



**KOCAÇAY DELTASI'NIN ZOOBENTOZ KOMÜNİTE
YAPISI VE BAZI ÇEVRESEL DEĞİŞKENLER İLE
İLİŞKİSİ**

Enis AKAY



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOCAÇAY DELTASI'NIN ZOOBENTOZ KOMÜNİTE YAPISI VE BAZI
ÇEVRESEL DEĞİŞKENLER İLE İLİŞKİSİ**

Enis AKAY
0000-0001-5363-3205

Doç. Dr. Nurhayat DALKIRAN
(Danışman)

Prof. Dr. Deniz Anıl ODABAŞI
(İkinci Danışman)
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

DOKTORA TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

KOCAÇAY DELTASI'NIN ZOOBENTOZ KOMÜNİTE YAPISI VE BAZI ÇEVRESEL DEĞİŞKENLER İLE İLİŞKİSİ

Enis AKAY

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nurhayat DALKIRAN

İkinci Danışman: Prof. Dr. Deniz Anıl ODABAŞI (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)

Bu çalışmada, Marmara Bölgesinde bulunan Kocaçay Deltası'nın zoobentoz komünite yapısının belirlenmesi, çok değişkenli istatistiksel yöntemler kullanılarak çevresel değişkenler ile zoobentoz komünite yapısı arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi ve bentik omurgasızlara dayalı biyolojik su kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bentik omurgasız ve su örnekleri, 30.03.2018-04.04.2019 tarihleri arasında aylık olarak farklı habitat tiplerinden belirlenmiş yedi örnekleme noktasından alınmıştır. Yirmi dört çevresel değişken alanın fizikokimyasal yapısını belirlemek için ölçülmüştür. Çalışma sonunda Carlson Trofik Seviye İndeksine göre besin tuzları bakımından alandaki tüm örnekleme noktaları hiperötrofik olarak belirlenmiştir. 1. (longoz ormanı) ve 6. (Kocaçay) örnekleme noktaları tatlısu karakterinde (ort. 0,35 ppt) iken üç lagün gölünün ortalama tuzluluğu 6-12,6 ppt arasında değişmiştir. Alanda 12 sınıfa ait toplam 99 bentik omurgasız taksonu tespit edilmiştir. Canonical Correspondance Analizi 7 çevresel değişkenin bentik omurgasızlar ile anlamlı ilişki gösterdiğini tespit etmiştir (Tuzluluk, B, NO₃-N, pH, T, PO₄-P, As). ANOSIM analizi sonucunda bentik omurgasızların örnekleme noktalarına göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. SIMPER içinde analizi sonuçları 5 bentik omurgasız taksonunun (Ostracoda, Oligochaeta, *Ecrobia ventrosa*, Gammaridae ve Chironomidae) alanda baskın olduğunu göstermiştir. Bu taksonların kümülatif katkı oranı yaklaşık % 92'dir. Fizikokimyasal ve biyolojik su kalitesi sonuçları karşılaştırıldığında, biyolojik su kalitesi sonuçlarının kimyasal kalite unsurlarına göre bir/iki basamak aşağıda olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada tuzluluk birçok bentik metrikle negatif korelasyon göstermiş ve ordınasyon analizinde anlamlı bir çevresel değişken olarak tespit edilmiştir. Bu bulgu tuzluluğun çalışma alanında en önemli çevresel değişken olduğuna işaret etmektedir. Tüm örnekleme noktalarının besin tuzları bakımından hiperötrofik karakterde olmasının temel sebebinin, Kocaçay Deresine boşalan Susurluk Havzası kaynaklı kirleticiler olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bentik omurgasız, Kocaçay Deltası, Bentik metrikler, Lagün, Çevresel değişkenler

2022, xv + 143 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

ZOOBENTHOS COMMUNITY STRUCTURE OF KOCAÇAY DELTA AND ITS RELATIONS TO SOME ENVIRONMENTAL VARIABLES

Enis AKAY

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nurhayat DALKIRAN

Second Supervisor: Prof. Dr. Deniz Anıl ODABAŞI (Çanakkale Onsekiz Mart University)

In this study, it is aimed to determine the zoobenthos community structure of Kocaçay Delta located in the Marmara Region, to evaluate the relationship between environmental variables and zoobenthos community structure by using multivariate statistical methods, and to determine the biological water quality based on benthic invertebrates. Samples of benthic invertebrates and water were collected from seven study sites with different habitat types by monthly intervals between 30.03.2018 - 04.04.2019. Twenty four environmental variables were measured to determine physical and chemical structure of the delta area. All study sites were determined as hypereutrophic in terms of nutrients, based on Carlson Trophic State index. While first (floodplain forest) and 6th (Kocaçay) sites were showed freshwater characters (average 0.35 ppt), mean salinity of the three lagoons varied between 6-12.6 ppt. A total of 99 benthic invertebrate taxa belonging to 12 classes were identified in the study area. According to Canonical Correspondance Analysis, 7 environmental variables show a significant relationship with benthic invertebrates (salinity, B, NO₃-N, pH, T, PO₄-P, As). As a result of the ANOSIM analysis, it was determined that benthic invertebrates differed significantly according to the sites. SIMPER within analysis indicated that 5 benthic invertebrate taxa were the dominant organisms in the area (Ostracoda, Oligochaeta, Ectobia ventrosa, Gammaridae ve Chironomidae). The cumulative contribution rate of these taxa is approximately 92%. When physicochemical and biological water quality results compared, it has been determined that the biological water quality results are one/ two quality class below the chemical quality variables. In this study, salinity was negatively correlated with many benthic metrics and was identified as a significant environmental variable in the ordination analysis. This findings indicate that salinity is the most important environmental variable in the study area. It is found that all sampling sites are hypereutrophic in terms of nutrients, thought that the main reason is pollutants originating from the Susurluk Basin that discharged to Kocaçay Stream.

Keywords: Benthic invertebrate, Kocaçay Delta, Benthic metrics, Lagoon, Environmental variables

2022, xv + 143 pages.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım esnasında yardımlarını, ilgisini ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Nurhayat DALKIRAN'a (Uludağ Üniversitesi Biyoloji Bölümü) ve Mollusca teşhislerinde bana destek olan ikinci danışmanım Prof. Dr. Deniz Anıl ODABAŞI'na teşekkür ederim.

Desteklerinden dolayı değerli hocalarım; Prof. Dr. Şükran DERE ve Dr. Öğr. Üyesi Didem KARACAOĞLU'na ve Prof. Dr. Soner ALTUN'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarını birlikte gerçekleştirdiğim Burcu ZÜNBLÜGİL'e, arazi çalışmalarında destek olan Huzeyfe HURİYET ve Sebile HASRET arkadaşlarıma, doktora sürecinde her türlü desteğinden ötürü Ceren Özlem KESMEZ arkadaşşıma teşekkür ederim.

İSSB ailesinden Cici Bebe ekibime, doktora süresince akıl sağlığımı korumamı sağlayan Baklava Team ailesine, Yeiğgezkoşçoş koşu ekibime ve müzikleriyle doktora sürecimde beni motive eden Nilipek'e desteklerinden ötürü sonsuz teşekkür ederim.

Doktora sürecinde ve hayatıma sağladığı kolaylık ve dostluğuyla canım Neylan ORAL'a teşekkür ederim.

Hayatımın son 2 yılında kattığı güzellikler için ve bundan sonra da hayatımın değişmez ve en sağlam parçası olacağını bildiğim sevdiğim kadın Kübra KAYMAK'a sonsuz teşekkür ederim.

Babam Seydi Ali AKAY'a, annem Filiz AKAY'a, abim Deniz AKAY'a ve canım yengem Vildan Serim AKAY'a doktora dönemindeki desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Bu doktora tez çalışmasını DDP(F)-2018/13 numarasıyla destekleyen Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Enis AKAY

23/12/2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Kocaçay Deltası'nda Yapılan Çalışmalar.....	4
2.2. Türkiye'deki Lagünlerde Yapılan Bentik Omurgasız Çalışmaları.....	9
2.3. Biyolojik Metrik ve İndekslerin Tarihsel Gelişimi.....	11
2.4. Bentik Omurgasızların Kullanıldığı Biyotik İndeksler ile İlgili Türkiye'de Yapılan Çalışmalar.....	15
2.5. Zoobentozların Kullanıldığı Biyotik İndekslerle İlgili Yurtdışında Yapılan Güncel Çalışmalar.....	23
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	34
3.1. Materyal.....	34
3.1.1. Çalışma alanı tanımı.....	34
3.1.2. Örneklem Noktaları.....	35
3.2. Yöntem.....	39
3.2.1. Fiziksel ve kimyasal analizler.....	39
3.2.2. Meteorolojik veriler.....	41
3.2.3. Bentik omurgasız örneklerinin toplanması, tayini ve sayımı.....	41
3.2.4. Bentik omurgasızların kullanıldığı metrik sistemler (bentik metrikler).....	42
3.2.5. İstatistiksel analizler.....	42
4. BULGULAR.....	46
4.1. Meteorolojik Bulgular.....	46
4.2. Fizikokimyasal Değişkenler.....	48
4.3. Taksonomik Bulgular.....	55
4.4. Toplam organizma sayılarının (org/m ²) zamansal ve mekânsal değişimi.....	59
4.5. Bentik Omurgasızların Kullanıldığı Metrik Sistemler.....	67
4.5.1. Tolerans metrikleri sonuçları.....	67
4.5.2. Takson Zenginliği ve Kompozisyon Metrikleri sonuçları.....	78
4.5.3. Çeşitlilik indeksi sonuçları.....	85
4.5.4. Beslenme tipi metrikleri sonuçları.....	90
4.5.5. Tuzlusu bentik omurgasız indeksleri sonuçları.....	94
4.5.6. Göl bentik omurgasız indeksleri sonuçları.....	96
4.6. İstatistiksel Bulgular.....	100
4.6.1. Kümeleme analizi.....	100
4.6.2. Bentik omurgasız taksonları ile çevresel değişkenler arasındaki ilişki.....	101
4.6.3. Spearman Rank Korelasyon Analizi sonuçları.....	105
4.6.4. ANOSIM ve SIMPER analizi sonuçları.....	109
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	114
KAYNAKLAR.....	126
ÖZGEÇMİŞ.....	141

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde Oranı
⁰ C	Santigrat Derece
AKM	Askıda Katı Madde
Ca ²⁺	Kalsiyum
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
log	Logaritma
Mg ²⁺	Magnezyum
NO ₂ -N	Nitrit Azotu
NO ₃ -N	Nitrat Azotu
PO ₄ -P	Fosfat fosforu
pV	Toplam Organik Madde
SO ₄ ²⁻	Sülfat
SS	Askıda Katı Madde
TKN	Kjeldahl Azotu
TN	Toplam Azot
Top alk	Toplam Alkalinite
TP	Toplam Fosfor

Kısaltmalar	Açıklama
[%] Act-fil	[%] Active Filter Feeders (Aktif Filtre Besleyiciler)
[%] Gat/Col	[%] Gatherers/Collectors (Toplayıcı/Kollektörler)
[%] Gra-scr	[%] Grazers and Scrapers (Otlayıcı ve Kazıcı)
[%] Par	[%] Parasites (Parazitler)
[%] Pre	[%] Predators (Yırtıcılar)
[%] Shr	[%] Shredders (Parçalayıcılar)
ASPT	Average Score Per Takson
ASPT-CZ	Average Score Per Takson Çekya Modifikasyonu
ASPT-HU	Average Score Per Takson Macaristan Modifikasyonu
BC	Biotic Coefficient (Biyotik Katsayı)
BI	Biotic Index
Bival [%]	% Bivalvia
Bival	Bivalvia
BMWP	Biological Monitoring Working Party Skor Sistemi
BMWP-CZ	BMWP Çekya Modifikasyonu
BMWP-GR	BMWP Yunanistan Modifikasyonu
BMWP-HU	BMWP Macaristan Modifikasyonu
BMWP-PO	BMWP Polonya Modifikasyonu
BMWP-SP	BMWP İspanyol Modifikasyonu
Coel [%]	% Coelenterata
Coel	Coelenterata
Cole [%]	% Coleoptera
Cole	Coleoptera
Crus [%]	% Crustacea

Crus	Crustacea
Dip [%]	% Diptera
Dip	Diptera
Ephe [%]	% Ephemeroptera
Ephe	Ephemeroptera
EPT [%]	% EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) Takson Sayısı
EPT	EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) Takson Sayısı
EVEN	Evenness
Gastr [%]	% Gastropoda
Gastr	Gastropoda
GOLD	Portekiz GOLD İndeksi
H	Shannon–Wiener
Hete [%]	% Heteroptera
Hete	Heteroptera
Hiru [%]	% Hirudinea
Hiru	Hirudinea
Hydr [%]	% Hydrachnidia
Hydr	Hydrachnidia
IBE	İtalyan Biyotik İndeks
IUCN	The International Union for Conservation of Nature
Lep [%]	% Lepidoptera
Lep	Lepidoptera
littor	Yüzde Littoral
MAK-ÇKS	Maksimum Ortalama Çevre Kalite Standardı
MARG	Margalef Çeşitlilik İndeksi
MTS	Mean tolerance score (Ortalama tolerans skoru)
Nem [%]	% Nematoda
Nem	Nematoda
Nemat [%]	% Nematomorpha
Nemat	Nematomorpha
NST	Number of Sensitive Taxa (Hassas Takson Sayısı)
Odon [%]	% Odonata
Odon	Odonata
Oligo [%]	% Oligochaeta
Oligo	Oligochaeta
Poly [%]	% Polychaeta
Poly	Polychaeta
prof	Yüzde Profundal
SIMP	Simpson
T	Su Sıcaklığı
Tric [%]	% Trichoptera
Tric	Trichoptera
TSI	Trofik Seviye İndeks Değeri
TTS	Taxa Tolerance Scores (Takson Tolerans Skorları)
Turb [%]	% Turbellaria
Turb	Turbellaria
YO-ÇKS	Yıllık Ortalama Çevre Kalite Standardı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Biyotik indekslerin tarihsel gelişim safhası.....	12
Şekil 3.1. Kocaçay Deltası örnek alma noktaları.....	35
Şekil 3.2. Su basar ormanı 1. örnekleme noktası genel görünümü.....	36
Şekil 3.3. Dalyan Gölü 2. ve 3. örnekleme noktası genel görünümü.....	36
Şekil 3.4. Poyraz Gölü 4. ve 5. örnekleme noktası genel görünümü.....	37
Şekil 3.5. Kocaçay 6. örnekleme noktası genel görünümü.....	38
Şekil 3.6. Arapçiftliği 7. örnekleme noktası genel görünümü.....	39
Şekil 4.1. Karacabey/17673 ve Bandırma/17114 meteorolojik istasyonları ortalama sıcaklık verileri.....	46
Şekil 4.2. Karacabey/17673 ve Bandırma/17114 meteorolojik istasyonları ortalama nispi nem verileri.....	47
Şekil 4.3. Karacabey/17673 ve Bandırma/17114 meteorolojik istasyonları ortalama aylık toplam yağış verileri.....	48
Şekil 4.4. Örnekleme noktalarının aylara göre ortalama tuzluluk değerleri.....	50
Şekil 4.5. TN ve TP'ye göre örnekleme noktalarının aylara göre ve ortalama TSI değerleri.....	54
Şekil 4.6. Birinci ve altıncı örnekleme noktalarında tespit edilen bentik omurgasız faunasına ait metre karedeki toplam organizma sayıları.....	60
Şekil 4.7. Birinci örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları.....	60
Şekil 4.8. Altıncı örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları.....	61
Şekil 4.9. İkinci ve üçüncü örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız faunasına ait metre karedeki toplam organizma sayıları.....	62
Şekil 4.10. İkinci örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları.....	63
Şekil 4.11. Üçüncü örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları.....	63
Şekil 4.12. Dördüncü ve beşinci örnekleme noktalarında tespit edilen bentik omurgasız faunasına ait metre karedeki toplam organizma sayıları.....	64
Şekil 4.13. Dördüncü örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları...	65
Şekil 4.14. Beşinci örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları.....	65
Şekil 4.15. Yedinci örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız faunasına ait metre karedeki toplam organizma sayıları.....	66
Şekil 4.16. Yedinci örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları.....	67
Şekil 4.17. A) BMWP örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) BMWP-SP örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	69
Şekil 4.18. A) ASPT örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) IBE örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	71

