 ton/yıl olarak belirlemişlerdir. Yaptığımız bu çalışmada Akçaalan-Albay vd. (2015) çalışmasını destekler niteliktedir. İznik Gölü derelerinin toplam fosfor ve toplam azot sonuçlarına göre gölü besleyen derelerin trofik seviyesi Dodds vd. (1998)'e göre değerlendirildiğinde; toplam azotun ortalama değeri sırasıyla Kırandere istasyonunun 4,001 mg/L ile ötrofik,

Çakırca Deresi'nin 1,721 mg/L ile ötrofik, Sölöz'ün 1,921 mg/L ile ötrofik, Narlıca istasyonunun 0,486 mg/L ile oligotrofik olarak bulunmuştur. Toplam fosforun ortalama değeri ise Kırandere'nin 0,102 mg/L ile ötrofik, Çakırca Deresi'nin 0,045 mg/L ile mezotrofik, Sölöz'ün 0,191 mg/L ile ötrofik, Narlıca Deresi'nin ise 0,018 mg/L ile oligotrofik olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre ise göle en yüksek TN'yi Kırandere taşırken, en yüksek TP'yi Sölöz Deresi taşımaktadır. Göl ve göle akan derelerde tarım arazileri sahipleri tarafından hem tarlaları sulamak için hem de tarlaları ilaçlamak için kullanılan aletlerin yıkanması ile göle fazladan azot ve fosfor girişi olmaktadır. Bu nedenle TN ve TP'nin gün geçtikçe göldeki konsantrasyonu artmaktadır. Bu bulgular İznik Gölü havzasını besleyen derelerin özellikle tarımda kullanılan azotlu ve fosforlu gübreler nedeni ile büyük risk altında olduğunu göstermektedir.

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, (2012)'ye göre istasyonların maksimum toplam azot ve toplam fosfor değerlerine göre su kaliteleri tespit edilmiştir. Toplam azotun ortalama değerleri için su kalite sınıfları istasyonlara göre sırasıyla; Kırandere II. sınıf, Çakırca, Sölöz ve Narlıca derelerinin su kalitesi I. sınıf olarak tespit edilmiştir. TN için su kalite sınıfları Kırandere az kirlenmiş su olarak bulunurken, Çakırca, Sölöz ve Narlıca derelerinin ise yüksek kaliteli su olarak bulunmuştur. Azot; canlı organizmaların bünyesinde, besin maddelerinde ayrıca ölü organizmalarda bulunan bir elementtir. Akarsularda yoğun olarak bulunan azot formları arasında amonyak, nitrat, nitrit ve organik azot bulunmaktadır. Sulardaki toplam azot ise bu dört formun toplamından oluşmaktadır (Hutchinson, 1944). Sucul ortamda bulunan azotlu bileşikler, sularda ötrofikasyon ve oksijen tüketimi gibi çok önemli problemlere yol açan su kirliliğine sebep olmaktadır (Henry vd., 1984). Toplam fosforun ortalama değerlerine göre su kalitesi ise; Kırandere ve Sölöz Deresi için II. sınıf, Çakırca ve Narlıca dereleri için ise su kalitesi I. sınıf olarak bulunmuştur. TP için su kalite sınıfları; Kırandere ve Sölöz Deresi'nde az kirlenmiş su olarak bulunurken, Çakırca ve Narlıca dereleri ise yüksek kaliteli su olarak tespit edilmiştir. Akarsuların verimliliğini fazlasıyla etkileyen ve organizmalar için önemli besin kaynağı olan fosfor, sucul ortamlarda çözünmüş organik-inorganik ve organik parçacıklar şeklinde bulunmaktadır. Sulardaki bu fosfor bileşiklerinin hepsi toplam fosforu oluşturmaktadır (Schwörbel, 1987).

TN ve TP dışında bazı fizikokimyasal analizlerde yapılmış ve bu analizlerle de derelerin su kalitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Bunlar ÇO, Eİ, o-PO_4'tür. Yapılan ölçümlerde derelerin su kalite sınıfları Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2012)'ne göre belirlenmiştir. Çözünmüş oksijenin ortalama değerlerine göre derelerin su kalite sınıfı I. sınıf olduğu tespit edilmiştir. Akarsulardaki ÇO miktarı sucul ortamlarda yaşayan organizmaların yaşam sürelerini sınırlandıran çok önemli bir etmendir. Güneş ışığı ve CO_2 varlığında sularda fotosentez olayları gerçekleşir ve bunun sonucu olarak da ortaya oksijen çıkmaktadır. Ve bu fotosentez olayı sulardaki oksijen doygunluğunu artırmaktadır (Boyd, 1990). Derelerde yapılan Eİ ortalama sonuçlarına göre Kırandere, Çakırca ve Sölöz II. sınıf, Narlıca Deresi'nin ise I. sınıf olduğu gözlenmiştir. Elektrik iletkenlik sulardaki iyon miktarını gösteren bir etmendir. Su kalitesini belirlemede Eİ değerinin oldukça önemli olduğu ve kirliliğin artması ile Eİ değerinin artığı gözlemlenmiştir (Polat, 1997). Ortalama orto-fosfat fosforu değerlerine göre istasyonların su kalitesi Kırandere, Çakırca ve Narlıca istasyonun ise I. sınıf, Sölöz Deresi ise II. sınıf su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yüzeysel sulardaki önemli kirlilik göstergesi olan fosfor, doğal sulardaki verimliği etkileyen en önemli ve en temel elementtir. Fosfor; besleyici mineral olması yanında ötrofikasyonun oluşmasında da büyük bir etkisi vardır. (Harper, 1992).