Şekil 4.19.	A) BMWP-HU örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) ASPT-HU örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	73
Şekil 4.20.	A) BMWP-CZ örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) ASPT-CZ örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	75
Şekil 4.21.	A) BMWP-PO örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) BMWP-GR örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	77
Şekil 4.22.	A) Gastropoda takson sayılarının örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Diptera takson sayılarının örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	79
Şekil 4.23.	A) Gastropoda kompozisyon metriklerinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Polychaeta takson sayılarının örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	81
Şekil 4.24.	A) Oligochaeta kompozisyon metriklerinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Diptera kompozisyon metriklerinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	82
Şekil 4.25.	İstasyonlara göre Kocaçay Deltası'nın zoobentozlarına ait toplam takson sayısı değerlerinin değişimi.....	83
Şekil 4.26.	GOLD Kompozisyon Metriğinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	84
Şekil 4.27.	A) Shannon–Wiener Çeşitlilik İndeksi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Margalef Çeşitlilik İndeksi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	87
Şekil 4.28.	A) Simpson Çeşitlilik İndeksi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği	89
Şekil 4.29.	A) [%] Gra-scr beslenme tipi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) [%] Shr Beslenme Tipi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	91
Şekil 4.30.	A) [%] Gat/Col beslenme tipi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) [%] Act-filt beslenme tipi örnekleme noktalarına göre box-plot.....	93
Şekil 4.31.	A) Biotic Coefficient (Biyotik Katsayı-BC) metriklerinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Biotic Index (BI) metriklerinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.	95
Şekil 4.32.	A) TTS (Taxa Tolerance Scores-Takson Tolerans Skorları) örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) MTS (Mean tolerance score-Ortalama tolerans skoru) örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	97
Şekil 4.33.	NST (Number of Sensitive Taxa-Hassas Takson Sayısı) örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	98
Şekil 4.34.	A)Yüzde Littoral (littor) örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Yüzde Profundal (prof) örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği.....	100
Şekil 4.35.	Kocaçay Deltası'nın makroomurgasız taksonlarının örnekleme noktalarına göre belirlenen Kümeleme Analizi sonuçları.....	100
Şekil 4.36.	Kocaçay Deltası'nın makroomurgasız taksonlarının aylara göre Kümeleme Analizi sonuçları.....	101
Şekil 4.37.	Bentik omurgasız taksonlarının örnekleme noktalarına ve aylara göre dağılımı ve çevresel değişkenler arasındaki ilişkiyi	103

	gösteren CCA ordınasyon grafiği.....	
Şekil 4.38.	Bentik omurgasız taksonları ve çevresel değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren CCA ordınasyon grafiği.....	104
Şekil 4.39.	Örnekleme noktalarındaki makroomurgasız taksonlarının SIMPER içinde within analizine göre ortalama benzerlik (average similarity) yüzde değerleri.....	110
Şekil 4.40.	Tüm örnekleme noktalarındaki omurgasız taksonlarının SIMPER içinde analizi benzerlik sonuçları.....	110
Şekil 4.41.	1. ve 6. örnekleme noktalarına katkı sağlayan taksonlar ve onların kümülatif etki oranları.....	111
Şekil 4.42.	2. ve 3. örnekleme noktalarına katkı sağlayan taksonlar ve onların kümülatif etki oranları.....	112
Şekil 4.43.	4., 5. ve 7. örnekleme noktalarına katkı sağlayan taksonlar ve onların kümülatif etki oranları.....	113



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. İstasyonların koordinatları	35
Çizelge 3.2. Kimyasallar ve analitik yöntemler.....	40
Çizelge 3.3. TSI'nin göl, gölet ve baraj gölleri için ötrofikasyon kriterleri.....	40
Çizelge 3.4. Kullanılan bentik metrik sistemler ve kısaltmaları.....	43
Çizelge 4.1. Çalışma alanının yedi örnekleme noktasına ait fiziksel ve kimyasal değişkenlerin minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart hata sonuçları.....	49
Çizelge 4.2. Sulakalarda tespit edilen bentik omurgasızlara ait takson listesi.....	55
Çizelge 4.3. Tolerans metriklerinin minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart hata sonuçları.....	68
Çizelge 4.4. Çeşitlilik indekslerinin örnekleme noktalarına göre SDR sonuçları ve ortalama değerleri.....	86
Çizelge 4.5. Çeşitlilik indekslerinin örnekleme noktalarında familyalara göre SDR sonuçları	86
Çizelge 4.6. CCA analizinde anlamlı çıkan çevresel değişkenlerin Lambda A, p ve F değerleri.....	102
Çizelge 4.7. Bentik Omurgasız İndeksleri ve fizikokimyasal değişkenler arasındaki Speraman Rank korelasyon analizi sonuçları.....	106
Çizelge 4.8. Simper Arasında (Between) analiziyle hesaplanan ortalama benzeşmezlik yüzdeleri.....	109

1. GİRİŞ

Sulak alan tanımı çok kapsamlı bir tanım olup terim olarak birçok farklı alanları kapsamı içine alır. Bugüne kadar sulak alanlarla ilgili pek çok tanımlama yapılmış olmasına rağmen en geçerli tanım Ramsar Sözleşmesi'nde verilen tanımlamadır. Ramsar Sözleşmesi'ne göre sulak alanlar; “alçak gelgitte derinliği altı metreyi aşmayan deniz suyu alanlarını da kapsamak üzere, doğal ya da yapay, durgun ya da akar, sürekli ya da geçici, acı, tatlı ya da tuzlu bütün sular ile ıslak çayırlar, sazlık, bataklık ve turbalıklar” olarak tanımlanmaktadır (Ramsar Convention Bureau, 2000).

Haliç ve deltalar, Avrupa Komisyonuna göre yedi ana sulakalan grubundan birini oluşturmaktadır (European Communities [EC], 2007). Deltalar, bir akarsuyun durgunlaşarak sürüklenen tortuların çökmesiyle oluşmuş ve zaman içinde ileriye doğru büyümüş düzlük alanlardır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013). Hızlı akan suların içerisinde bulunan alüvyon dibe çökme fırsatı bulamaz. Ancak akış hızı suların denize döküldüğü alanlarda hızla düşer. Böylece taşınan alüvyonlar dibe çöker ve biriken çöküntü yükselir. Bir süre sonra bu verimli toprakların birikmesiyle delta ovası oluşmuş olur. Bu verimli alanlar hem tatlı hem de tuzlu suyun karıştığı ekosistemleri içerdiklerinden dolayı birçok habitata da içerisinde bulundurulur ve bu sayede ekolojik olarak en önemli çeşitlilik alanları arasında yer alırlar (Tırıl, 2006). Lagünler ise, dalgalar ve akıntıların taşıdığı malzemenin birikerek kum birikintileri (tepecikleri) ile denizden ayrılmış sığ tuzlu su alanları/açık deniz ile bağlantılı/ayrılmış fakat genellikle onun yakınındaki göl/durgun su birikintisi şeklinde tanımlanmaktadır (Lapeds, 1978).

Delta ve lagünler, zengin biyoçeşitlilik ve kıyı ekolojisine sahip olmaları bakımından önemli alanlardır. Ekosistem servisleri açısından da büyük katkı sağlarlar (Barbier vd., 2011). Bu ekosistem servislerine örnek olarak, iklimi düzenleme, havayı-suyu temizleme, taşkın kontrolü, toprak oluşumu, nutrient döngüleri vb. sayılabilir. Ayrıca oksijen üreten, organik maddelerin suda çözünmesini sağlayan, su kalitesini koruyan ve iyileştiren, zehirli atıkları arıtan, erozyonu kontrol eden, fırtınalara karşı kıyıları koruyan, tuzlu suyun yer altı suyuna karışmasını önleyen, çevresindeki insanlar için yüzme, sörf balıkçılık gibi rekreasyonel faaliyetlere kadar bir dizi ekonomik ve kültürel

amaçlı kullanıma sahip özel habitatlardır (Atalay vd., 2015). Delta ve lagünler çok hassas ekosistemlere sahip olduklarından çevresel faktörlerin etkisiyle fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlere uğrayabilmektedirler (Atalay vd., 2015). Bu değişimleri anlamak ve bu konuda önlemler almak için bu hassas alanların düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir.

Su Çerçeve Direktifi, (2000) iç suların ve kıyı-geçiş sularının izlenmesi amacıyla Avrupa Birliği'nin çıkardığı en kapsamlı su mevzuatıdır. Üye ülkelerin Su Çerçeve Direktifi'ne göre 2025'e kadar tüm su kütlelerini iyi su durumuna getirmeleri gerekmektedir (Su Çerçeve Direktifi, 2000). Bu direktifin ana amacı; su kaynaklarının korunması, bozunmasının engellenmesi ve iyileştirilmesidir. Ülkemiz Avrupa Birliği'ne uyum müzakereleri kapsamında su kaynaklarının biyolojik olarak izlenmesinde Su Çerçeve Direktifi'ni temel alarak ulusal mevzuatta düzenlemeler yapmıştır. Bu yönetmeliklerden olan ve 2012 yılında çıkarılan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, yerüstü su kütlelerinin kalite durumlarını sınıflandırmasında ekolojik durum değerlendirilmesini referans almaktadır (Resmi Gazete, 2012). Bu yönetmeliğe göre ekolojik durumun belirlenmesinde Su Çerçeve Direktifi'nde olduğu gibi biyolojik kalite unsurları, genel kimyasal ve fizikokimyasal kalite unsurları ve hidromorfolojik kalite unsurları ile birlikte değerlendirilmektedir. Biyolojik kalite unsurları olarak ise bentik omurgasızlar, makrofitler, balıklar, fitobentoz ve fitoplankton grupları değerlendirilmektedir (Resmi Gazete, 2019). Delta ve lagünler geçiş suları tiplerinden olması sebebiyle 6 yılda 1 yıl, yılda 4 kez izlenmesi gereken alanlardır (Gök, 2014).

Çalışma alanı olarak seçilen Kocaçay Deltası coğrafik olarak Marmara Bölgesi'nde, idari olarak Bursa ili sınırları, Mudanya ve Karacabey ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Kocaçay Deltası, Sulak Alan Yönetim Planı Aralık 2020'de 5 yıllığına yürürlüğe girmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı 2. Bölge Müdürlüğü, 2020). Ramsar Sözleşmesi'nce belirlenen dokuz adet kriterden (Ramsar Conventin Bureau, 2000) en az birine sahip olması sebebiyle alan 05.09.2018'de Mülga Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Ulusal Öneme Haiz Olan Sulak Alan olarak tescil edilmiştir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2018; Tarım ve Orman Bakanlığı 2. Bölge Müdürlüğü, 2020). Alan aynı zamanda önemli bitki alanı (ÖBA) ve kuş alanı (ÖKA) dır (Orman ve Su İşleri

Bakanlığı, 2018). Biyolojik çeşitliliğin yüksek olduğu alanda endemik bitki ve balık türleri yaşamaktadır. IUCN kriterlerine göre korunması gereken bazı bitki ve hayvan türlerine ev sahipliği yapmaktadır. Örneğin alanın bayrak türleri olan, IUCN kriterlerine göre NT (Near Threatened - neredeyse tehdit altında) kategoride olan *Felis sylvestris* (yaban kedisi) ve *Lutra lutra* (su samuru) bu türlere örnek olarak verilebilir.

Alanda habitat çeşitliliği çok zengin olup su basar ormanları, sazlık-bataklık alanlar, lagün gölleri ve akarsu gibi farklı su kütleleri bulunmaktadır. Kocaçay Deltası'nda bulunan farklı su kütlelerinden seçilen örnekleme noktalarında deltanın zoobentoz komünite yapısının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra bu canlıların abiyotik faktörlerle çeşitli fiziksel ve kimyasal değişkenlerle olan ilişkisi de araştırılmıştır. Bu çalışmayla 1) Kocaçay Deltası gibi eşsiz bir alanın zoobentik komünite yapısının ilk defa ortaya konulması amaçlanmıştır. 2) Çok değişkenli istatistikî yöntemlerle çevresel değişkenler ile zoobentoz komünitesi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. 3) Farklı su kütlelerinde (su basar orman, lagün gölleri, akarsu) tespit edilen bentik omurgasızlardan yararlanarak uygulanan çeşitli metrikleri kullanarak alanın su kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 4) Ayrıca alandaki antropojenik ve diğer baskıların ortaya konulması bir diğer araştırma amacını oluşturmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kocaçay Deltası'nda Yapılan Çalışmalar

Literatür çalışması sonucunda Kocaçay Deltası (Karacabey) sulak alanında bentik omurgasızlar ile ilgili yapılmış ayrıntılı bir araştırma veya tez çalışması bulunmamaktadır. Alanda yapılan çalışmalar kronolojik olarak aşağıda verilmiştir.

Tatar (1987), Güney Marmara Bölgesi Karacabey lagünlerinde üretimi arttırıcı araştırmalar adlı proje çalışmasını 1985-1987 yılları arasında yürütmüştür. Çalışma, Arapçiftliği, Dalyan ve Poyraz Göllerinden, Kocadere ve Marmara Denizinden aylık periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda alanın balık popülasyonu ve suların fiziksel ve kimyasal özellikleri ortaya konmuştur.

Max Kasperek'in yayımcısı olduğu 1996 yılında çıkan "The Birds of Turkey" isimli kitabın 12. cildinde Kocaçay Deltası'nın kuşlarını Kemal Topaç Ertan kaleme almıştır (Ertan, 1996).

Sarı (2008), yaptığı çalışmada Marmara Denizi'nin güney bölümündeki kirletici kaynakları araştırmıştır. Nilüfer Çayı ve Simav Çaylarının birleştiği Kocasu Deresinden ve Kocaçay Deltası'ndan sediman numuneleri alınmıştır. Alınan sedimanlarda ağır metal (Al, Cu, Cr, Fe, Ni, Mn, Zn ve Pb) analizi yapılmıştır. Kocasu'da Cr, Pb ve Zn ağır metallerinin ortalama değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Sarı, bu yüksek konsantrasyonların derenin jeomorfolojik yapısından kaynaklı volkanik kayaç yapısına ek olarak, havzaya deşarj edilen tabakhane ve endüstriyel atıkların sebep olduğunu söylemiştir.

Yaman (2008), Kocaçay Deltası'nda 2004-2008 yılları arasında yaptığı doktora tezi çalışmasında; 15 ordo ve 44 familyaya dahil olan toplam 114 kuş türü tespit etmiştir.

Saçın (2010), doktora tezi çalışmasında Kocaçay Deltası ve Uluabat Gölü'nü uzaktan algılama yöntemlerini kullanarak incelemiştir. Poyraz Gölü, Dalyan Gölü ve

Arapçiftliği Gölündeki, değişimler ve Kocaçay nehir ağzındaki kıyı çizgisi değişimi 2000 - 2007 yılları arasında uzaktan algılama metodu ile değerlendirilmiştir. Uydu fotoğrafları, EIE Akım Gözlem İstasyonu verileri, meteorolojik veriler ve DSİ su değişim verileri incelenmiştir. Sonuç olarak, göllerin alanlarının fark edilir oranda küçüldüğü görülmüştür.

Dorum vd. (2010) Susurluk Havzası'nın yağış-akış modelleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada Kocasu Deresi de örnekleme noktalarından birisi olarak belirlenmiştir. Çalışma sonunda ANFIS ve ANN modellerinin yağış-akış ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur.

Irtem ve Saçın (2012), Kocaçay Deltası'nı 2000-2007 yılları arasında uzaktan izleme yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışma sonunda Arapçiftliği Gölü'nün 2000 ve 2007 yıllarında % 29,5 küçüldüğünü tespit etmişlerdir. Yağışın yoğun olduğu dönemlerde bile gölün küçülmeye devam etmesinin nedeni olarak, göl alanına yakın kurulan tarım alanlarından akan tortulardan kaynaklandığı sonucunu çıkarmışlardır. Dalyan ve Poyraz Göllerinin ise 2000 ve 2007 yıllarında toplam yüzölçümlerinin % 60'ını kaybettiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışma sonucunda alanda bulunan lagün göllerinin sağlıklı ve kontrollü yönetilmeleri için, izleme programlarına uzaktan izleme sistemlerinin de dahil edilmesi gerektiği sonucunu ortaya koymuşlardır.

İncedayı (2015), doktora tezi çalışmasında, Kocaçay Deltası'nın genel özelliklerini, iklimini, flora ve fauna elemanlarını ve bunlar arasındaki ilişkileri ekosistem bazında ele alarak incelemiştir. Ayrıca araştırmacı bu çalışmasında deltayı etkileyen olumsuz çevresel faktörlerin de neler olduğunu ortaya koymayı amaçlamıştır.

Özşahin (2015), Gönen ve Kocasu Nehir Delta'larının 1987 ve 2010 yılındaki uydu görüntü verilerini kullanarak arazi kullanımı ve kıyı şeridindeki değişiklikleri incelemiştir. Çalışma sonucunda deltalarda tarım, yerleşim ve çalılık alanlarının zaman içinde arttığı, orman ve açık alanların ise azaldığı sonucuna varılmıştır. Kıyı şeritlerinin ise her iki deltada da az oranda gerilediği tespit edilmiştir.

Kurt (2016), Marmara Denizi'nin güney kıyılarında zamana bağlı kıyı çizgisi değişimini incelemiştir. Çalışmada, Kocasu (Kocaçay) Nehri ağzından inşaat amaçlı kum çıkarılması nedeniyle kıyı şeridinin değiştiği tespit edilmiştir. Bu alanda 1984 - 2003 yılları arasında 0,21 km² ve 2003 - 2011 yılları arasında ise 0,22 km²'lik bir alandan kum çıkarıldığı doğrulanmıştır.

Pehlivan (2017), Kocasu Deltası'nda MTA araştırma gemisiyle farklı derinliklerden yüzey çökel örnekleri toplamıştır. Bu örneklerde ağır metal birikimleri, bu birikimlerin dağılımları, kirliliğin boyutları ve olası kaynakları araştırılmıştır. Toplam 74 adet örneğin tane boyu, organik karbon, toplam karbonat analizleri ile jeokimyasal analizler (Fe, Cr, Ni, Cu, Zr, Mn, Cd, Zn, Pb, As, Sb, V) yapılarak elde edilen element değerlerinin tane boyuna ve derinliğe göre değişimleri değerlendirilmiştir. Ayrıca elementlerin ve diğer parametrelerin birbirleri ile olan ilişkileri bazı istatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre Ni, Cr ve Pb elementleri dışında kalan metallerin ortalama değerleri dünya ortalama değerlerinin altında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ağır metal ortalama birikim düzeyleri Ni>Pb>Cr>Zn>Sb>Fe>V>Mn>Cu>Zr>As>Cd şeklinde tespit edilmiştir.

Keçeli ve Ursavaş (2017), İğneada Longoz Ormanları Milli Parkı, Acarlar Göl'ü Longoz Ormanları ve Kocaçay Deltası (Karacabey-Bursa) Longoz Ormanlarında 2015-2017 yılları arasında farklı mevsimlerde toplam 1140 briyofit örneği toplamış ve değerlendirmiştir.

Akbulut ve Tavşanoğlu (2018), Kasım 2013- Mart 2015 tarihleri arasında Dalyan ve Arapçiftliği göllerinden aylık olarak üçer örnekleme noktasından zooplankton örnekleme yapılmıştır. Sahada T, Eİ, tuzluluk, ÇO, pH YSI Pro Plus multiprob ile ölçülmüştür. Sahadan alınan 1,5 L'lik su numunelerinden laboratuvarında kimyasal (anyon ve katyonlar) ve biyolojik (klorofil-a) analizler yapılmıştır. Zooplankton taksonları ve çevresel değişkenlerle ilişkileri istatistiksel olarak ortaya konmuştur.

Tavsanoğlu ve Akbulut (2019), Kocaçay Deresi'nden belirlenen 4 örnekleme noktasında 2013-2015 tarihleri arasında örneklenen zooplanktonların fonksiyonel gruplarının mevsimsel dinamiklerini araştırmıştır.

Keçeli ve Ursavaş (2019), Kocaçay Deltası Longoz Ormanları'nın ciğerotu çeşitliliğini araştırmıştır. Alandan toplanan 75 ciğerotu örneğinin teşhisleri yapılmış ve 13 familyaya ait 14 cins ve bu cinslere ait toplam 16 tür tespit edilmiştir.

Alanda, Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı II. Bölge Müdürlüğü tarafından "Kocaçay Deltası Sulak Alan Alt Havzası Biyolojik Çeşitlilik Araştırma Alt Projesi" gerçekteşirilmifitir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2018). Bu çalışma sonunda alanda bulunan bitki ve hayvan (omurgasız, omurgalı, memeli ve kuş) çeşitliliği belirlenmiş, hassas, nadir ve endemik türlerin yayılım alanları tespit edilmiştir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2018). Bu raporda bentik omurgasızlarla ilgili çok kısıtlı bilgiler verilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı 2. Bölge Müdürlüğü Kocaçay Deltası Sulak Alan Yönetim Planı (2021-2025) Nihai Raporu kapsamında alanda habitat ve biyolojik Çeşitlilik araştırılmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı 2. Bölge Müdürlüğü, 2020). Elde edilen veriler doğrultusunda (Fiziki, kimyasal ve biyolojik [flora ve fauna]) alandaki sorunlar sorun ağacı analizi yapılarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında ideal hedef, uygulama hedefleri ve yapılması gereken faaliyetler belirlenerek 2021-2025 yılları arasında beş yıl süre ile geçerli yönetim planı yürürlüğe girmiştir.

Gül (2021), Susurluk Havzası (Kocaçay Deltası) içerisinde yer alan Dalyan Lagünü ile Kızılırmak Deltası'nda bulunan Gıcı Gölü'nde yüksek lisans çalışması kapsamında, zooplankton faunasını tespit etmiştir. İki alandaki zooplanktonların bollukları, mevsimsel dağılımları, çeşitlilik analizleri ve dominant türlerin biyokütleleri ve değişimleri araştırılmıştır. İki göl karşılaştırıldığında, tür kompozisyonu bakımından büyük oranda farklılık gösterdiği görülmüştür. Çalışma sonunda, iki göl arasında antropojenik, hidrolojik ve coğrafik faktörler nedeniyle zooplankton biyokütlesi ve dağılımında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Dalyan Lagünü'nde 3'ü cins düzeyinde olmak üzere toplam 4 copepoda taksonu ve 15'i Rotifera olmak üzere toplamda 19 takson tespit edilmiştir.

Ursavaş vd. (2021), 2016-2017 yıllarında, Acarlar Gölü (Sakarya-Karasu), Karacabey Longoz Ormanı (Bursa) ve Samanlı Dağları (Sakarya-Akyazı)'nda briyofit florasını belirlemek için bir araştırma yapmışlardır. Çalışma sonunda Türkiye için yeni bir kayıt olan *Dicranella staphylina* (Dicranaceae) türünü tespit etmişlerdir.

Sütünç (2021), “Korunan alanlar arasındaki peyzaj bağlantılılığının düğüm noktaları kullanılarak değerlendirilmesi” adlı çalışmasında Bursa'daki bazı korunan alanları değerlendirmiştir. Çalışmada, Kocaçay Deltası Bursa İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019) baz alınmıştır ve Türkiye'de nadir olarak bulunan su basar ormanı ekosisteminin ve kumul vejetasyonun önemine dikkat çekilmiştir.

Yaşa ve Uzun (2022), alanda ornitofauna araştırması yapmışlardır. Bu çalışmada, Kocaçay Deltası'nda bir yıl boyunca (2017) yapılan çalışma sonunda 19 takıma ait 45 familyadan 119 kuş türünün varlığını bildirmişlerdir.

Almas vd. (2022), Susurluk Havzası'nın geçmişten günümüze mikroplastik birikimini incelemişlerdir. Ağustos 2020'de KC-Danimarka Kajak Corer (32/20 kısa karot makinesi) kullanılarak Uluabat Gölü ve Kocaçay Deltası'nın en derin noktalarından ikişer karot numune alınmıştır. Ayrıca örnekleme noktalarında T, ÇO, Eİ, tuzluluk, klorofil-a, seki derinliği ve trofik seviye ölçümleri de yapılmıştır. Uluabat'tan gelen sediment kor numunesi 1960'lara kadar uzanmaktadır ve numunenin çoğuna liflerin hakim olduğu tespit edilmiştir. Tekdüze bir dağılım modeli olmamasına rağmen, göl bir Ramsar alanı haline geldikten sonra mikroplastiklerin sayısı azalma eğilimi göstermiştir. Kocaçay Deltası kor örneklemesinde, alanındaki sürekli karışma nedeniyle, tarihlendirilmesi yolunda engeller oluşturmuştur. Bununla birlikte, veriler son on yılda çok sayıda ve çeşitli mikroplastiklerin alanda biriktiğini göstermiştir. Bu sonuçlar, doğrudan havzadan Marmara Denizi'ne ulaşan mikroplastik kirliliği olarak yorumlanabilir. Bu bulgular, plastik bir kronostratigrafinin, su ekosistemlerinde mikroplastik birikimine ilişkin önemli zamansal veriler vereceğini ortaya koymuştur.

2.2. Türkiye'deki Lagünlerde Yapılan Bentik Omurgasız Çalışmaları

Kazancı vd. (2013), Köyceğiz – Dalyan Gölü nehirağzı kanal sisteminin fizikokimyasal ($T^{\circ}C$, pH, ÇÖ, Eİ, Ca^{+2} , Mg^{+2} , tuzluluk, $NH_4^{+}-N$, SO_4^{-2} , PO_4^{-3} , $NO_2^{-}-N$, $NO_3^{-}-N$) değişkenleriyle bentik omurgasız ilişkisini ortaya koymuşlardır. Ağustos 1991 ile Eylül 1992 yılları arasında 6 istasyondan aylık örnekleme yapmışlardır. Bryozoa, Polychaeta, Gastropoda, Bivalvia ve Crustacea gruplarından 21 tür teşhis etmişlerdir. Dalyan Kanalından belirlenen istasyonların (3 ve 4) bentik omurgasız dağılımı, Köyceğiz Gölü ve Akdeniz'den belirlenen istasyonlara kıyasla sabit tuzluluk nedeniyle en yüksek tür çeşitliliğine sahip istasyonlar olarak tespit edilmiştir. Tür dağılımını en çok etkileyen fizikokimyasal değişkenlerin; tuzluluk, su sıcaklığı, fosfat, magnezyum, çözülmüş oksijen ve sülfat olduğu belirtilmiştir.

Altınsaçlı vd. (2017), Kamil Abduş Lagünü'nde (İstanbul) yaşayan bentik omurgasız kompozisyonunu analiz etmişlerdir. Bu çalışmada, lagünün tuzluluklarının farklı olduğu tatlı su, acı su ve deniz suyu bölümlerine odaklanılmış 4 örnekleme noktası belirlenmiştir. Bentik omurgasızların yanısıra çeşitli fizikokimyasal parametreler de ölçülmüştür ($T^{\circ}C$, pH, tuzluluk, Eİ, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli, ÇO, oksijen doygunluğu, atmosferik basınç, Chl-a, NO_2-N , NO_3-N , ortofosfat). İstanbul'un Tuzla ilçesinde bulunan bu küçük ve sığ lagün, Marmara Denizi ile hidrolojik olarak bağlantılıdır. Bu lagünün büyük bir kısmı, deniz suyu girişinden ve antropojenik faaliyetlerden güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Çalışma sonunda alanda toplam 63 omurgasız taksonu bulunmuştur. Bulgulara göre Kamil Abduş Lagünü sığ, su sütunu iyi karışmış, acı, iyi oksijenlenmiş, alkali ve mezo-ötrofik bir lagündür.

Aslan vd. (2018), Gökçeada (Çanakkale) Tuz Gölü Sulak Alanı'nın (gölü besleyen dere, deniz ve sulak alan çevresindeki karasal alan) tür çeşitliliği ve komünite yapısı hakkında ayrıntılı bilgi sağlamak amacıyla bir araştırma yapmıştır. 2016 yılında 9 farklı istasyondan sucul tür çeşitliliği (alg, omurgasız ve balık) ve çevre sulak alandaki karasal tür çeşitliliği (bitki, amfibi, sürüngen, kuş ve memeli) mevsimsel olarak incelenmiştir. Gölde toplam 23 makrobentik omurgasız taksonu ve denizden 131 omurgasız türü tespit edilmiş, Gökçeada deniz faunasında toplam 71 deniz omurgasız türü ilk kez rapor

edilmiştir. Elde edilen veriler, ada ekosistemlerinin anlaşılması için bir temel oluşturmasının yanısıra sulak alanların korunmasına yönelik eylem planlarında kullanılmak üzere de önemli bir araç görevi göreceğini ortaya koymuştur.

Aydın vd. (2022), Küçükçekmece Lagünü'nün (İstanbul) trofik düzeyini belirlemek amacıyla 5 istasyonda 2014 - 2015 yılları arasında mevsimsel olarak su ve sediment örnekleme yapılmıştır. Sediment incelemeleri indikatör makroomurgasızları belirlemek için yapılırken, alandan fizikokimyasal (T°C, pH, EI, ÇO, toplam çözünmüş madde, tuzluluk, TP, SO₄⁻², NO₂-N, NO₃-N, PO₄⁻³, SiO₂, klorofil-a ve seki diski derinliği) ölçümler de yapılmıştır. Bray-Curtis İndeksi, istasyonların çevresel koşullar açısından benzerliklerini belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca seki diski, toplam fosfor, klorofil-a verileriyle Carlson Trofik Seviye İndeksi (TSI) kullanılarak gölün trofik seviyesi belirlenmiş ve lagün gölünün ötrofik karakterli olduğu tespit edilmiştir. Sediment incelemesinde toplam 6 makroomurgasız taksonuna ait (*Polychaeta*, *Tubificoides* sp., *Tubificoides benedii*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Bivalvia*, ve *Chironomus salinarius*) indikatör türler tespit edilmiş ve bu taksonların kalitatif olarak ötrofik koşulları desteklediği gözlenmiştir.