Bentik makro omurgasızlar değişik su kütlelerinde baskı türüne göre izlenmesi gereken biyolojik kalite elementleri arasındadır. Ulusal mevzuata göre özellikle bentik omurgasızlar organik kirliliğin belirlenmesi amacıyla kullanılması önerilen organizma grubu olarak belirlenmiştir (Resmi Gazete, 2014). Ayrıca hidromorfolojik baskılara, besin tuzu ve asidifikasyona karşı da hassas bir gruptur. Bu canlı grupları sularda yaşayan diğer canlı gruplarına göre daha kolay bulunur olmaları, cins ve familya düzeyinde teşhisin yeterli olması, daha uzun bir yaşam sürelerine sahip olmaları ve çevresel değişikliklere daha hızlı tepki vermeleri gibi nedenler ile su kalitesi çalışmalarında en çok tercihi yapılan grup olmuştur (Bonada vd., 2006). Akarsularda biyolojik su kalitesini belirlemek için kullanılan yöntemlerle yapılmış olan çalışmalarda en çok kullanılan organizmaların başında bentik makro omurgasızların geldiği gözlemlenmiştir (De Pauw & Vanhooren 1983). Ülkemizde de özellikle akarsularda biyolojik su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın organizma grubu bentik makro omurgasızlardır. İlk çalışmalar özellikle akarsularda organik kirliliğin biyolojik olarak belirlenmesi amacıyla

başlamıştır (Girgin & Kazancı 1994; 1997, Dügel, 1995; Kalyoncu & Gülboy, 2009; Dalkıran, 2006; Karacaoğlu 2006; Sukatar vd. 2006). Ancak yapılan çalışmalar bentik makro omurgasızların besin tuzu kirliliği konusunda da iyi indikatör bir grup olduğunu göstermiştir (Akay & Dalkıran, 2020; Camargo vd., 2004). Bu çalışmada bentik makro omurgasızlara dayalı iki indeks uygulanmıştır. Bu indekslerin akarsularda belirlenen besin tuzları ile kuvvetli negatif korelasyon göstermeleri her iki indeksin de İznik Gölü'nü besleyen akarsularda besin tuzu kirliliğinin belirlenmesi için uygun indeksler olduğunu göstermektedir.

Yüzeysel suların su kalitesine ilişkin çalışmalarda indikatörlerin kullanımı Kolenati (1848) ve Cohn (1853) ile başlamış bulunmaktadır. Bu iki araştırmacı temiz ve kirli sularda farklı türde organizmaların yaşadığını tespit etmişlerdir. O günden bugüne bentik makro omurgasız canlılar kullanılarak su kalitesini belirlemek amacıyla çeşitli metrikler geliştirilmiştir. İznik Gölü'nü besleyen dört dereden alınan örneklerdeki baskın organizmalar sırasıyla; Chironomidae, Oligochaeta, Simuliidae ve Baetidae olmuştur. Diptera takımından Chironomidae larvalarının bentik makro omurgasızlar içinde çok önemli bir yeri vardır. Kirliliğe karşı oldukça toleranslı olan bu familya, akarsuların indikatör organizmaları olarak kullanılmaktadırlar (Kırgız, 1988). Sulardaki kirliliğe toleransı yüksek olan Chironomide familyasının toplam organizmanın % 43'ünü oluşturduğu görülmüştür (bkz. Çizelge 4.3). Benbow (2009), Oligochaeta sınıfının yoğunluğunun akarsularda genellikle oldukça düşük olduğunu ifade etmektedir. Ancak düşük ÇO ve ötrofik koşullarda daha yüksek sayılara ulaşırlar ve kirliliğe karşı oldukça toleranslı organizmalardır (Benbow, 2009). Yine su kirliliğine dayanıklı olan Oligochaeta sınıfının toplam organizma içinde nispi bolluğu % 27 olarak bulunmuştur (bkz. Çizelge 4.3). Bu nedenle Chironomidae familyası ile birlikte Oligochaeta sınıfının varlığı da bize suların kirliliği ile ilgili önemli bir bilgi vermektedir. Oligochaeta sınıfı da kirlilik toleransı yüksek, indikatör bir grup olarak bilinir. Bu iki organizma gruplarının yaptığımız çalışmada CCA analizinde TN ile ilişkili olması (bkz. Şekil 4.36) kirli ortamlarda yaşadıklarını destekleyen niteliktedir. Simulidae ve Baetidae familyaları ise toleransları orta seviyede olan organizma gruplarıdır. Bu familyalar bazı dönemlerde en yüksek toplam organizma sayısına ulaşmışlardır (bkz. Şekil 4.25 ve 4.26). Nispi bolluklarının da bazı aylarda ve istasyonlarda diğer gruplara göre daha yüksek olduğu

tespit edilmiştir. Bazı çalışmalar Simuliidae bireylerinin kompozisyonunun akarsu yatağındaki bitki örtüsünün kaybı ya da akıntı hızının değişmesi gibi antropojenik baskı nedeniyle meydana gelen problemlerden etkilendiğini ortaya koymuştur (Feld vd., 2002; Rühm, 1998; Timm, 1995; Zhang, 1998). Simuliidae bireylerinin asidifikasyon ve organik kirlilik gibi fizikokimyasal etkenlere karşı reaksiyon gösterdiği de bilinmektedir (Glötzel, 1973; Seitz, 1992). Bunların dışında Tipulidae, Nematomorpha, Hydropsychidae, Erpobdellidae, Planorbidae, Caenidae taksonlarının da canlı sayısı ve nispi bolluklarının tespit edilen diğer organizmalara göre dönemsel olarak daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu canlı gruplarının kirlilik toleranslarının orta seviyede olduğu bilinmektedir. Temiz su indikatörü olan bazı taksonların nispi bolluk sayılarının ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular İznik Gölü'nü besleyen akarsularda organik ve besin tuzu kirliliğinin yüksek olduğunu destekleyen bulgular olarak karşımıza çıkmaktadır.