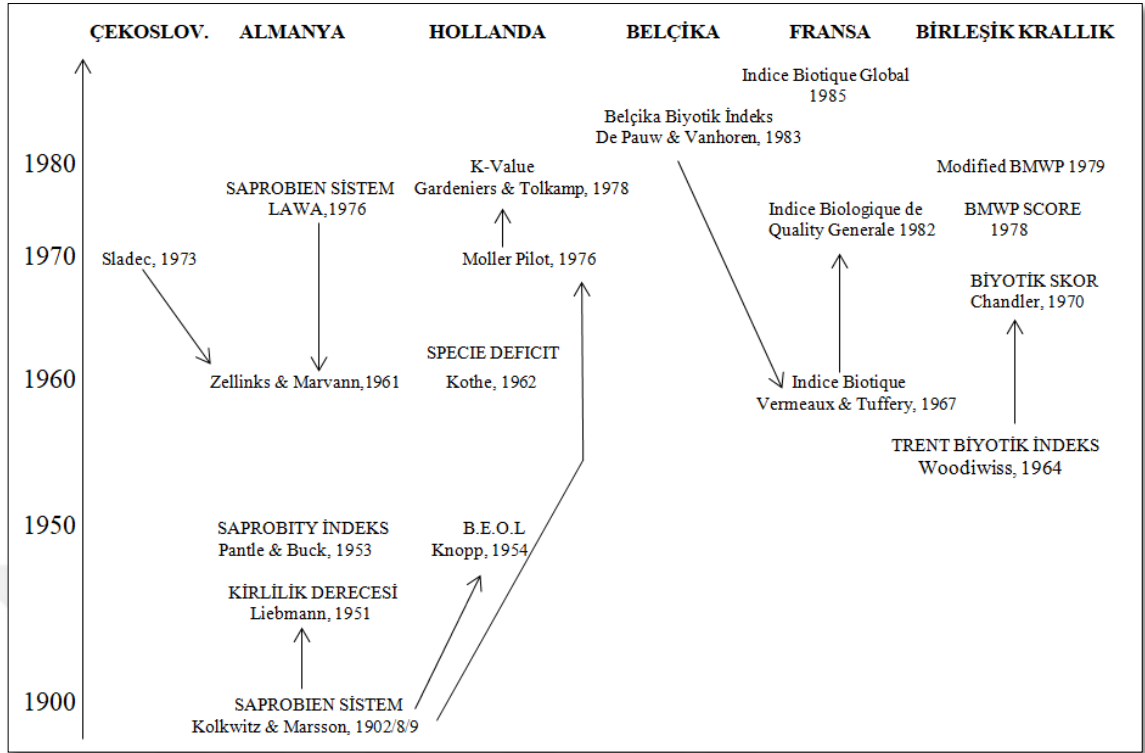
Hisli vd. (2022), Hersek Lagünü'nden (Yalova) Temmuz 2017'de 6 istasyondan bentik omurgasız örnekleme yapılmıştır. Arazi esnasında bazı fizikokimyasal (T°C, pH, tuzluluk, ÇO, toplam organik karbon, çamur yüzdesi) değişkenlerin ölçümü de gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda lagün gölünde 26 familyaya ait 34 bentik omurgasız taksonu teşhis edilmiştir. Pearson Korelasyon Katsayısı ile fizikokimyasal parametreler ile tür sayısı ve birey sayısı ilişkisi analiz edilmiştir. Tuzluluk ile tür ve birey sayısı zıt bir ilişki gösterirken çözünmüş oksijenle tür sayısı pozitif bir korelasyon göstermiştir. İstasyonlar arası benzerlik, Bray-Curtis Similarity Index ve Multidimensional Scaling Analysis (MDS) ile belirlenmiştir. İstasyonlar arasında % 60 benzerliği oluşturan 3 ana grup oluşmuştur. İlk grup 2. ve 3. istasyonlar arasında (benzerlik % 63,07), 2. grup 1. ve 6. istasyonlar arasında (benzerlik % 69), 3. grup ise 4. ve 5. istasyonları (benzerlik % 66,73) arasında belirlenmiştir. SIMPER analizi ile katkı oranları incelenmiştir. 1. grupta *E. ventrosa* (% 11,43), *A. alba* (% 8,98) ve *Oligochaeta* türleri (% 100) bu benzerliğe katkıda bulunmuştur. 2. grupta, *A.alba* (% 22,98), *H.*

diversicolor (% 6,69), *E. ventrosa* (% 4,74) ve *P. cornuta* (% 3,76); 3. grupta ise *M. insidiosum* (% 24,52), *P. cornuta* (% 2,30), *E. ventrosa* (% 1,75) ve *H. diversicolor* (% 1,02) katkı sağlamışlardır. Ayrıca çeşitlilik indeksleri (Pielou ve Shannon-Weaver) incelenmiş ve tüm istasyonlarda çeşitlilik zayıf bulunmuştur. Düşük seviyelerde çözünmüş oksijen ve lagün tortusu boyunca yüksek toplam organik karbon içeriği, özellikle açık denizden uzak istasyonlarda bentik faunayı olumsuz etkiliyor gibi görünmektedir.

2.3. Biyolojik Metrik ve İndekslerin Tarihsel Gelişimi

Su kalitesinin biyolojik olarak belirlenmesinde fitoplankton, perifiton, makrofit, zoobentoz ve balıklar akarsularda olduğu gibi göllerde de kullanılan indikatör gruplardır. Zoobentik komünite, sudaki kirliliğe farklı tepki vermeleri sebebiyle su kalitesi çalışmalarında yaygın olarak kullanılırlar. Diğer canlı gruplarına nazaran daha fazla tercih edilmelerinin nedenleri arasında kirleticiler hakkında daha uzun süreli bilgi vermeleri, daha az masraflı olmaları ve su kalitesi çalışmalarında familya düzeyinde teşhisinin yeterli olması gibi sebepler sayılabilir (Metcalf, 1989).

Sudaki kirlilik, biyolojik indikatörlerle değerlendirilmeye 1800'lü yıllarda Cohn ve Kolenati'nin çalışmaları ile başlamıştır (Liebmann, 1962). O zamandan beri 50'den fazla farklı yöntem ortaya çıkmıştır (De Pauw & Vanhooren, 1983). Bu yöntemler plankton ve perifiton komünite varlıklarına dayanan Saprobik Sistem ve makroomurgasız indikatörlerinin varlığına ve/veya yokluğuna odaklanan yöntem olarak iki farklı gruba ayrılabilir (Metcalf, 1989). Şekil 2.1'de Biyotik indekslerin tarihsel gelişim safhaları özet halinde verilmiştir.



Şekil 2.1. Biyotik indekslerin tarihsel gelişim safhası (Knoben vd., 1995)

Makroomurgasızların su kalitesi tayini için ilk kullanılan sistem Saprobi sistemi olmuştur ve kendisinden sonra geliştirilen birçok indekse de temel olmuştur. Avrupa’da, Sabrobi sistemi dışında geliştirilen ilk biyotik indeks, Trent Biotik İndeks olmuştur (Woodiwiss, 1964). Biyotik indeks ve skor sistemleri üzerine, Avrupa Toplulukları Komisyonu Çevre ve Tüketici Koruma Servisi (Environment and Consumer Protection Service of the Commission of European Communities-[EEC]) 1975 yılında bir dizi interkalibrasyon çalışmaları ve seminerler başlatmıştır. Komisyon tarafından Avrupa’da yapılan çalışmaların ve yöntemlerin standartlaştırılması kabul edilmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda Trent Biyotik İndeks’inden türetilen Genişletilmiş Biyotik İndeks referans yöntemi olarak benimsemiştir (Woodiwiss, 1980).

İskoçya’da geliştirilen Chandler Biyotik Skor İndeksi, TBI’yi temel alan ancak daha kapsamlı bir liste ile birlikte bolluk faktörünü de içeren bir indekstir (Chandler, 1970). EEC’nin girişimlerinin sonucu olarak 1978’de İngiltere’deki tüm akarsuların makroomurgasızlar kullanılarak biyolojik olarak araştırılması için Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Biyotik İndeksi (BMWP) geliştirilmiştir (Hellowell, 1978). Bu indekste

Chandler skor sistemi daha sadeleştirilerek standart hale getirilmiştir. Bu metrikte familya düzeyinde teşhis yeterli olmaktadır ve bolluk faktörü göz ardı edilmiştir. Her Taksonun Ortalama Değeri (Average Score Per Taxon=ASPT), örneklemede elde edilen toplam BMWP değerinin o örnekleme noktasındaki toplam familya sayısına bölünmesiyle bulunur. ASPT, BMWP'ye göre yaşam döngüsünden ve mevsimsel değişimlerden daha az etkilenir ve numune miktarı, numune alma ve substrat gibi değişkenlerin neden olduğu olumsuz etmenleri en aza indirmektedir (Kılçık, 2015).

Indice Biotique (IB) Fransa'da TBI'den türetilerek Tuffery ve Verneaux (1967) tarafından geliştirilmiştir. Şekil 2.1'de görüldüğü üzere bu metrik geliştirilerek 2 farklı versiyonu daha yapılmıştır. Belçika Biotik İndeks Yöntemi (BBI), Fransa'dan Indice Biotique'i İngiltere'den Trent Biotik İndeksi için kullanılan örnekleme yöntemlerinin birleştirilmiş ve geliştirilmiş versiyonudur (De Pauw & Vanhooren, 1983). Familya Biotik İndeks (FBI), Hilsenhoff (1988) tarafından geliştirilmiş Familya Biotik İndeks'te (FBI), sadece Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata, Lepidoptera, Coleoptera, Megaloptera, Diptera, Isopoda ve Amphipoda grupları kullanılmaktadır.

BMWP'nin farklı ülkelere revize edilmiş versiyonları bulunmaktadır. İlk örneği ve diğer metrik çalışmalara da öncü olan versiyonu ise BMWP İspanyol modifikasyonudur (BMWP-SP) (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988). BMWP-SP versiyonunda makroomurgasız listesi artmış ve bazı grupların skorlarında değişiklikler yapılmıştır. Bölgelere göre düzenlenen BMWP ve ASPT versiyonlarına örnek olarak bu çalışmada da kullanılan: BMWP Macaristan modifikasyonu, Average Score Per Takson Macaristan modifikasyonu, BMWP Çekya modifikasyonu, Average Score Per Takson Çekya modifikasyonu, BMWP Polonya modifikasyonu, BMWP Yunanistan modifikasyonu verilebilir.

BMWP indeksi Türkiye'de de Kazancı vd., (2013), tarafından Yeşilirmak Nehri baz alınarak Türkiye versiyonu geliştirilmiştir (Yeşilirmak BMWP (Y-BMWP)). Ancak Türkiye'yi kapsayan tek bir indeks geliştirmek, farklı tipteki akarsuların çokluğu, yüksek endemizme sahip Anadolu coğrafyası sebebiyle, mümkün görülmemektedir

(Kazancı vd., 2013). Bu sebeplerle çok fazla çalışma yapıp olabildiğince fazla metrik denenip istatistiksel analizlerle test edilmesi gerekmektedir (Akay, 2015).

Genişletilmiş İtalyan Biyotik İndeks (IBE), 1997'de Ghetti'nin TBI biyotik indeksinin İtalyan versiyonunu geliştirmesiyle ortaya çıkmış bir metriktir (Ghetti, 1997).

2000'li yıllara geldiğimizde Avrupa Birliği 23 Ekim 2000 tarihli ve 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi'ni (Water Framework Directive-SÇD) yürürlüğe koymuştur (Su Çerçeve Direktifi, 2000). Bu direktif, diğer direktiflerden (İçme Suyu Direktifi, Yüzme Suyu Direktifi, Kabuklu Direktifi, Balık Direktifi, Yeraltı Suyu Direktifi, Pestisit Direktifi, Nitrat Direktifi ve Tehlikeli Maddeler Direktifi vb.) hepsini bir arada ele alan tek bir yönetmelik olmasıyla ayrılmaktadır. Direktif, izlemeye bütünleşik bir kapsamda yaklaşmaktadır. Hem biyolojik kalite unsurları (fitoplankton, perifiton, makrofit, makroomurgasızlar ve balık), hem fiziko-kimyasal parametreler hem de hidromorfolojik kalite unsurları birlikte değerlendirilmektedir.

AQEM / STAR Ecological River Classification System projesi, AB tarafından finanse edilen 2000-2002 yılları arasında 8 ülkenin (Avusturya, Çek Cumhuriyeti, Almanya, Yunanistan, İtalya, Hollanda, Portekiz ve İsveç) 28 akarsuyundan bentik omurgasızlarla akarsuları değerlendirmek için geliştirilmiş bir projedir (STAR Ecological River Classification System [AQEM], 2002). Bu proje sonunda ASTERICS 4.04 yazılımı geliştirilmiş ve Avrupa sularında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Multimetrik İndeks (MMI), SÇD'ye göre biyolojik su kalitesini belirlemek için farklı organizma grupları kullanılarak, havzalara ve ekolojik bölgelere özgü geliştirilmeye başlanmıştır (Hering vd., 2006). Birçok metriği bir arada değerlendirme imkanı sunan AQEM yazılımıyla birlikte MMI ile ilgili çalışmalar artmıştır (Akay & Dalkıran, 2020; Böhmer vd., 2004; Hering vd., 2004; Macedo vd., 2016; Solimini vd., 2008). MMI'de örnekleme noktalarının metrik değerleri, 0 ile 1 arasındaki bir değere dönüştürülür. O alan için sınıf sınır değerlerine göre Ekolojik Kalite Oranı (Ecological Quality Ratio-EQR) ortaya çıkar. 0-1 arasında değerler 5 grupta temsil edilir (yüksek, iyi, orta, zayıf, kötü) (Dügel, 2016).

2.4. Bentik Omurgasızların Kullanıldığı Biyotik İndeksler ile İlgili Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Zeybek vd. (2014), Değirmendere Deresi’nin (Isparta) su kalitesini BMWP (BMWP; Orijinal, İspanyol, Macar, Çek ve Polonya versiyonları) ve ASPT’nin (ASPT; orijinal, Macar ve Çek versiyonları) farklı versiyonlarını ASTERICS yazılımı kullanılarak belirlemişlerdir. Derenin su kalitesi kirlenmemiş/az kirliliğe sahiptir. Ancak BMWP'nin farklı versiyonlarının puan değerleri birbirinden farklı tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak BMWP versiyonlarının ülkelerin jeolojik ve ekolojik özelliklerine göre uyarlanması olduğunu söylemişlerdir. BMWP ve ASPT indekslerinin Türkiye akarsularında kullanımı için daha fazla test edilmesi ve bu indekslerin Türkiye’nin jeomorfolojik ve çevresel özelliklerine göre uyarlanması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Çınar vd. (2015), İzmir Körfezi ile Ege ve Levanten denizlerinden toplanan bentik örnekleri, ulusal veri tabanına dayalı olarak AMBI, M-AMBI, MEDOCC, BENTIX ve TUBI (Turkish Benthic Index) gibi farklı biyotik indeksler kullanılarak analiz etmiştir. Organik zenginleştirmelerin (organic enrichment) bentik topluluk yapıları üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yeni bir biyotik indeks, TUBI (Türk Bentik İndeksi) önerilmiştir. Bu yeni indeksin iki metriği Shannon-Weaver Çeşitlilik İndeksi (metrik 1) ve ekolojik grupların nispi bolluğu (metrik 2) olarak belirlenmiştir. Beş ana gruba ayrılan türler, hassas türler (GI ve GII), toleranslı türler (GIII) ve fırsatçı [opportunistic] türler (GIV ve GV) olmak üzere üç ana kategori altında düzenlenmiştir. TUBI puanları 0 ile 5 arasında değişmekte olup, artan TUBI puanları ile su kalitesi de artmaktadır. Bazı istisnalar dışında kullanılan tüm biyotik indeksler, zayıf ve kötü su kalitesi inorganik azot ile biyotik indeksler arasında yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, TUBI’nin çevresel değişkenlerle diğer metriklere göre en yüksek negatif korelasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bu indeksin bentik komüniteleri üzerine kirlilik kaynaklı etkilerin değişimlerini daha iyi belirlediği bulunmuştur.

Dügel (2016), "Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik Değerlendirme Sisteminin Kurulması" projesi kapsamında "Tatlı Sularda (Nehir-Göl) Bentik Makroomurgasız

Kılavuz Dokümanı'nı oluşturmuştur. Dokümanda örnekleme ve analiz yöntemleri, ASTERICS yazılımının nasıl kullanıldığı anlatılmaktadır. Projede belirlenen 8 havza özelinde nehirlerde ve göllerde belirlenen referans noktalar, indekslerde kullanılan metriklerin referans değerleri ve nehirlerde ve göllerde tipe özgü sınıf sınır değerleri, aynı zamanda ekolojik kalite oranlarının hesaplanması hakkında bilgiler verilmiştir.

Zeybek (2017), çalışmasında Antalya ilinde bulunan Kargı Çayı'nın fiziksel ve kimyasal parametreler ile biyotik indeksler açısından su kalitesini belirlenmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla, seçilen yedi örnekleme noktasının her birinden mevsimsel olarak makrozoobentik omurgasızlar ve su örnekleri alınmıştır. ASTERICS yazılım programı kullanılarak su kalitesini belirlemek için BBI, BMWP ve ASPT indeksleri ve tür çeşitliliği indeksleri uygulanmıştır. İstasyonlar, organizmalara dayalı olarak UPGMA kullanılarak kümelendiğinde yedinci örnekleme noktası makrozoobentik omurgasızlar için en farklı örnekleme noktası olarak belirlenmiştir. En düşük tür çeşitliliği değerleri de bu örnekleme noktasında bulunmuştur. Çalışma sonunda Kargı Çayı'nın su kalitesi temiz/az kirli olarak tespit edilmiştir.