İznik Gölü'ne akan dört farklı dereden alınmış olan örnekler laboratuvarda incelenmiş olup bunun sonucunda toplam 25 024 birey ayıklanarak tasnif edilmiş ve bentik makro omurgasızların en az familya düzeyine kadar teşhisi yapılmıştır. Bu teşhislerden sonra metre karedeki toplam organizma sayıları hesaplanmış ve bu hesaplamalar sonucunda en yüksek organizma sayısını Çakırca Deresi'nde metre karede 5 538 organizma, Şubat 2014 tarihinde teşhis edilmiştir. Bu tarihlerde (bkz. Şekil 4.35) teşhis edilmiş olan Chironomidae familyası ve Oligochaeta sınıfının CCA analizinde TN ile pozitif ilişki gösterdiği görülmüştür (bkz. Şekil 4.35 ve 4.36). En yüksek toplam organizma sayısına bu tarihte ulaşmış olan Simuliidae familyası ise genellikle orta seviyedeki kirliliği olan ve belirli bir sıcaklığı olan suları tercih etmektedir. En düşük organizma sayısı ise metre karedeki toplam 66 organizma ile Sölöz istasyonunda Ocak 2014 tarihinde bulunmuştur. Insecta sınıfından akarsularda baskın organizma grupları arasında olan Chironomidae, Simuliidae ve Ceratopogonidae gibi kirliliğe toleranslı Diptera familyaları ve Ephemeroptera'dan Baetidae familyalarının bu çalışmada dönemsel olarak larvaları yüksek sayılarda gözlenmiş ve bazı aylarda tespit edilememiştir. Bunun sebeplerinden birisi derelerdeki su kalitesi değişimi olabileceği gibi, bu böcek larvalarının hayat döngülerinde su içinde larva ve/veya pupa dönemlerini tamamlayarak erginleşip karasal ortama geçmelerinden de kaynaklanmış olabilir. Aynı zamanda bu dönemlerde dip sedimanında yumurta evresinde oldukları için larvaları tespit edilememiş olabilir.

Akarsular, dünyadaki toplam su miktarının %0,0001'ini içermelerine rağmen, türlerin yaşamasını, beslenmesini, üremesini ve barınmasını sağlayan önemli habitat alanlarına sahiptir. Akarsu ekosistemleri; baraj yapımı, akış rotaları ve yataklarının yeniden düzenlenmesi, kirlenme, bitki örtüsünün tahribi, erozyon yani kısaca antropojenik etkiler sebebiyle büyük zarar görmektedir (Yıldırım vd., 2013). Antropojenik etkiler, akarsularda habitat bozulmasını ve jeokimyasal döngüyü bazen geri döndürülemez bir şekilde değiştirmektedir (Vitousek vd., 1997). 1. istasyonumuz olan Kırandere'de tüm çalışma dönemi boyunca sürekli akış gözlemlenmiştir. Bu dere Bilecik Çerkeşli'den İznik Gölü'ne Kırandere olarak dökülmektedir. Kırandere antropojenik etkinin yüksek olduğu bir deredir. Tarımsal faaliyetlerin yüksek olması, pestisit gibi tarımsal ilaçların ve gübre artıklarının dereye atılmasından kaynaklı kirlilik seviyesinin yüksek olduğu düşünülmektedir. İnsan kaynaklı etkilerin akarsularda oluşturduğu zararların en önemlilerinden birisi organizmaların habitat alanlarının ya yok edilmesi ya da tahrip edilmesi olduğu bilinen bir durumdur. Özellikle barajlar dolaylı yoldan biyotik habitat kaybının daha fazla olmasına neden olmaktadır (Vitousek vd., 1997). Güney Afrika'da yapılmış olan bir çalışmada baraj sonrası akarsu alt havzasındaki bentik makro omurgasız tür çeşitliliğinin, barajın üst havzasındaki bozulmamış bölgenin sadece yarısı olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca, Ephemeroptera, Trichoptera ve Plecoptera çeşitliliği ve bolluğunun, barajın etkisinin bir sonucu olarak neredeyse sıfıra düştüğü gözlemlenirken buna karşılık, Diptera'dan Chironomidae'nin bolluğunun ise barajın altında önemli ölçüde artmış olduğu tespit edilmiştir (Bredenhand & Samways, 2009). 2. istasyon olan Çakırca Deresi (Karasu, Karadere) İznik Gölü'ne dereler yolu ile en fazla su girdisi sağlayan deredir (Bursa İli İznik Gölü Sulak Alan Yönetim Planı, 2020). Ayrıca bu dere, havzadaki en uzun ve su toplama alanı en geniş olan akarsu özelliği taşır (Meşeli, 2010). Çakırca Deresi'nin üzerinde İznik barajı (Karasu barajı) inşası devam etmektedir. Bu çalışmada derelerdeki en yüksek Chironomidae birey sayısı bu derede tespit edilmiştir. Derenin kat ettiği yol düşünülünce ve etrafında tarım faaliyetleri sürekli olarak devam ettiği için, kirlilik seviyesi bu nedene bağlı olarak yüksek tespit edilmiş olabilir. Yapılan çalışmalara göre, tarımsal alanların genişlemesi ve yoğunlaşması ile bağlantılı olarak su kalitesinde düşüşler ve bu alanlardaki habitatların tahribi sucul takson çeşitliliği değişikliklere neden olmaktadır (Allan vd., 1997; Harding vd., 1999; Sponseller vd.,

2001). Sölöz Deresi'de diğer dereler gibidir. Antropojenik etkinin fazla olduğu Sölöz Deresi'nde de kirlilik seviyesi yüksek bulunmuştur. Bazı aylarda örnek alınan derelerde insan faaliyetlerin daha az olması nedeni ile habitat kayıplarının düşük seviyede olmasının familya çeşitliliğini etkilediği düşünülmektedir. Buna en büyük örnek 4. İstasyon olan Narlıca Deresi'dir. Bu dere mevsimsel akışın olduğu ve bazı zamanlar kurak dönemde akışı olmayan bir deredir. Bu derenin diğer derelere göre su kalitesi daha yüksektir ve bentik omurgasız familya çeşitliliği fazladır.

BMWP ülkemizde ilk kullanılan biyotik indekslerden biridir (Kazancı vd., 1997). Ancak son yıllarda BMWP İspanyol versiyonunun biyolojik su kalitesinin belirlenmesinde daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Zeybek, 2017). Bunun en temel nedeni bu versiyonun bir Akdeniz ülkesi olan İspanya için hazırlanmış olmasından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Ülkemizin özellikle Akdeniz ikliminden etkilenen bölgelerinde bu indeksin iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir. Ayrıca Dügel (2016)'in, "Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik Değerlendirme Sisteminin Kurulması Projesi" kapsamında hazırladığı "Tatlı sularda (nehir-göl) bentik makro omurgasız kılavuz dokümanı"nda Marmara Nehir Havzası için indeks geliştirilmemiştir. Ancak indeks geliştirilen havzalardan biri olan Sakarya Havzası verilerinin Marmara Havzası'na uygulanabileceğini önermektedir. Bu kılavuz kitapçığında Sakarya Havzası için belirlenen metriklerden biri BMWP İspanyol versiyonudur.

BMWP klasik versiyonunda; Kırandere'nin ortalama değeri 14,60 olarak hesaplanmış ve su kalitesi III. sınıf olarak bulunmuştur. Çakırca Deresi'nin ortalama skor değeri 38,33 olarak bulunmuştur ve su kalitesi II. sınıftır. Sölöz Deresi'nin ortalama skor değeri 18,14 olarak bulunurken su kalitesi III. sınıfa karşılık gelmektedir. Narlıca Deresi'nde ortalama skor değeri 51,57 iken kalitesi IA. sınıf olarak tespit edilmiştir. BMWP İspanyol versiyonu; Kırandere'nin ortalama skor değeri 16,07 olarak bulunmuştur. Bu skor değerine göre su kalitesi IV. sınıf olarak tespit edilmiştir. Çakırca istasyonunun ortalama skor değeri ise 39,47 olan istasyonun su kalitesi III. sınıftır. Sölöz Deresi'nde ortalama skor değeri ise 20,86 olarak bulunurken su kalitesi IV. sınıfa karşılık gelmektedir. Narlıca Deresi'nde ortalama skor değeriyse 62,43 bulunurken, su kalitesi II. sınıftır olarak tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre her iki BMWP versiyonu karşılaştırıldığında en düşük su

kalitesi değerlerinin BMWP İspanyol versiyonunda tespit edildiği ve su kalitesinin klasik versiyona göre bir iki basamak aşağıda olduğu görülmektedir. Bunun en temel nedeni BMWP İspanyol versiyonunda takson sayısının daha fazla olması, taksonların tolerans değerlerinin yeniden düzenlenmesi ve su kalite sınıflarına denk gelen skor değerlerinin yükseltilmesi nedeni ile olduğu düşünülmektedir. Bu iki versiyon karşılaştırıldığında bentik makro omurgasız tabanlı su kalitesinin belirlenmesinde İznik Gölü havzası için en uygun indeksin BMWP İspanyol versiyonu olduğu düşünülmektedir.

Biyotik indeksler ile çevresel değişkenler arasındaki Spearman Rank korelasyon analizinin sonucuna göre, BMWP Klasik (BMWP k); BMWP İspanyol (BMWP Sp) ve toplam familya sayısıyla pozitif korelasyon gösterirken elektriksel iletkenlik, TP, TN, NO_2 + NO_3, o-PO_4 ile negatif korelasyon göstermiştir. BMWP Sp; toplam familya sayısıyla pozitif korelasyon göstermiştir. Ancak elektriksel iletkenlik, TP, TN, NO_2 + NO_3, o-PO_4 ile negatif korelasyon göstermiştir. Toplam familya sayısı gösterirken elektriksel iletkenlik, TP, TN, NO_2 + NO_3, o-PO_4 ile negatif korelasyon göstermiştir. Ayrıca bentik makro omurgasızlar ile çevresel değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermek için uygulanan CCA ordinasyon sonuçlarına göre (bkz. Şekil 4.36). Ötrofikasyona karşı hassas taksonlar grafiğin sol üst bölümünde toplanmış ve TN ile negatif ilişki göstermiştir. Chironomidae ve Oligochaeta gibi kirlilik indikatörü taksonlar ise TN ile pozitif ilişki göstermiştir.

Bu bulgulara göre İznik derelerinde uygulanan bentik makro omurgasız tabanlı iki indeksin kimyasal su kalitesi verileri ile uyumlu sonuçlar göstermesi ve CCA analizinde taksonların TN ile ilişkili bulunması derelerdeki fiziko-kimyasal parametrelerin bentik makro omurgasızlar üzerinde etkisi olduğunu düşündürmektedir. Ancak fiziko-kimyasal su kalitesi sonuçları ile biyolojik su kalitesi sonuçları karşılaştırıldığında, biyolojik su kalitesi sonuçlarının bir/iki basamak düşük olduğu belirlenmiştir. Birçok çalışmada su kalite sınıflarını belirlemek için fiziko-kimyasal yöntemlere odaklanılmıştır. Ancak biyolojik yöntemlerin su kalite sınıflarını belirlemek amacıyla bizlere sucul habitatların maruz kaldığı etkilerle ilgili daha iyi bilgi verdiği yapılmış olan çalışmalar ile ortaya konmuştur.