Özbek vd. (2018), Nif Çayı'nda (İzmir) Ekim 2013 ile Eylül 2014 arasında sekiz örnekleme noktasında mevsimsel olarak bir araştırma gerçekleştirmiştir. Çalışmada araştırmacılar akarsuyun bentik omurgasız kompozisyonunu belirlemeyi, akarsuyun çevresel özelliklerini belirlemeyi ve bunlar arasındaki ilişkileri incelemeyi amaçlamışlardır. Çok değişkenli analizler pH, Ca^{2+} ve NO_3-N 'nin en etkili değişkenler olduğunu ve Nif Çayı'ndaki bentik omurgasızların dağılımı ve bolluğundaki varyansın % 48,6'sını açıkladığını göstermiştir. Ölçülen fiziko-kimyasal özellikler ve biyotik indeks puanları, derenin üst kollarının iyi kalitede olduğuna, orta ve alt kısımların ise çok kirli su kalitesinde olduğuna işaret etmiştir.

Serdar ve Verap (2018), Rize'ye bağlı İyidere (altı örnekleme noktası) ve Çiftekavak Dereleri (2 örnekleme noktası) üzerinden Nisan 2010 ile Mart 2011 tarihleri arasında aylık periyodlarla su ve sediman numuneleri almıştır. Su örnekleri ile derelerin fiziko-kimyasal su kalite parametreleri (T, pH, ÇO, oksijen doygunluğu, EC, AKM, toplam sertlik, Mg sertliği, Ca sertliği, BOI, NO_2-N , TP) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıta

İçi Su Kaynakları Kriterleri'ne göre belirlenmiştir. Makroomurgasızlara göre değerlendirmelerde yedi farklı biyotik indeks (BMWP, ASPT, SI, FBI, TBI, BBI ve EPT takson sayısı) kullanılmıştır. Hem biyolojik hem de fizikokimyasal verilerle İyidere Deresi'nin kirlenmediği, ancak Çiftekavak Deresi'nin kirlilik tehdidi altında olduğu sonucuna varılmıştır.

Türkmen ve Kazancı (2018), Yeşilirmak'ın bir kolu olan Çekerek Çayı'ndan 2009-2010 yılları arasında on yedi örnekleme noktasından makroomurgasız örnekleri toplamıştır. Bu örnekleme noktalarından 78 taksona ait toplam 14 185 birey teşhis edilmiştir. İstasyonlardaki makroomurgasız çeşitliliğini belirlemek için dört çeşitlilik indeksi (Shannon-Wiener, McIntosh, Simpson ve Margalef) ile iki eşitlik indeksi (McIntosh ve Pielou) uygulanmıştır. Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre Shannon-Wiener, McIntosh ve Simpson çeşitlilik indeksleri arasında yüksek korelasyon tespit edilmiştir ($r = 0,95 - 0,97$). Margalef Çeşitlilik İndeksi, ise diğer üç çeşitlilik indeksi ile çok düşük korelasyon sergilemiştir ($r = 0,46 - 0,68$). Çekerek Çayı'nın makroomurgasız çeşitliliği sadece 1. ve 5. örnekleme noktalarında yüksek çeşitliliğe sahip olmuş, sekiz örnekleme noktası orta seviyede ve hassas durumda, yedi örnekleme noktası ise düşük çeşitliliğe sahip olarak belirlenmiştir.

Gültekin vd. (2019), Üst Fırat Havzası'nın 17 dağ akarsuyundan 2013 yılında sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde makroomurgasız örnekleme yapmıştır. Hindu Kush - Himalaya Biotik İndeks baz alınarak Euphrates Tributaries (EUPHbios) isimli yeni bir makroomurgasız tabanlı biyotik indeks geliştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de ekolojik akarsu kalitesinin değerlendirilmesi için yeni yöntemlerin geliştirilmesini desteklemek ve bölgeselleştirilmiş metrik İndekslerin geliştirilmesi için faydalı olabilecek HKHbios'un uyarlanabilirliğini göstermektir.

Şahin ve Zeybek (2019), Malatya'da yer alan Sürgü Çayı'ndan belirlenen yedi örnekleme noktasında mevsimsel olarak makrobentik omurgasızları örneklemiş, tür kompozisyonu ve çeşitliliğini belirlemiştir. Çalışma sonunda alanda 34 takson tespit edilmiş, Insecta taksonları en baskın grup olmuştur. Shannon Wiener Çeşitlilik İndeksi ve Simpson İndeksi alandaki çeşitliliği belirlemek için uygulanmıştır. UPGMA

algoritmasıyla altı örnekleme noktası arasındaki kümeleme ilişkileri ortaya konmuştur. Birinci ve ikinci örnekleme noktası arasında yüksek bir benzerlik oranı (% 87) tespit edilirken, en düşük benzerlik ise ikinci ve dördüncü örnekleme noktası arasında (% 13) tespit edilmiştir.

Akay ve Dalkıran (2020), Yalova ilinin bir akarsuyu olan Yalakdere'nin biyolojik su kalitesini, makroomurgasız metrikleri ve bu metriklerden geliştirilen multimetrik indeks (MMI) kullanılarak belirlemiştir. Ayrıca, çalışma süresi boyunca kuraklık ve otoyol yapımının bentik makroomurgasızlar üzerindeki etkilerinin araştırılması da amaçlanmıştır. Bentik makroomurgasız örnekleri ve on sekiz fizikokimyasal değişken, bir yıllık (2013 – 2014) süre boyunca dört çalışma alanından aylık olarak toplanmıştır. Bentik makroomurgasızlara dayalı olarak hesaplanan beş ana metrik grubunda toplam kırk metrik değerlendirilmiş, on dört bentik metriğin fizikokimyasal değişkenlerle önemli ölçüde ilişkili olduğu belirlenmiştir. MMI indeksini değerlendirmek için beş metrik grubun her birinden yalnızca bir aday metrik belirlenmiştir. MMI sonuçlarına göre, kuraklık öncesi ilk üç örnekleme noktasının su kalitesi Sınıf I ve Sınıf III arasında değişirken, kuraklık sonrası (Ekim 2013'ten sonra) su kalitesi Sınıf III'ün üzerine çıkmamıştır. Kuraklık sonrası akarsuda tespit edilen takson sayısında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak kuraklıktan sonra metrekaresine düşen organizma sayısının yedi kat azaldığı tespit edilmiştir. Geliştirilen MMI indeksinin akarsu koşullarını, karayolu inşaatları gibi antropojenik baskıları ve yaz kuraklıklarının olumsuz etkilerini belirlemede etkili bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Başçınar vd. (2020), Doğu Karadeniz'deki bentik omurgasızların tür kompozisyonu ve bolluğunu, Mayıs 2013 ile Şubat 2014 arasında mevsimsel olarak araştırmıştır. Sediman örnekleri, Van-Veen kepçesi kullanılarak 80 örnekleme noktasında farklı derinliklerden (5–15 m, 15–25 m, 25–35 m ve >35 m.) toplam 320 örnek olacak şekilde toplanmıştır. Çalışma sonunda 7 filum ve 47 familyadan toplam 90 tür tespit edilmiştir. Mollusca 32 tür ile en çeşitli filum olmuş, bunu Annelida (32) ve Arthropoda (13) izlemiştir. Her örnekleme noktasında bulunan çeşitliliği bulmak için Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi (H') kullanılmıştır. Tek yönlü ANOSIM ve tek yönlü PERMANOVA (Bray-Curtis farklılığına ve 999 permütasyona dayalı olarak), farklı örnekleme noktaları ve

örneklenen periyotlar arasındaki bentik makroomurgasız fauna kompozisyonundaki farklılıkları test etmek için kullanılmıştır. Benzerlik veya farklılığa en önemli katkıyı yapan ana türleri belirlemek için bir benzerlik yüzdesi (SIMPER) analizi kullanılmıştır. Bentik omurgasızlar arasındaki ve çevresel parametreler arasındaki ilişkiyi göstermek için PCA analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, Doğu Karadeniz kıyısı boyunca bentik omurgasız topluluğunun tür kompozisyonu ve bolluk modeli üzerindeki doğal veya antropojenik bozulmanın sonuçlarını anlamak için gelecekteki izleme için temel veriler sağlamıştır (Başçınar vd., 2020).

Yavuzatmaca (2020), deniz dışı lotik (akarsular) ve lentik (göller) habitatlardan ostracodaların indikatör potansiyelini araştırmak için, 04.05.2018'de Türkiye'nin Batı bölgesindeki 10 bölgeden (Afyonkarahisar, Ankara, Bilecik, Bolu, Bursa, Eskişehir, Kocaeli, Konya, Kütahya ve Sakarya) 62 örnekleme alanından 42 takson (27 yeni, 15 alt fosil) değerlendirmiştir. Aynı zamanda DO, Tw, EC, pH ve tuzluluk, örnekleme noktalarının yüksekliği ölçülmüştür. Lotik ve lentik habitatlardaki ostracoda çeşitliliğini tespit etmek için Shannon İndeksi uygulanmıştır. Lotik ve lentik habitatlar arasındaki ostrakod tür kompozisyonunun anlamlı farklılığı (meaningful dissimilarity) için benzerlik analizi (ANOSIM) yapılmıştır. ANOSIM'in anlamlı sonuçlarından sonra, türlerin lotik ve lentik habitatlar arasındaki farklılıkları benzerlik yüzdeleri (SIMPER) analizi ile hesaplanmıştır. Örnekleme alanlarını sınıflandırmak için en önemli gösterge türlerini gösteren İki Yönlü Gösterge Tür Analizi (TWINSPAN) uygulanmıştır. Göller için ($H' = 2,16$) akarsulardan ($H' = 1,62$) daha yüksek bir Shannon Çeşitlilik değeri rapor edilmiştir. SIMPER analizi, göller ve akarsular arasında % 96,72'lik bir farkla *Psychrodromus olivaceus*, *Candona ihmala*, *Heterocypris incongruens* ve *Stenocypris fischeri*'nin % 53,01 katkısını göstermiştir. Gösterge Tür Analizi, *P. olivaceus* ($p < 0,01$) ve *S. fischeri*'nin ($p < 0,05$) sırasıyla lotik ve lentik habitatlar için aday indikatör türler olabileceğini ortaya koymuştur. CCA'nın ilk iki eksenini, yükseklik, çözülmüş oksijen konsantrasyonu ve su sıcaklığının türlerin sıralanması üzerinde etkili ($p < 0,05$) olduğunu göstermiş, türler ve çevresel değişkenler arasındaki ilişkinin % 66,90'ını açıklamıştır.

Akyıldız ve Duran (2021), Büyük Menderes Havzası'nın uzun vadeli su kalitesini bentik omurgasızlarla incelemişlerdir. Çalışma alanı havzadaki il sınırları dikkate alınarak üç bölgeye (Uşak, Aydın, Denizli) ayrılmıştır. Ana nehir ve kollarından toplam 40 örnekleme alanı seçilmiştir. Her bölgeden öne çıkan tarımsal ve endüstriyel kirleticiler (tekstil, tabakhane ve şeker fabrikaları) dikkate alınmıştır. Bentik omurgasızların kirlilik toleransını temel alan Biyotik İndeksler (BMWP İspanyol versiyonu, ASPT, RBPIII, MMIF, EPT%, Çeşitlilik ve Evenness) su kalitesi değişikliklerini izlemek için kullanılmıştır. Çevresel değişkenler (sO_2 , dO_2 , su sıcaklığı, tuzluluk, akış, TDS, Eİ, pH, Fe^{+3} , NO_2-N , NO_3-N , NH_4-N , PO_4-P) ile biyoindikatörler arasındaki ilişkiler çok değişkenli analizlerle (NMDS, CCA) ortaya konmuştur. Su kalitesindeki bölge bazlı değişimler Kruskal-Wallis testi ile karşılaştırılmıştır. Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) Sonuçları Shannon-Wiener, Evenness, BMWP ve MMIF endeksleri açısından bölgeler arasında önemli farklılıklar ($p < 0,05$) olduğunu göstermiştir.

Baytaşoğlu ve Gözler (2021), yaptıkları çalışmada 2014-2016 yılları arasında Çoruh Havzası genelinden seçilen 54 örnekleme noktasından bentik omurgasızlar kullanılarak BMWP, ASPT, Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi, EPT, EP İndeks skorları kullanılarak su kalitesini değerlendirmiştir. Sonuçlara göre havzanın orta derecede kirlenme gösterdiği tespit edilmiştir.

Ertaş vd. (2021a), Kozluoluk Çayı'nın su kalitesini belirlemek için toplam sekiz Biyotik İndeksi (Saprobi (SI), Biyolojik İzleme Çalışma Grubu (BMWP-O, BMWP-S ve BMWP-G), ASPT, FBI, Belçika Biyotik İndeksi (BBI), EPT-Taxa [%]) ve üç çeşitlilik indeksi (Shannon-Wiener (SWDI), Simpsons (SDI) ve Margalef (MDI)) çalışmalarında uygulamıştır. Fizikokimyasal ve biyolojik veri setlerine PCA analizi uygulanmıştır. Örnekleme noktaları arasındaki benzerlikler, küme analizi (CLUS) kullanılarak kümelenmiştir. Akarsuyun su kalitesini belirlemede hangi indeksin daha uygun olduğunu belirlemek için Pearson tabanlı korelasyonlar kullanılmıştır. 1. ve 2. örnekleme noktaları bentik omurgasız tür dağılımı açısından en benzer örnekleme noktaları (% 90) olarak bulunmuştur. Kozluoluk Çayı'nın su kalitesini belirlemede ASPT, BMWP-O, BMWP-S, BMWP-G, BBI ve EPT-Taxa'nın [%] FBI ve SI

indekslerinden daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Akarsu boyunca su kalitesinin, mamba örnekleme noktasında iyi sınıftan, mansap örnekleme noktasında orta dereceye kadar değiştiği tespit edilmiştir.

Ertaş vd. (2021b), Gediz Nehri üzerindeki Karabal Çayı'nda 9 metrik (Saprobi İndeks [SI], BMWP, ASPT, FBI, BBI, EPT-Taxa [%], Shannon-Wiener İndeksi, Simpsons İndeksi ve Margalef İndeksi) kullanmışlardır. CCA analizinde Diptera, Oligochaeta ve Hemiptera taksonları EC, Cl, Bulanıklık, Sıcaklık, NO₂-N ve NO₃-N, NH₄-N pozitif korelasyon gösterirken DO, DOS ve pH negatif korelasyon göstermiştir. EPT ise DO, DOS ve pH ile pozitif korelasyon sonucunu vermiştir. Membaya yakın örnekleme noktaları iyi kalite su sınıfı sonucu vermişken, mansaba doğru su kalitesi orta sınıfa düşmüştür. Kanonik Uygunluk Analizine (CCA) göre ve Pearson korelasyonuna göre, incelenen deredeki su kalitesinin tahmininde BBI, BMWP (orijinal), BMWP (İspanyol) ve EPT-Taxa [%] metrikleri yeterli olmuştur. Türkiye yüzey sularında yapılan çalışmalara bakıldığında BMWP ve EPT-Taxa [%] indekslerinin inceledikleri tüm çalışmalarda su kalitesini doğru olarak yansıttığı, ancak BBI indeksinin her zaman güvenilir sonuçlar vermediği sonucuna varmışlardır. Bu nedenle, araştırmacılar ülkeye özgü makroomurgasızları, bolluklarını, biyolojilerini ve ekolojilerini dikkate alan bir Türkiye Biyotik İndeksi oluşturulmasına ihtiyaç olduğunu söylemektedirler. CCA ve Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre en uygun metrikler BBI, BMWP, BMWP (İspanyol) ve EPT-Taxa [%] olarak belirlenmiştir (Ertaş vd., 2021b).