Toplam takson sayısı ya da takson zenginliği sayısı sucul ortamdaki canlı çeşitliliğini gösterir (Barbour vd., 1999). İstasyonlardan alınan örneklerin incelenmesi ile toplam familya sayısı tespit edilmiştir ve çalışma dönemi boyunca toplam familya sayısının 3 ile 17 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Toplam familya sayısı ise 54 bulunmuştur. Toplam familya sayıları istasyonlara göre sırasıyla; Kırandere'nin 3 ile 9, Çakırca Deresi'nin 8 ile 17, Sölöz Deresi'nin 2 ile 11, Narlıca Deresi'nde ise 5 ile 16 arasında olduğu tespit edilmiştir. Narlıca ve Çakırca'nın toplam familya sayısı yaklaşık 12 olarak tespit edilirken, Kırandere ve Sölöz'ün 2 katı olarak bulunmuştur. En yüksek takson zenginliği 36 takson ile Narlıca istasyonunda tespit edilmiştir. Çakırca istasyonunda ise 34 takson sayısı bulunmuştur. Toplam takson sayısı genellikle tür seviyesindeki çeşitliliğe dayanmaktadır. Fakat bentik makro omurgasızların teşhisinde genellikle takım, familya, cins vb. gibi daha yüksek taksonomik gruplar da kullanılmaktadır (Barbour vd., 1999). Toplam takson sayısı sucul topluluğun çeşitliliğini gösteren bir parametredir (Resh vd., 1995). Bu çalışmada kirlilik arttıkça BMWP skor değerinin ve familya takson sayılarının azaldığı belirlenmiştir. Sperman Rank korelasyon analizi sonuçları da bu bulgumuzu desteklemektedir (bkz. Çizelge 4.5).

Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Skor Sistemi (BMWP), bentik makro omurgasızların kirliliğe karşı hassasiyetini göz önünde bulundurarak; familyalar için 1 ile 10 arasında bir puan vermektedir. BMWP puanı, örneklemede bulunan tüm familyaların değerlerinin toplamıdır. Temiz akarsuların BMWP puanı 100'den yüksek değerler olurken, çok kirli akarsuların puanları 10'dan düşüktür (Mason, 2002). İznik Gölü'ne akan derelerden belirlenen istasyonlardan örnekler alınmış ve örnekler analiz edilmiştir. Bu çalışma için analizi yapılmış olan örnekler kullanılarak su kalitesini belirlemek için iki farklı tolerans metriği olan BMWP klasik ve BMWP İspanyol versiyonu kullanılmıştır. Her iki BMWP versiyonuna göre su kalitesi en yüksek olan derenin Narlıca olduğu tespit edilirken, bu biyotik indekslere göre en kirli derenin Kırandere olduğu da ortaya çıkmıştır. Fiziko-kimyasal su kalitesi verileri ile biyolojik su kalitesi verileri karşılaştırıldığı zaman biyolojik verilerin su kalitesini belirlemek için daha uygun olduğu sonucuna varılmış ve biyotik indekslerden BMWP İspanyol versiyonun su kalitesini belirlemede daha uygun bir indeks olduğu da tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Akay, E., Dalkıran, N., Dere, Ş. (2018). Akarsuların biyolojik su kalitesinin belirlenmesinde bentik makroomurgasızların kullanımı. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 2018; *3*(1): 60-67.

Akay, E., Dalkıran, N. (2020). Assessing biological water quality of Yalakdere stream (Yalova, Turkey) with benthic macroinvertebrate-based metrics. *Biologia*, 75:1347–1363. http://doi.org/10.2478/s11756-019-00387-9

Akcaalan, R., Mazur-Marzec, H., Zalewska, A., Albay, M. (2009). Phenotypic and toxicological characterization of toxic Nodularia spumigena from a freshwater lake in Turkey. *Harmful Algae*, *8*(2), 273-278. DOI:10.1016/j.hal.2008.06.007

Akcaalan, R., Köker, L., Oğuz, A., Spoof, L., Meriluoto. J., Albay, M. (2014). First Report of Cylindrospermopsin Production by Two Cyanobacteria (*Dolichospermum mendotae* and *Chrysosporum ovalisporum*) in Lake Iznik, Turkey. *Toxins*, 2014. *6*(11), 3173-3186. https://doi.org/10.3390/toxins6113173

Akçaalan, R. A., Albay, M., Gürevin, C., Oğuz, A. (2015). İznik Gölü'nde toksik siyanobakteri (Mavi-yeşil alg) artışı, siyanotoksin üretimi ve su kalitesi ile olan etkileşiminin incelenmesi. *TÜBİTAK,* 1001 Proje No*;* 112Y209

Akın, M., Akın. G. (2007). Suyun önemi, Türkiye'de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 47, 2 (2007) 105-118. http://dx.doi.org/10.1501/Dtcfder_0000000992

Alba-Tercedor, J. (1983). Ecología, Distribución y ciclos de desarrollo de Efemerópteros de Sierra Nevada. 1: Baetis Maurus Kimmins, 1983 (Ephemeroptera: Baetidae) *Acras del I Congreso Español de Limnoiogía*, *2*, 169- 182.

Alba-Tercedor, J., Sánchez-Ortega, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de hellawell. *Limnética*, *4*:51- 56.

Albay, M., Akçaalan, R., Tüfekçi, H. (2003). Depth profiles of cyanobacterial hepatotoxins (microcystins) in three Turkish freshwater lakes. *Hydrobiologia*, *505*: 89–95, 2003. https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000007297.29998.5f

Albayrak, E., Özuluğ, O. (2016). Benthıc Macroınvertebrates Of Lake Danamandıra (Sılıvrı-Istanbul). *Aquatic Sciences and Engineering*, *31*(1), 51-58. doi: 10.18864/TJAS201606

Allan, D. J., Erickson, D., Fay, J. (1997). The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. *Freshwater Biology,* 37:149– 161.

Altınsaçlı, S. (1998). İznik Gölü'nün Ostracoda (Crustacea) Faunası. *İstanbul Üniversitesi Biyoloji Dergisi*, *61*, 81-105.