Yorulmaz ve Ertaş (2021), çalışmalarında Selendi Çayı'nda 7 noktadan aylık örnekleme yaparak su kalitesini araştırmış ve uygulanan bentik indekslerin performansını karşılaştırmışlardır. Bentik omurgasızlara dayalı biyotik ve çeşitlilik indekslerini hesaplamak için ASTERICS yazılımı kullanılmıştır. Fizikokimyasal veri setine Klee yöntemi, küme analizi (CLUS) ve PCA analizi uygulanmıştır. UPGMA analizi kullanılarak, örnekleme noktaları arasındaki benzerlikler, hem bentik omurgasızlar hem de fizikokimyasal parametrelere dayalı olarak belirlenmiştir. Uygun biyotik indeksleri belirlemek için indekslere Pearson temelli korelasyonlar uygulanmıştır. Selendi Çayı'nın su kalitesini belirlemede BMWPPolonya, BMWPSİspanyol, BMWPMacaristan,

BMWP Yunan versiyonlarının ve tüm ASPT versiyonlarının FBI ve BBI indekslerinden uygun olduğu gösterilmiştir.

Odabaşı vd. (2022), Sakarya Havzası'nda 2017 yılında yapılan çalışmada farklı su kütlelerinden 26 noktada makroomurgasız örnekleme yapılmış ve çalışma sonucunda havzada 207 takson tespit edilmiştir. Tatlı Sularda (Nehir-Göl) Bentik Makroomurgasız Kılavuz Dokümanına göre Sakarya Havzası için BMWP-S, H', EPT [%], ve epihithral [%] metrikleri önerilmiştir (Dügel, 2016). Ancak MMIS'nin son değerlendirme süreci için, bu çalışmada kompozisyon/bolluk, zenginlik/çeşitlilik, duyarlılık/tolerans ve fonksiyonel beslenme grubu olmak üzere her gruptan en az bir metrik tercih edilmiştir. Test edilen on metrik arasından BMWP-S, Margalef, epihithral [%] ve Collectors [%], geçerlilik testine (validity test) göre MMIS'yi geliştirmek için kor metrik olarak belirlenmiştir. MMIS puanları Sakarya Nehir Havzasını dört ekolojik kalite sınıfına ayırmıştır: Çok iyi (yedi örnekleme alanı), orta (dokuz örnekleme alanı), zayıf (sekiz örnekleme alanı) ve kötü (iki örnekleme alanı). Örnekleme alanlarına atanan ekolojik sınıflar, yüksek (high-unpolluted): I ve II, orta (moderate): II, zayıf (poor): II-III ve kötü (bad): III olmak üzere farklı su kalitesi kategorilerine karşılık gelmektedir.

Ertaş vd. (2022), Balaban Çayı'ndan 2018-2019 döneminde 5 örnekleme noktasından makroomurgasız örnekleme yapılmıştır. ASTERICS yazılımı kullanılarak, Saprobi İndeksi, BMWP ve ASPT indekslerinin çeşitli varyasyonları, BBI, FBI, Shannon–Wiener, Simpson ve Margalef çeşitlilik indeksleri değerlendirilmiştir. Bu araştırma sonucunda Balaban Çayı'nın su kalitesi kirlenmemiş-az kirlenmiş olarak belirlenmiştir. Balaban Deresi'nin su kalitesini belirlemede BMWP-S, BMWP-O, BMWP-H, ASPT-O, ASPT-C ve ASPT-H İndeksleri SI, FBI ve BBI İndekslerinden daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

2.5. Zoobentozların Kullanıldığı Biyotik İndekslerle İlgili Yurtdışında Yapılan Güncel Çalışmalar

Khedhri vd. (2017), Boughrara Lagünü'nde (Gabes Körfeşi-Tunus) 13 örnekleme noktasından 2012-2013 yılları arasında bentik omurgasız örnekleme ve fizikokimyasal ölçümler (T, S:tuzluluk, O₂, pH, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄⁻³ ve Chl a) yapmışlardır. Çalışmada 3 amaç belirlenmiştir. 1) Lagünün, El Kantra Kanalı ağzının genişletilmesiyle alandaki bentik omurgasız faunası üzerine etkisi, 2) Toksik dinoflagellatlardan olan *Alexandrium minutum* ve *Karenia selliformis*'in neden olduğu alg çoğalmalarına (HAB) maruz kalan habitatlarda bentik omurgasız topluluklara etkisi, 3) Sonuçlar, Biyotik İndeksler aracılığıyla değerlendirilen ekolojik kalite durumuyla ilgili güncel çalışmalarla karşılaştırılması amaçlanmıştır. AMBI, BENTIX, M-AMBI ve TUBI metrikleri ile birlikte ve Çeşitlilik İndeksi olarak da Shannon-Wiener ve Pielou İndeksleri kullanılmıştır. ABiyotik ve Biyotik parametreler Bray-Curtis benzerlik analizine göre değerlendirildiğinde, denizle doğrudan iletişim halinde olan noktalar (1, 2, 3, 6 ve 7), güneydeki örnekleme noktaları (10, 11 ve 12 numaralı örnekleme noktaları) ile aynı gruba dahil olduğu tespit edilmiştir. Ana fizikokimyasal parametrelerin PCA analizi sonucunda örnekleme noktaları iki grup olarak (güney örnekleme noktaları (10, 11 ve 12) ve kanallardan (1, 2, 3, 6, 7 ve 9) etkilenen örnekleme noktaları) kümelenebilir. AMBI, BENTIX ve M-AMBI İndeksleri, tüm istasyonlarda yüksek ve iyi, ancak TUBI İndeksi, tüm istasyonlarda orta - iyi ekolojik statüde sınıflandırılmıştır. Genişletmeden sonra genel çevre kalitesindeki iyileşmeye rağmen, bentik omurgasız toplulukların bu değişen koşullardan olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, sıcaklık ve tuzlulukta aşırı dalgalanmalar, lagünün başlıca ve hassas bentik omurgasız türlerinin yok olmasına neden olan toksik dinoflagellatların çoğalmasına sebep olmuştur. İndekslerin açık sistemlerde daha iyi, Boughrara Lagünü gibi yarı kapalı su kütlelerinde daha az etkili olduğu görülmüştür. Bu sebeple bu tarz çalışmaların daha fazla yapılması önerilmiştir.

Pinna vd. (2017), Sant'Andrea Adasında bulunan (Gallipoli, İtalya) sığ bir Akdeniz Lagünü'nden 2 farklı habitattan (deniz çayırları (PRA) ve bitkisiz habitat (UNV)), 2 farklı örnekleme yöntemiyle (boxcorer ve litterbag) makroomurgasız örnekleme

yapmıştır. 3 tip litterbag (*Phragmites australis* kuru yapraklar (karasal girdi); *Posidonia oceanica* kuru yapraklar (deniz girdisi) ve her iki yaprağın eşit karışımı) hazırlanmıştır. Litterbaglar hazırlandıktan sonra suya daldırılmış ve 30 gün sonra alınmıştır. Boxcorer örnekleri ise 3 tekrarlı olmak üzere 2 bölgeden de toplanmıştır. Makroomurgasız bolluğu, tür zenginliği, Çeşitlilik İndeksleri (Margalef İndeksi, Shannon İndeksi, Pielou İndeksi ve Simpson İndeksi) ve ekolojik göstergeler (AMBI ve M-AMBI) ölçülerek örnekleme teknikleri ve habitatlar arasında karşılaştırılmıştır. Toplamda yirmi yedi tür örneklenmiş, 4 tür box-corer ile litterbags arasında örtüşürken, 6 tür (% 26) box-corer yöntemine özelken ve 16 tür (% 59) sadece litterbags kullanılarak örneklenmiştir. Litterbags tür çeşitliliği her zaman box-corerden daha yüksek olmuş, ancak tüm veriler kullanıldığında makroomurgasız toplulukları daha iyi tanımlanmıştır. Çayırdaki makroomurgasız ekolojik göstergelerinin tüm veriler ve ayrı örnekleme teknikleri sonuçlarından önemli ölçüde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu araştırma, makroomurgasız topluluklarının ve Akdeniz lagünlerinin ekolojik durumlarını daha iyi anlamak için birden fazla örnekleme tekniği kullanmanın önemini vurgulamıştır.

Egessa vd. (2018), Napoleon Körfezinde (Kuzey Victoria Gölü-Kenya) 3'ü *Oreochromis niloticus* (Nil Tilapyası) çiftliğinden olmak üzere 9 örnekleme noktasından Mart 2011 ile Aralık 2016 yılları arasında Ponar Kepçe örnekleme yöntemiyle makroomurgasızları örneklemiştir. Bu çalışmada amaç, su ürünleri yetiştiriciliğinin makroomurgasızlar üzerindeki olası etkisini incelemektir. Biyolojik örneklemenin yanı sıra sedimanın tane boyutu (grain size), organik madde ve nutrientler, toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) de analiz edilmiştir. Metrik olarak, Hilsenhoff Biyotik İndeksi ve Çeşitlilik metriklerinden Shannon-Wiener ve Margalef Biyotik İndeksleri hesaplanmıştır. Çalışma dönemi boyunca çiftlik alanındaki yıllık fauna yoğunluğunun giderek düştüğü tespit edilmiştir. EPT (Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera) ve Malacostraca'nın yüzdesinin mimbada en yüksek ve çiftlik alanında ise en düşük olduğu gözlenmiştir. Başlangıçta yumuşakçaların egemen olduğu çiftlik alanı, 3 yıl sonra eklembecaklıların egemenliğine girmiştir. Çiftlik alanındaki yumuşakçaların yoğunluğundaki azalma, iki türün (*Bellamyia unicolor* (Gastropoda) ve *Corbicula africana* (Bivalvia)) yoğunluğundaki genel azalmaya bağlanmıştır. Oligochaeta'lerin, çiftlik alanında, yukarı ve aşağı havza alanlarına göre daha bol

olduğu gözlenmiştir. Bu bulgular, yumuşakçaların, kafeslerin çevre üzerindeki etkisi konusunda eklembacaklılardan daha iyi tahmin sunduğunu ileri sürmektedir. Bunun yanı sıra su ürünleri yetiştiriciliğinden gelen organik yüklemenin orta düzeyde olması sebebiyle tür kompozisyonuna etkisinin hemen olmayacağını belirtmişlerdir.

Sreeja (2018), Paravur Gölü'nden (Hindistan) belirlenen 3 örnekleme noktasından (referans, az kirlenmiş, kirlenmiş örnekleme noktaları) Ocak-Aralık 2014 tarihleri arasında makroomurgasız örnekleri alınmıştır. Makroomurgasız metrikleri ve fizikokimyasal parametrelerin kullanıldığı multimetrik analiz yapılarak gölün durumu hakkında fikir edinilmiştir. Hilsenhoff Biyotik İndeks (HBI), Family Biyotik İndeks (FBI), Kirlilik (Pollution) Tolerans İndeksi (PTI) makroomurgasız metrikleri kullanılarak IBI Multimetrik İndeksi geliştirilmiştir. Makroomurgasızları toleranslarına göre kategorilere ayrılmıştır. Düşük toleransa sahip taksonlar Kategori I'deyken ortalama toleransa sahip olanlar II, yüksek toleranslı taksonlar ise Kategori III olarak sınıflandırılmıştır. Kategori I makroomurgasızları 1. örnekleme noktasında, kategori II 2. örnekleme noktasında baskın bulunurken kategori III ise 3. örnekleme noktasında baskın bulunmuştur. Yapılan değerlendirme sonucunda da 1. örnekleme noktasının az kirli, 2. örnekleme noktasının orta kirli ve 3. örnekleme noktasının ise oldukça kirli olduğu sonucuna varılmıştır.

Fouad vd. (2019), Ramsar alanı olan Moulay Bousselham Lagünü'nden (Fas) 2015 yılında 3 örnekleme noktasından bentik omurgasız ve su örnekleri almıştır. Çalışmada biyolojik İndeksler (AMBI, M-AMBI, BENTIX, Trofik İndeks (TI)) uygulanarak Moulay Bousselham Lagünü'nün su kalitesini belirlemek amaçlanmıştır. Aynı zamanda tür çeşitliliği ve dağılımı, Çeşitlilik İndekslerinden; Shannon Weaver (H') ve Pielou İndeks de çalışmada değerlendirilmiştir. BENTIX ve M-AMBI, tüm örnekleme noktaları arasında fark göstermemişken, Çeşitlilik, eşitlik (equitability), tür çeşitliliği parametreleri ile biyolojik İndekslerden TI ve AMBI, 3. örnekleme noktası için büyük bir dengesizliğe işaret etmiştir. Bu çalışmada trofik ve Biyotik İndeks sonuçlarına göre; Moulay Bousselham Lagünü'nün kirliliğe meyilli bir durumda sınıflandırıldığı sonucuna varılmıştır.

Pitacco vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, Po Delta'sında (İtalya) 6 Adriyatik lagününde (Caleri, Marinetta, Vallona, Barbamarco, Canarin ve Scardovari), ekolojik kalite durumu, makrofitlere (MaQI) dayalı bir Biyotik İndeks ve omurgasızlara dayalı üç İndeks (M-AMBI, M-bAMBI ve ISD) karşılaştırılarak incelenmiştir. MaQI ve ISD aracılığıyla değerlendirilen ekolojik durum orta-kötü arasında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, yüksek besin girdilerini, tarım ve balıkçılık faaliyetleriyle ilgili antropojenik baskıları gösteren fiziko-kimyasal parametrelerle desteklenmiştir. M-AMBI ve M-bAMBI ile elde edilen ekolojik durum daha yüksek değerler vermiştir (bazı örnekleme noktaları "iyi" durumda). Antropojenik baskılara en iyi tepkileri de bu İndeksler vermiştir. Bununla birlikte, kullanılan metriklerin (AMBI ve bAMBI gibi) antropojenik etki ile ilgili olmayan çevresel değişkenlere tepkisinin ve lagünlerdeki fiziksel-kimyasal koşulların yüksek heterojenliğinin, geçiş sularının ekolojik durumunun doğru değerlendirilmesi için potansiyel sorunları temsil ettiği gözlenmiştir. İndeksler arasındaki tutarsızlık, biyolojik elementlerin farklı stres faktörlerine farklı tepkileri ve makro omurgasızlara dayalı farklı İndekslerin komunitenin farklı yönlerine odaklanması nedeniyle ortaya çıktığı sonucuna varılmıştır. Çalışma sonunda farklı biyolojik unsurların bir araya getirilmesiyle örneğin biyomasa baz alan M-bAMBI İndeksi gibi İndekslerin kullanılması ve yeni İndekslerin geliştirilmesinin ekolojik durumun daha doğru değerlendirilmesini sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

Singh vd. (2019), taşkın yatağı göllerine örnek olan Tarawe chaur ve Gamharia chaur göllerindeki (Hindistan) bentik omurgasız faunasını ve bazı fiziko-kimyasal parametreleri Eylül 2012'den Ağustos 2013'e kadar aylık olarak incelemiştir. Çevresel değişkenlere göre temiz olan Tarawe Chaur Gölü'nde daha zayıf su kalitesine sahip Gamharia Chaur Gölü'ne göre tür çeşitliliği daha fazla, ancak tür yoğunluğu daha az bulunmuştur. Sørensen benzerlik testi sonuçları, bentik omurgasız grupları arasındaki benzerliklerin % 40 ila % 67 arasında değiştiğini göstermektedir. Bu çalışmada, benzerlik yüzdesi Gastropoda (% 67) için en yüksek olarak belirlenmiştir. Bunu Pelecypoda (% 57) ve Oligochaeta (% 50) izlemiştir. Sørensen'in toplam makro omurgasızlar ve grupları için benzerliklerinin en yüksek yüzdesi, komunitelerdeki türler arasında daha fazla homojenlik ortaya çıkarırken, farklılıklar, muhtemelen habitat

heterojenliği nedeniyle komunitelerdeki türler arasında küçük farklılıklar gösterdiğini düşündürmektedir.