Apaydın-Yağcı, M. A., Ustaoğlu, M. R. (2012). Zooplankton fauna of Lake İznik (Bursa, Turkey). *Turk J Zool*, *36*(3), 341-350. doi:10.3906/zoo-1001-36

AQEM /STAR Ecological River Classification System (2002). AQEM Consortium. Manual for the Application of the AQEM System. A Comprehensive Method to Assess European Streams Using Benthic Macroinvertebrates, Developed for the Purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002, 202p.

Balık, S., Ustaoğlu, M. R., Özbek, M., Yıldız, S., Taşdemir, A., İlhan, A. (2006). Küçük Menderes Nehri'nin (Selçuk-İzmir) aşağı havzasındaki kirliliğin makro bentik omurgasızlar kullanılarak saptanması. *EÜ Su Ürünleri Dergisi, 23*(1-2): 61-65.

Barbour, M.T., Gerritsen, J., Synderand, B. D., Stribling, J. B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton,

Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. *U.S. Enviromental Protection Agency; Office of Water*; Washington, D.C.

Bass, J. (1998). Last-istar larvae and pupae of the Simuliidae of Britain and Ireland. *Freshwater Biological Association Scientific Publication,* no: 55.

Başar, H., Gürel, S., Katkat, A. (2004)**.** İznik Gölü havzasında değişik su kaynaklarıyla sulanan toprakların ağır metal içerikleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18*(1), 93 - 104.

Baydar, T. (2020). Büyük Menderes Nehri su kalitesinin bentik makroomurgasız fauna çeşitliliği kullanılarak tahmini. Yüksek Lisans Tezi. *Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı.* Aydın.

Bayköse, A. (2021). Kocaeli'deki bazı akarsuların ekolojik kalitelerinin makrobentik omurgasız indekslerinden yararlanılarak belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı*. Kocaeli.

Belfiore, C. (1996). Identification and discrimination elcectrogena species by numerical methods (Ephemeroptera: Heptageniidae). *Systematic Entomology*, 21, 1-13.

Benbow, M. E. (2009). Annelida, Oligochaeta and Polychaeta. In: Gene E. Likens, (Editor) *Encyclopedia of Inland Waters*, volume 2, pp. 124-127 Oxford: Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00257-X

Bonada, N., Rıeradevall, M., Prat, N., Resh, V. H. (2006). Benthic Macroinvertebrate Assemblages And Macrohabitat Connectivity İn Mediterranean-Climate Streams Of Northern California. *Journal Of The North American Benthological Society, 25*(1), 32-43.

Boyd, C. E. (1990). Water Qualityn Ponds for Aquaculture. *Auburn University*, Alabama Experiment Station(482), Auburn, Al.

Bostancı, D., Yedier, S., Kontaş, S., Kurucu, G., Polat, N. (2017). Regional variation of relationship between total length and otolith sizes in the three Atherina boyeri Risso, 1810 populations, Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 34*(1), 11-16. doi:10.12714/egejfas.2017.34.1.02

Bredenhand, E., Samways, M. J. (2009). Impact of a dam on benthic macroinvertebrates in a small river in a biodiversity hotspot. *J Insect Conserv*, 297–307. https://doi.org/10.1007/s10841-008-9173-2

Camargo, J. A., Alonso, A., De La Puente, M. (2004). Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based on benthic macroinvertebrates. *Environmental Monitoring and Assessment, 96*(1), 233-249.

Ceribaşı, G. (2018). Analysis of Meteorological and Hydrological data of Iznik Lake basin with innovatite sen method. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, *19*(1), 15-24

Cohn, F. (1853). Über lebende organismen im Trinkwasser. *Z. klin. Med.,* 4:229-237.

De Pauw, N., Vanhooren, G. (1983). Method for Biological Quality Assesment of Watercourses in Belgium. *Hydrobiologia,* 100:153-168.

Dalkıran, N. (2006). Orhaneli Çayı'nın epilitik diyatomeleri ile bentik omurgasızlarının ilişkilendirilmesi yoluyla kirlilik düzeyinin saptanması. Doktora Tezi, U.*Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı*. Bursa.

Dodds, W. K., Jones, J. R., Welch, E. B. (1998). Suggested classification of stream trophic state: distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen, and phosphorus. *Water research, 32*(5), 1455-1462. https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00370-9

Duran, M., Akyıldız, G. K., Özdemir, A. (2007). Gökpınar Çayı'nın büyük omurgasız

faunası ve su kalitesinin değerlendirilmesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, *5-8*, 577-583.

Dügel, M. (1995). Köyceğiz gölüne dökülen akarsuların su kalitesinin fiziko-kimyasal ve biyolojik parametrelerle belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *H.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü,Biyoloji Anabilim Dalı*, *88* s. Ankara.

Dügel, M. (2016). Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik Değerlendirme Sisteminin Kurulması Projesi, Tatlı sularda (nehir-göl) bentik makroomurgasız kılavuz dökümanı. *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü*.

Edington, J.M., Hildrew, A.G. (1981). A key to the caseless Caddis Larvae of the British isles, with notes on their Ecology. *Freshwater Biological Association Scientific Publication,* No. 43, Cumbria. 92p.

Elliot, J. M., Mann, K. H. (1998). A Key to the British Freshwater Leeches. *Freshwater Biological Association*.

European Parliament, (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council Of 23 October 2000

Feld, C. K., Kiel, E., Lautenschläger, M., (2002). The indication of morphological degradation of streams and rivers using Simuliidae. *Limnologica,* 32: 273- 288.

Harper, D. (1992). Eutrophication of freshwaters: Principles, problems and restoration. *Chapman and Hall*, London, UK.

Hellawell, J. M. (1978), Biological surveillance of rivers. *Water Research Center*, Stevenage, England, 322p.

Henry, R., Tundisi, J. G., Curi, P. R., (1984). Effects of Phosphorus and Nitrogen Enrichment on the Phytoplankton in a tropical Reservoir (Lobo Reservoir, Brasil). *Hydrobiologia*, 118:177-185.