Etemi vd. (2020), Lepenci Nehir Havzası'ndan (Kosova) 2017 İlkbahar, Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde 8 örnekleme noktasından su kalitesini değerlendirmek için bentik omurgasız örnekleri toplamıştır. Çalışmada, EPT takson zenginliği, BMWP, ASPT, Stroud Su Araştırma Merkezi İndeksi (SWRC), FBI, Çeşitlilik İndeksi olarak; Shannon-Weaver İndeksi (H), Simpsons İndeksi (D), Hill İndeksi (Hi), Margalef İndeksi (DMe) ve Menhicnik İndeksi (DMA) kullanılmıştır. Nehir boyunca su kalitesi, membada yüksek ve iyi kalite sınıfında tespit edilirken mansapa doğru orta, zayıf ve kötü olarak değişkenlik göstermiştir. Fiziko-kimyasal parametreler ile Biyotik ve Çeşitlilik İndeksleri arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kullanılan Pearson Korelasyon Analizi, EC, O₂, COD, BOİ, TSS, PO₄³⁻ ve NH₄ ile Biyotik İndeksler BMWP, ASPT, SWRC, FBI, EPT arasında anlamlı bir korelasyon (p<0.01) tespit etmiştir. Biyotik ve Çeşitlilik İndekslerinin kirli ve kirlenmemiş alanlar arasında su kalitesinde farklılıklar gösterdiğini ve nehrin ekolojik durumunu yansıttığını sonucuna varılmıştır.

Li vd. (2020), 2005-2012 tarihleri arasında Almanya dağ nehirlerinden 1180 noktadan bentik omurgasız örneklemişlerdir. Bu çalışmada, iki hipotezi test etmişlerdir: 1) beta çeşitliliğine yerel katkı (LCBD: toplulukların benzersizliğinin bir ölçüsü) artan ortalama topluluk yayılma kapasitesi ile azalacaktır ve 2) çalışma bölgesinin nispeten geniş zamansal boyutu nedeniyle, bölgesel yayılma süreçleri, topluluk kompozisyonunun yapılandırılmasında yerel niş kontrollerini geçersiz kılacaktır. LCBD'de önemli zamansal farklılıklar ve LCBD ile komünite dağılma kapasitesi arasında negatif bir korelasyon bulunmuştur. Bununla birlikte, türlerin beta çeşitliliğine katkısı (SCBD) ile türlerin dağılma kapasitesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir. Konumlar arasındaki geniş ölçekli mekansal yapının bentik toplulukların yapılandırılmasında önemli olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Jayachandran vd. (2020), Hindistan'ın Ramsar alanlarından biri olan Vembanad Kol sulak alan ekosisteminin bir parçası olan Kodungallur-Azhikode Haliç'inden (KAE) belirlenen 7 örnekleme noktasından Temmuz 2009 – Haziran 2011 dönemi boyunca

aylık olarak örnekleme yapmıştır. Bu çalışmada, tür zenginliği, Shannon Çeşitlilik İndeksi, BENTIX, Polychaetes ve amphipods (BOPA), AZTI's Marine Biotic Index (AMBI) ve multivariate AMBI (M-AMBI) İndeksleri kullanılarak Kodungallur-Azhikode Haliçi'nin ekolojik durumunun ilk kez değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Kanonik uygunluk analizinde tuzluluk, çözünmüş oksijen, organik madde, sediman, sediman pH'ı ve kum önemli varyans tanımlayıcıları olarak bulunmuştur. İndeks su kalite sonuçlarına bakıldığında; AMBI'de 'orta-iyi', MAMBI'de 'zayıf-iyi', BENTIX'te 'orta-yüksek', BOPA'da 'zayıf-yüksek' ve tek değişkenli Shannon Çeşitlilik İndeksinde 'kötü-orta' arasında su kalite sınıfları belirlenmiştir. Çalışmada test edilen tüm çok değişkenli İndekslerin, BOPA ve M-AMBI dışında birbirleriyle korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada, daha iyi sonuçlar elde etmek için anahtar faktör olan İndekslerin daha iyi kalibrasyonu için uygun taksonomik tanımlama ve fonksiyonel özellik analizi ile bentik omurgasız topluluklarının uzun vadeli izlenmesi önerilmiştir.

Tanon vd. (2020), Kasım 2017'den 24.10.2018'e kadar Taabo Gölü'nden (Fildişi Sahili) belirlenen 4 noktadan bentik omurgasızlarının taksonomik çeşitliliği ve yapısını değerlendirmek için örnekleme yapmıştır. T, DO, pH, berraklık, bulanıklık, elektriksel iletkenlik yerinde ölçülmüştür. Bentik omurgasızlar Van-Veen kullanılarak örneklendirilmiştir. Bentik omurgasızların bolluk değerlerine baktığımızda % 66 ile en bol olan grup Mesogastropoda olmuştur. Sonrasında % 25 ile Diptera, % 3 ile Odonata ve Ephemeroptera, % 2 Basommatophora, %1 Heteroptera, % 1'den az Lepidoptera ve Coleoptera izlemiştir. Bentik makro omurgasızların bileşimi ve yapısı kullanılarak, taksonomik zenginlik, bolluk, Shannon Wiener İndeksi, Pielou İndeksi ve yoğunluk değerlendirilmiştir. Taabo Gölü'nde toplanan bentik omurgasızların Çeşitlilik İndekslerinin değerleri, örnekleme noktalarının aralarında önemli farklılıklar göstermediğini tespit etmiştir.

Yang vd. (2020), makrofit baskın sığ bir göl olan Baiyangdian Gölü'nde (Kuzey Çin) belirlenen 12 noktadan (2 habitat tipi: 6 tane yarı bozulmuş ve 6 tane bozulmuş habitat) makroomurgasız komünitesinin mekansal-zamansal varyasyonlarını üç yıl boyunca ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde yerinde gözlem verileri kullanılarak incelemiştir. Belirlenen örnekleme noktalarından toplanan örneklerde 10 çevresel

değişken (T, derinlik (D), berraklık (TR), pH, ÇO, TP, TN, NH₄-N, NO₃-N, ve COD) ve 5 Biyotik İndeks (aile zenginliği (R-fm), yoğunluk (Den), Shannon-Wiener (H'), FBI, yüzde toleranslı bireyler (TO-ind) değerlendirilmiştir. Bozulmuş habitat, mevsimlere bakılmaksızın yarı bozulmuş habitatınkinden daha derin ortalama su derinliğine, daha düşük ortalama berraklık ve daha yüksek ortalama ÇO, TN, NH₄-N, NO₃-N ve COD konsantrasyonlarında bulunmuştur. Makroomurgasız topluluklarının zamansal dağılımının büyük ölçüde sıcaklık, su derinliği ve pH tarafından yönlendirildiği, mekânsal dağılımın ise esas olarak insan faaliyetlerinden büyük ölçüde etkilenen TN ve berraklık tarafından yönlendirildiği gösterilmiştir. Mevsim ve habitat ortalamaları zenginlik ile ve Shannon-Weiner ise berraklık ile korelasyon göstermiştir. FBI ile TP ve NO₃-N ile TO-ind sıcaklık ile NO₃-N anlamlı korelasyon göstermiştir. Sonuçlar, makroomurgasız topluluğunun ötrofikasyon ve organik kirlilik stresi altında daha monoton ve kirliliğe toleranslı hale gelebileceğini ortaya koymuştur.

Fierro vd. (2021), Orta-güney Şili'de küçük bir orman deresinin mevsimsel değişimini ve bu değişimlerin ekolojik göstergeleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için Eylül 2017'den Ağustos 2018'e kadar makroomurgasız örnekleme yapmışlardır. Kış döneminde daha yüksek yağış ve akış meydana gelmiştir ve su kalitesi aylara göre farklılık göstermiştir. Toplam 59 makroomurgasız taksonu tespit edilmiş, yaz aylarında kış aylarına göre yüksek takson zenginliği ve bolluğu bulunmuştur. Hilsenhoff Biyotik İndeksi (HBI), Hilsenhoff Tür Düzeyinde Biyotik İndeksi (HSBI), Multimetrik Makroomurgasız İndeksi (MMI) ve Şili Biyolojik İzleme Çalışma Grubu (ChBMWP) İndeksleri değerlendirilmiştir. Mevsimler arasında yalnızca HBI ve HSBI skorları önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Su kalite sınıflarının iyi, çok iyi ve mükemmel arasında değiştiği belirlenmiştir. En düşük su kalite sınıfı ilkbaharda tespit edilmiştir. Bu mevsimde toleranslı türlerin yüksek bolluğa sahip olduğu belirlenmiştir. MMI ve ChBMWP yıl boyunca iyi ve çok iyi su kalite sınıfı sonucu vermiştir. Çeşitlilik İndekslerinden Shannon-Weaver ve Pielou ölçülmüştür. İstasyonlar, Şubat ayı hariç yıl boyunca yüksek Çeşitlilik değerlerine sahip olmuştur. Yıl boyunca makroomurgasızların kompozisyonlarındaki değişimler, öncelikle deşarj, su sıcaklığı ve iletkenlik ile açıklanmıştır.

Hyangya vd. (2021), Güney Kivu Gölü'nün (Doğu Afrika) littoral bölgesinin su kalitesini ve antropojenik etkilerini, belirlenen 4 örnekleme noktasından Ocak 2018-Aralık 2018 tarihleri arasında toplanan çevresel parametreler ve bentik omurgasız örnekleme ve seçilen Biyotik İndekslerle değerlendirmiştir. Yirmi altı metrik, referans ve bozulmuş örnekleme noktaları arasındaki duyarlılıkları karşılaştırmak için kutu grafikleri kullanılarak test edilmiştir. Dokuz parametre (% EPT, % Diptera, % Chironomid, % Insect; % no Insects, EPT/Chironomid takson oranı, orta toleranslı taksonlar, % çok orta [very moderate] toleranslı taksonlar, Family Biotik İndeks) hassas olarak bulunmuş ve referans ve bozulmuş örnekleme noktaları arasında anlamlı fark tespit edilmiştir. EPT takson yüzdesi hariç tüm metrikler, kıyı bölgesindeki değişikliklerden etkilenen fiziko-kimyasal parametrelerle pozitif ve/veya negatif korelasyon göstermiştir. Hesaplanan üç Biyotik İndeksin (ASPT, BMWP ve FBI) değerleri, biyolojik su kalitesinin referans örnekleme noktalarında orta - iyi arasında ve bozulmuş örnekleme noktalarında ise ortadan zayıfa doğru değiştiği gösterilmiştir.

Theodoropoulos vd. (2021), Yunan Nehir Havzalarından, 2018 İlkbahar (Nisan-Mayıs sonu) ve Yaz/erken Sonbahar (Haziran sonu-Eylül başı) döneminde, küçük (10-100 km²) ile büyük (> 1000 km²) 174 sürekli akışı olan ve 22 tane de yaz aylarında kuruyan aralıklı akışa sahip nehirlerden toplam 329 örnekleme noktasında çalışmıştır. Bu örnekleme noktalarında 6 strese özgü makroomurgasız temelli hidrolojik değişkenlik İndekslerinin (CEFI, DEHLI, ELF, LIFE, LIFENZ, MIS-Index) kullanımı test edilmiştir. Ayrıca fizikokimyasal özellikler ve inorganik besin kirliliği de değerlendirilmiştir. Mevsim, su sıcaklığı, tarımsal arazi kullanımı ve besin kirliliği, makroomurgasız kompozisyonlarının dağılımında ana etken olmuştur. Strese özgü İndekslerin, inorganik besin kirliliğinin hem varlığında hem de yokluğunda hidrolojik değişkenliğe Biyotik tepkileri karakterize edebileceği bulunmuştur. Hemen hemen tüm İndeksler korelasyon göstermiştir. Çalışma sonucunda bu tip İndeksler kullanılarak, aBiyotik verileri toplanmadan makroomurgasız dağılımına dayalı sahaya özgü hidrolojik koşulları değerlendirerek, ekolojik durumların yanlış sınıflandırılmasını önleyebilir ve böylece akarsuların zaman ve maliyetli yanlış yönetiminin önlenebileceği düşünülmektedir.

Wang vd. (2021), Yangtze Akarsu Delta'sından 05.09.2018 - 17.01.2019 tarihleri arasında 30 noktadan makroomurgasız ve su örnekleme yapılmıştır. İlk olarak, sistematik araştırmalar yapılmış (yazın 26 ve kışın 47 olmak üzere toplam 59 omurgasız taksonu) ve su kalitesini değerlendirmek için makroomurgasızların Biyotik İndeksi (BI) kullanılmıştır. Daha sonra istatistiksel analizler ve su kalitesi faktörlerinin biyolojik topluluklar üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Birinci koordinasyon ekseninin gradient uzunluğu 4'ten büyük bulunduğu için makroomurgasız topluluklarını muhtemelen etkileyen temel faktörleri belirlemek için Canonical Correspondence Analizi (CCA) kullanılmıştır. Toplamda 12 çevresel değişken (T, pH, DO, EI, TN, TP, TSS, NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P, COD_{MN}) ve 59 omurgasız taksonu CCA için kullanılmıştır. Biyotik İndeks değerlendirmesinde, seçilen örnekleme noktalarının % 16,7'sinin yaz aylarında çok sağlıklı olduğu ve noktaların % 8,3'ünün kışın çok sağlıklı olduğunu göstermiştir. Makroomurgasız türlerini etkileyen en önemli hidrolojik faktör yazın NH₄-N, kışın ise COD_{MN} olduğu gösterilmiştir. Bu çalışma ile kirlilik yönetimi için karar vericilere ortamdaki su ekosisteminin önemli bilgiler sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Nahli vd. (2022), Hassar Çayı (Casablanca şehrinin banliyösü, Fas) üzerinden anlık ölçümler, su ve makroomurgasız örneklemesini, Kasım 2013'ten Ekim 2014'e kadar aylık olarak örnekleme yoluyla gerçekleştirmişlerdir. Çayda Mediouna arıtma suyundan ve nehir kıyısındaki yerleşim yerlerinden gelen gri su ve katı atıklardan gelen alloktan girdiler nedeniyle yüksek düzeyde organik kirlilik ve besin olduğu ortaya konmuştur. Bu çayda, üç ana faunistik gruba (annelidler, yumuşakçalar ve eklembacaklılar) ait toplam 85 makrobentik takson tespit edilmiştir. Organik, partikül ve besin yükleri, membadan mansaba doğru azalan bir grafik çizmiştir ve özellikle mansapta su kalitesinde bir iyileşme gösterdiği tespit edilmiştir. Suyun biyolojik kalitesinin İndeks yöntemleri (BBI, FBI, İber Biyolojik İzleme Çalışma Grubu "IBMWP" ve Takson Başına İber Ortalama Puanı "IASPT") kullanılarak değerlendirilmesi, ortalama veya kabul edilebilir kalite seviyelerini göstermiştir. Önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında, Mediouna atık su arıtma tesisinden arıtılmış suyun deşarjıyla Hassar Çayı suyunun faunal çeşitliliğinin ve biyolojik kalitesinin iyileştiği ve makroomurgasızlar topluluğunun direncinin giderek arttığı gösterilmiştir.