Hutchinson, G. E. (1944). Nitrogen in the Biogeochemistry of the Atmosphere. *American Scientist*, 86:201-214

Hynes, H. B. N. (1977). A key to the adults and nymphs of the British Stoneflies (Plecoptera), with notes on their Ecology and distrubition. *Freshwater Biological Association Scientific Publication,* No. 17, Third Edition, Cumbria. 95p.

Garipoğlu, N., Uzun, M. (2019). İznik Gölü Havzası'nda Doğal Ortam Koşulları, Değişimler Ve Muhtemel Risklerin Havza Yönetimi Ve Planlamasına Etkisi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, *24*-42. DOI:10.17295/ataunidcd.621776

Gaygusuz, Ö. (2006). İznik Gölü'nde Yaşayan Gümüş Balığı (Atherina boyeri Risso, 1810)'nın Üreme ve Büyüme Biyolojisi. Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı*, İstanbul.

Girgin, S., Kazancı, N. (1994). Türkiye iç suları araştırmaları dizisi I., Ankara Çayı'nın su kalitesinin fiziko-kimyasal ve biyolojik yöntemlerle belirlenmesi. *Özyurt Matbaası*, 184 s., Ankara.

Girgin, S., Kazancı, N. (1997). Ankara Çayı'nda taban büyük omurgasızları ile kirlilik parametreleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, *7*, 49-63.

Gledhill, T., Sutcliffe, D. W., Williams, W. D. (1976). A revised key to the British species of Crustacea: Malacostraca, Occurring in freshwater, with notes on their Ecology and distribution. *Freshwater Biological Association Scientific Publication,* No. 32, Cumbria. 71p.

Glöer, P. (2015). Süßwassermollusken; Ein Bestimmungsschlüssel für die Muscheln und Schnecken im Süßwasser der Bundesrepublik Deutschland [Freshwater Molluscs: an identification key for the freshwater Mussels and Snails of Germany]

Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, ISBN 978-3-923376-02-5

Glötzel, R. (1973). Populationsdynamik und Ernährungsbiologie von Simuliidenlarven in einem mit organischen Abwässern verunreinigten Gebirgsbach. *Archiv für Hydrologie*, 42(3/4): 406-451.

İstanbulluoğlu, E., Demir, A. O.,Değirmenci, H. (1997). Bursa-İznik Mahmudiye Havzası Yağış-Akış İlişkisinin Belirlenmesi. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 13,* 55-66.

Imamoğlu, Ö. (2000). Dipsiz ve Çine (Muğla-Aydın) Çayı'nın su kalitesinin fiziko-kimyasal ve biyolojik (bentik makroinvertebrate) yönden incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *M.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı*, Muğla.

International Organization for Standardization. (2012). Water quality - Guidelines for the selection of sampling methods anddevices for benthic macroinvertebrates in fresh waters. (ISO 10870, 2012).

International Organization for Standardization. (2012). Water quality - Guidance on pro-rata Multi-Habitat sampling of benthic macro-invertebrates from wadeable rivers. (EN 16150, 2012).

Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Zeybek, M. (2008). Aksu Çayı'nın su kalitesi ve fizikokimyasal parametrelerin makroomurgasız çeşitliliği üzerine etkisi. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20*(1), 23-33.

Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö. O. (2009). Aksu Çayı'nın su kalitesinin biotik indekslere (diyatomlara ve omurgasızlara göre) ve fizikokimyasal parametrelere göre incelenmesi, organizmaların su kalitesi ile ilişkileri. *Tübav Bilim Dergisi, 2*(1), 14-25.

Kalyoncu, H., Gülboy, H. (2009). Benthic macroinvertebrates from Darıören and Isparta streams (Isparta/Turkey)–Biotic indices and multivariate analysis. *Journal of Applied Biological Sciences, 3*(1), 85-92.

Kalyoncu, H., Zeybek, M. (2009). Ağlasun ve Isparta Dereleri'nin bentik faunası ve su kalitesinin fizikokimyasal parametrelere ve belçika biyotik indeksine göre belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 1*(3), 41-48.

Karacaoğlu, D. (2006). Emet Çayı'nın epipelik diyatomeleri ve bentik omurgasızlarının ilişkilendirilmesi ile kirlilik düzeyinin saptanması. Doktora Tezi, *U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı*, Bursa.

Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M., Oğuzkurt, D. (1997). Akarsuların çevre kalitesi yönünden değerlendirilmesinde ve izlenmesinde biyotik indeks yöntemi. *İmaj Yayıncılık*, 100 s, Ankara.

Kazancı, N., Türkmen, G., Ekingen, P., Başören, Ö. (2013). Preparation of a biotic index (Yeşilırmak-BMWP) for water quality monitoring of Yeşilırmak River (Turkey) by using benthic macroinvertebrates. *Review of Hydrobiology, 6,* 1-29.

Kılçık, F. (2021). Çevre Etiği Çerçevesinde Sucul Ekosistemler ve Biyolojik İzleme. *Tabula Rasa: Felsefe ve Teoloji, sa.36,* 53-60.

Kırgız, T. (1988). A morphological and Ecological study on the larvae of Chironomidae (Diptera) of Seyhan Dam Lake (in Turkish with English abstract). Doğa TU Zooloji, *12,* 3, 231-245.

Kırkağaç, M. U., Demir, N., Topçu, A., Fakıoğlu, Ö., Zencir, Ö. (2011). Porsuk Çayı'nda (Eskişehir) sucul makrofitler, zooplankton ve bentik makroomurgasızların incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 3*(1),65-72. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000045

Kolenati, F. A. (1848). Über nutzen and schaden der Trichopteren. *Stettiner Entomol,*

Ztg.9.
Köker, L., Akçaalan, R., Oğuz, A., Gaygusuz, O., Gürevin, C., Köse, C. A., Güçver, S., Karaaslan, Y., Erturk, A., Albay, M., Kınacı, C. (2017a). Distribution of toxic cyanobacterıa and cyanotoxins ın Turkish waterbodies. *Journal of Environmental Protection and Ecology, 18*, No 2, 425–432.
Köker, L., Akçaalan, R., Albay, M., & Neilan, B. A. (2017b). Molecular detection of hepatotoxic cyanobacteria in inland water bodies of the Marmara Region, Turkey. *Advances in Oceanography and Limnology, 8*(1), 52-60.
Lehmkull, D. M. (1979). How to know the aquatic insects. *Wm. C. Brown Company Publishers*, Dubuque, Iowa. p488.
Macan, T. T. (1969). British Fresh- and brackish water Gastropods. *Freshwater Biological Association Scientific Publication.*
Macan, T. T. (1979). A key to the Nymphs of the British spesies of Ephemeroptera. *Freshwater Biological Association Scientific Publication,* No. 20.
Macan, T. T. (1959). A guide to freshwater invertebrate animals. *Longman*, England. 118p.
Macan, T. T. (1965). A revised key to the British water bugs (Hemiptera-Heteroptera), with notes on their Ecology. *Freshwater Biological Association Scientific Publication,* No. 16, Cumbria. 78 p.
Mason, C. F. (2002). Biology of Freshwater Pollution. 4th ed. New York, NY, USA: *Prentice Hall*.
Meşeli, A. (2010). İznik Gölü Havzasında Çevre Sorunları. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi,* (14) , 134-148.
Özbek, M., Taşdemir, A., Yıldız, S. (2016). Benthic macroinvertebrate of Adıgüzel Reservoir (Denizli, Turkey) (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33*(3):259-263. https://doi.org/10.12714/egejfas.2016.33.3.10
Özkan, E. (2017). Mudurnu Nehri'nde su kalitesinin bentik makroinvertebratlar ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği,* Sakarya.
Öztürk, S., Seçer, B., Sungur, S., Kökçü, C. A., Çiçek, E. (2022). Karagöl ve Çiniligöl (Bolkar Dağları, Niğde, Türkiye) bentik makroomurgasız faunası. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research, 8*(1), 59-69. DOI: 10.17216/limnofish.851195
Polat, M. (1997). Akarsu ve göllerde izlenen fiziksel ve kimyasal parametreler su kalitesi yöntemi semineri. *DSİ Genel Müdürlüğü,* s:45-47, Ankara.
Resh, V.H., Norrıs, R. H., Barbour, M. T. (1995). Design and Implementation of Rapid Assessment Approaches for Water Resource Monitoring Using Benthic Macroinvertebrates. *Australian Journal of Ecology, 20*, 108-121.
Resmi Gazete, (2012). Yerüstü su kalitesi yönetmenliği. 30 Kasım 2012 tarih ve 28483 sayılı resmi gazete.
Resmi Gazete, (2014). Yüzeysel Sular Ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik. 11 Şubat 2014 tarih ve 28910 sayılı resmi gazete.
Reynoldson, T. B., Young, J. O. (2000). A key to the freshwater Triclads of Britain and Ireland. *Freshwater Biological Association Scientific Publication,* No: 58.
Rühm, W. (1998). Das Habitat und seine Strukturen als Voraussetzung für die autochthone Entwicklung von Schadgebieten der Kriebelmücken (Diptera: Simuliidae). *Entomologica Generalis,* 23(1/2): 27-37.

Seitz, G. (1992) Verbreitung und Ökologie der Kriebelmücken (Diptera, Simuliidae) in Niederbayern. *Lauterbornia*, 11:1-231.

Sukatar, A., Yorulmaz, B., Ayaz, D., Barlas, M. (2006). Emirâlem Deresi'nin (İzmir-Menemen) Bazı Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik (Bentik Makroomurgasızlar) Özelliklerinin İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *10*-3, 328-333.

Schwörbel, J. (1987). Einführung in die Limnologie. 6 Aufl., *Gustav Fischer Verlag*, Stuttgart, 269 pp.

Şahin, Y. (1984). Doğu ve Güney Doğu Anadolu bölgeleri akarsu ve göllerindeki Chironomidae (Diptera) Larvalarının Teşhisi ve Dağılışları. *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, No. 57, Eskişehir. 141 s.

Tarım ve Orman Bakanlığı 2. Bölge Müdürlüğü. (2021). Bursa ili İznik Gölü sulak alan yönetim planı nihai raporu(2021-2025). *Tarım ve Orman Bakanlığı 2. Bölge Müdürlüğü*. Ankara

Tüzün-Tereshenko, E. (2019). Abant Gölü (Bolu) bentik makroomurgasız faunası ve dağılımı. Doktora Tezi. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı*. Ankara.

Timm, T. (1995). Ufer-und Auestrukturen und Smuliiden-Plagen. In C. Steinberg, W. Bernhardt and H. Klapper (Eds.), *Handbuch Angewandte Limnologie* (pp.1-28).

Yıldırım, E., Yılmaz, T., Benliay, A. (2013). Peyzaj planlamada akarsu ekolojisinin önemi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi,* 6 (1): 51-54.

Zeybek, M., Kalyoncu, H. (2012). Köprüçay Nehri'nde biyotik indeksler ile çeşitlilik indekslerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *16*(2), 146-153

Zeybek, M. (2017). Macroinvertebrate-based biotic indices for evaluating thewater quality of Kargı Stream (Antalya, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, *41*(3), 476-486.

Zhang, Y. (1998). Effects of fan morphology and habitat on feeding performance of blackfly larvae: a functional comparison. PhD thesis, Department of Animal Ecology, Univ. Umea, Sweden.

Quigley, M. (1977). Invertebrates of Streams and Rivers, A Key to Identification. *Edward Arnold Publishers*, Third Edition, London. 84 p.

Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277: 494-499. https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494

Webb, J. M., Mccafferty, W. P. (2008). Heptageniidae of the world. Part II: Key to the genera. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, No.7.