Pickwell vd. (2022), tatlı su habitatlarındaki tuzluluğun etkilerini belirlemek için yeni bir makroomurgasız İndeksi geliştirmiştir. Adur Nehri, Ouse Nehri ve Güney Forty Foot Drenajı, Güney Hollanda Ana Drenajından toplam 32 noktadan örneklemeler yapılmıştır. Geleneksel tuzluluk belirleme teknikleri periyodiktir ve tuzluluk konsantrasyonunda aralıklı değişiklikler ortaya çıkarmayabilir. Halo-tabakalaşma ve örneklem için standartlaştırılmış derinlik eksikliği, bu yöntemlerin kullanımını zorlaştırmaktadır. Ayrıca bu yöntemler tuzluluk artışlarının ekolojik etkilerini de göstermemektedir. Sucul habitatların özelliklerini değerlendirmek üzere makroomurgasızları kullanan Biyotik İndekslerin çok azı tuzluluğa odaklanmıştır. Bu çalışmada, tatlı su habitatlarındaki tuzluluğu değerlendirmek için su çerçeve direktifiyle uyumlu yeni bir makroomurgasız İndeksi olan Tuzluluk Bağlantılı Grup İndeksi (Salinity Association Group Index - SAGI) geliştirilmiştir. İndeks, makroomurgasız taksonlarının aile sınıflandırılması (family level) ötesinde bir takson puanlama matrisindeki bolluğu ağırlıklandırmasıyla bütünleşik çalışmaktadır. SAGI İndeksi verileri, tuzluluk ölçüsü olan iletkenlik ile pozitif orta ila güçlü aralıkta korelasyon (Korelasyon aralığı $R^2 = 0.57 - 0.91$) göstermiştir. SAGI İndeksinin tuzluluk spesifik Biyotik İndekslere kıyasla oldukça etkili olduğu gösterilmiştir.

Yao vd. (2022), Çin'in Guangdong bölgesinde bulunan Pearl nehir ağzı sisteminden 2017 yılında 14 noktadan mevsimsel (kış, ilkbahar ve yaz) örnekleme yapmıştır. Bentik omurgasız topluluklarının ve Biyotik İndekslerin mekansal-zamansal varyasyonlarını ortaya koymak ve oldukça kentleşmiş bir nehir ağzı sisteminin çevresel değişikliklere tepkilerini incelemek için çok değişkenli yaklaşımlar kullanılmıştır. Nutrient seviyelerinin kentsel akarsu bölümlerinden nehir ağzı bölümlerine doğru kademeli olarak azaldığı, makroomurgasız topluluklarının ve baskın türlerin, nehir ağzı gradyanı boyunca önemli ölçüde değiştiği gözlenmiştir. Genel olarak, çevresel parametreler, makroomurgasız toplulukları ve Biyotik İndeksler, örnekleme noktaları ve mevsimler arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Tuzluluk, çözülmüş oksijen, amonyak, toplam azot, kimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam organik karbon, makroomurgasız topluluklarının ve Biyotik İndekslerin mekansal-zamansal varyasyonlarını önemli ölçüde açıkladığı bulunmuştur. Değerlendirme sonuçlarındaki

bazı tutarsızlıklara rağmen, tüm İndeksler Pearl River Haliç'in kentsel akarsu bölümlerinin, İndekse bağlı olarak az ya da çok şiddetli bozulduğunu ortaya koymuştur. Test edilen İndeksler arasında AMBI, BENTIX ve ortalama taksonomik çeşitliliğin, ekolojik kalite durumunu değerlendirmede daha iyi performans gösterdiği bulunmuş ve çevresel streslere yüksek tepkiler gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışma çevresel değişkenlerin nispi katkısı, makroomurgasız toplulukları ve Biyotik İndeksleri şekillendirmede antropojenik faaliyetlerin (örneğin, belediye ve endüstriyel kanalizasyonun boşaltılması) bentik topluluk kompozisyonunu ve çeşitliliğini doğrudan değiştirdiğini göstermiştir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

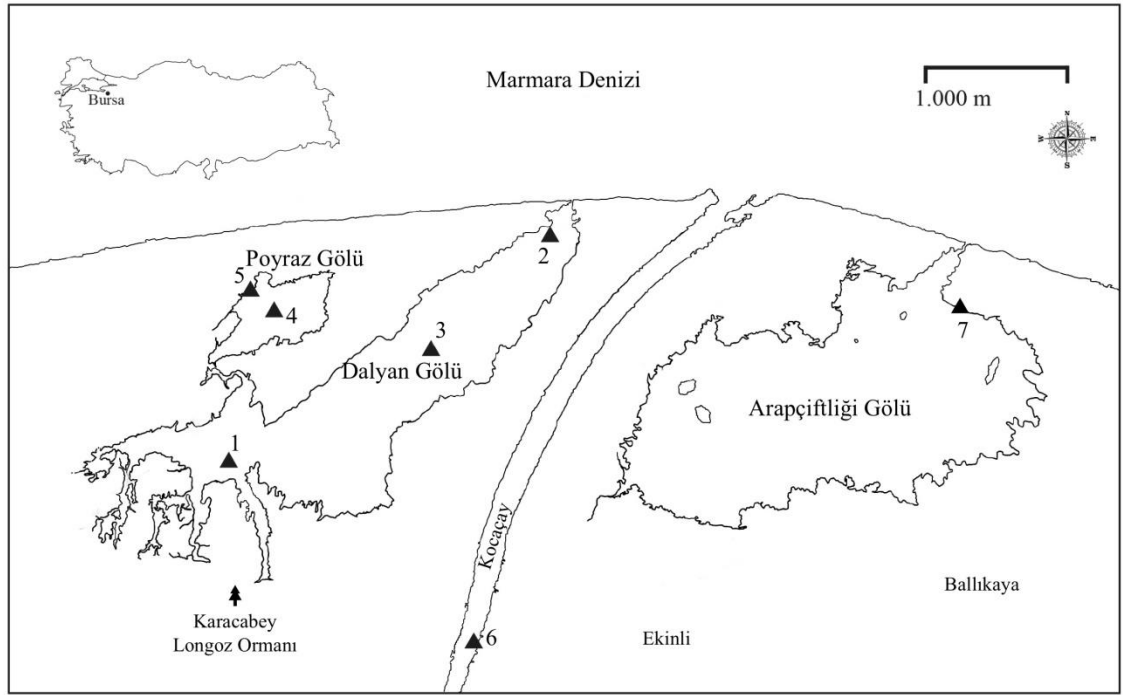
3.1.1. Çalışma alanı tanımı

Ramsar Sözleşmesine göre habitatlar 3 ana gruba ayrılmaktadır. Kocaçay Deltası Deniz/Kıyı Sulak Alanları (Marine/Coastal Wetlands) ana grubu içinden J sınıfı sulakalan habitat tipine (Coastal brackish/saline lagoons- Kıyı acı / tuzlu lagünler) uymaktadır. Avrupa Toplulukları 40 sulakalan habitat tipi listelemişlerdir. Ancak genel olarak sulakalan habitat tipini 7 ana başlıkta sınıflandırmışlardır (EC, 2007). Çalışma alanımız bu ana habitat tiplerinden deniz ve kıyı sulak alanları (marine and coastal wetlands) tipine uymaktadır. Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı II. Bölge Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen projede Kocaçay Deltası'nın EUNIS Habitat Sınıflandırmasına göre 16 habitat tipini bulundurduğu tespit edilmiştir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2018).

Kocaçay Deltası, coğrafik olarak Marmara Bölgesinde, idari olarak Bursa ili sınırları, Mudanya ve Karacabey ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Kocaçay Deresi yaklaşık 8 km uzunluğundaki Karacabey Boğazı'nı geçerek bir tek ağızdan denize ulaşmaktadır. Kocaçay Deresi, deltayı iki bölüme ayırmakta ve delta üzerinde sağa bükümlü dar bir kanalda akmaktadır. Akarsu ağzının iki yanında zaman içinde konumları değişebilen lagünler (Dalyan Gölü, Poyraz Gölü ve Arapçiftliği) meydana gelmiştir. Deltanın batı kesimini, toplam alanı 1,94 km² olan Dalyan ve Poyraz gölleri kaplarken, 6 km² alanı sazlıklar, 7,3 km² alanı ormanlar kaplamaktadır. Doğu bölümünde ise 3,91 km² alan ile Arapçiftliği Gölü, kumullar, sazlıklar, geniş çamur düzlükleri ve tarım alanları yer almaktadır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2018). Kocaçay Deltası'nın örnekleme noktalarının koordinatları Çizelge 3.1'de, örnekleme noktaları ise Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. İstasyonların koordinatları

İstasyonlar	Koordinatlar	
1. Örneklemeye Noktası	40°22'53,3"K	28°28'13,3"G
2. Örneklemeye Noktası	40°23'36,1"K	28°29'40,9"G
3. Örneklemeye Noktası	40°23'11,9"K	28°29'04,4"G
4. Örneklemeye Noktası	40°23'23,7"K	28°28'21,5"G
5. Örneklemeye Noktası	40°23'33,4"K	28°28'17,6"G
6. Örneklemeye Noktası	40°22'15,4"K	28°29'16,2"G
7. Örneklemeye Noktası	40°23'02,5"K	28°32'00,6"G



Şekil 3.1. Kocacay Deltası örnek alma noktaları

3.1.2. Örneklemeye Noktaları

Bentik omurgasız ve su numuneleri Kocacay Deltası'ndan belirlenen 7 örneklemeye noktasından 30.03.2018-04.04.2019 tarihleri arasında aylık olarak alınmıştır.

1. örneklemeye noktası, deltasının en önemli karakteristik özelliğini belirleyen, dönem dönem suyun debisinin değişkenlik gösterdiği ve farklı su bitkilerinin yaşadığı su basar ormanından belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Su basar ormanı 1. örnekleme noktası genel görünümü

Kocaçay Deltası havzasında, Dalyan, Poyraz ve Arapçiftliği gölleri olmak üzere üç doğal göl bulunur. Dalyan Gölü, Bandırma-Kapıdağ Alt Havzasında bulunur ve bir kum set ile denizden ayrılır. Kış aylarında, deniz suları dalgalarla göle girer. Gölün deniz seviyesinin üzerindeki yükseklik 1,5-2 metre ve derinliği 0,75-1,0 m'dir. (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2018). 2. örnekleme noktası Marmara Denizi'nden kum seddiyle ayrılan Dalyan Gölü kıyı bölgesinden, 3. örnekleme noktası ise Dalyan Gölü ortasından belirlenmiştir. (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Dalyan Gölü 2. ve 3. örnekleme noktası genel görünümü

Poyraz Gölü, Dalyan Gölüyle benzer özellik göstermektedir. Tek bir göl olmalarına karşın mevsimsel şartlarda dönem dönem aralarındaki bağlantı kopmaktadır ve 2 göl

şeklinde sınıflandırılmaktadırlar. 4. örnekleme noktası Poyraz Gölü'nün orta noktası, 5. örnekleme noktası ise gölün Batı yönündeki kıyı bölgesinden belirlenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Poyraz Gölü 4. ve 5. örnekleme noktası genel görünümü

Kocaçay, (Çapraz Çay, Susurluk Çayı veya Simav Çayı) kaynağını Simav yakınlarındaki Şaphane Dağları'ndan alır. Susurluk Ovası'nda kuzeye yönelir, Uluabat Gölü'nün çıkış suyu ve Nilüfer Çayı ile birleşerek en son Karacabey'den geçerek Marmara Denizi'ne dökülür. Kocaçay Deltasındaki tek akarsu olması açısından önemli bir örnekleme noktasıdır. Göllerle direkt bir bağlantısı yoktur. Ancak havzadaki yeraltı suyu beslenmesini sağlayan ana yüzey akışı Kocaçay'dır. Aynı zamanda Marmara Denizi ağzından da derenin havzaya geri dönüşü olmaktadır. Belirlenen örnekleme noktası iki göle de yakın örnekleme yapılmasına uygun bir alandan belirlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Kocaçay 6. örnekleme noktası genel görünümü

Arapçiftliği Gölü, Göynük Alt Havzası'nda yer alır ve Kocaçay Deltası'nın en büyük gölüdür. 391 hektarlık bir alana sahiptir. Balıkçılığın yasaklandığı göl, alüvyon özelliklerine sahiptir, ortalama derinliği 55 cm ve maksimum derinlik yaklaşık 170-200 cm'dir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2018). Çalışma planlanırken, bir göl ortası bir kıyı örnekleme düşünölmüştür. Ancak gölde balıkçılığın yasak olması sebebiyle kayık bulunamamış ve göl ortası örnekleme çalışmadan çıkarılmış, tek kıyı örnekleme yapılmıştır. 7. örnekleme noktası gölün Marmara Denizi'ne yakın olan kıyı bölgesinden belirlenmiştir. (Şekil 3.6)

Dalyan ve Arapçiftliği göllerinden belirlenen 2. ve 7. örnekleme noktalarının yakınındaki, Marmara Denizine yakın olan kum setlerinin göllerdeki su debisinin azaldığı ve arttığı dönemlerde iş makinalarıyla kanallar açılmaktadır. Dolayısıyla bu noktalardan deniz suyu lagün göllerine girmekte ve göllerin tuzluluğu üzerine etki etmektedir.



Şekil 3.6. Arapçiftliği 7. örnekleme noktası genel görünümü

3.2. Yöntem

3.2.1. Fiziksel ve kimyasal analizler

Su sıcaklığı ($T^{\circ}\text{C}$), pH, Elektriksel iletkenlik (Eİ) ve Çözünmüş oksijen (ÇO) aylık olarak Lovi-Bond marka multi prob ile arazide ölçülmüştür. Su analizleri standart metodlara göre (American Public Health Association [APHA], 1998) Çizelge 3.2.'de verilen yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Alüminyum (Al), Arsenik (As), Bor (B), Demir (Fe) ve Mangan (Mn) ağır metal analizleri BUSKİ Genel Müdürlüğü, Atıksu Laboratuvarlarında hizmet alımı ile yaptırılmıştır. Bu analizler ICP-OES de yapılmış ve mg/L cinsinden tayin edilmiştir.

Carlson Trofik Seviye İndeksi (TSI) (Carlson. 1977), Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği EK-6'da verilen eşitliklere göre hesaplanmıştır (Resmi Gazete, 2012). Elde edilen sonuçlar bu yönetmelikteki ötrofikasyon kriterlerine göre (Çizelge 3.3) değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.2. Kimyasallar ve analitik yöntemler

Kimyasallar	Kısaltma	Birim	Yöntem	Analitik yöntemler
Fosfat fosforu	PO ₄ -P	mg/L	APHA 4500-P E.	Spektrofotometrik, askorbik asit
Toplam fosfor	TP	mg/L	APHA 4500-P B.	Spektrofotometrik, askorbik asitle persülfat parçalama
Nitrit azotu	NO ₂ -N	mg/L	APHA 4500-NO ₂ ⁻ B.	Kolorimetrik
Nitrat azotu	NO ₃ -N	mg/L	APHA 4500-NO ₃ ⁻ E.	Kadmiyum indirgeme
Toplam Kjeldahl azotu	TKN	mg/L		Hesaplama
Toplam azot	TN	mg/L	APHA 4500-N C.	Spektrofotometrik, alkalin persülfat parçalama, kadmiyum indirgeme
Magnezyum	Mg ²⁺	mg/L	APHA 3500-Mg B.	Hesaplama
Kalsiyum	Ca ²⁺	mg/L	APHA 3500-Ca B.	EDTA titrimetrik
Sülfat	SO ₄ ²⁻	mg/L	4500-SO ₄ ²⁻ E.	Turbidimetrik
Bikarbonat	HCO ₃ ⁻	mg/L	APHA 2320 B.	Titrasyon
Toplam alkalinite	Top alk	mg/L	APHA 2320 B.	Titrasyon
Askıda katı madde	AKM	mg/L	APHA 2540 D	Filtrasyon
Toplam organik madde	pV	mg/L	ISO 8467 (1993)	Permanganat İndeksi Titrasyon

Çizelge 3.3. TSI'nin göl, gölet ve baraj gölleri için ötrofikasyon kriterleri

Trofik Seviye İndeks Değeri (TSI)	Trofik Seviye
>62	Hipertrofik
62	Ötrofik
60*- 52	Mezotrofik
44	Oligotrofik
≤ 29	Ultraoligotrofik

* Baraj ve göletler için geçerlidir.

3.2.2. Meteorolojik veriler

Karacabey/17673 ve Bandırma/717114 nolu meteorolojik istasyonlarının 2018-2019 yıllarına ait aylık sıcaklık, nem ve yağış verileri Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022).

3.2.3. Bentik omurgasız örneklerinin toplanması, tayini ve sayımı

Akarsu örnekleme noktasındaki (6. nokta) bentik omurgasızların örneklemeinde ISO standartlarına göre (ISO 10870) tavsiye edilen büyük el neti ve Ekman-Birge grab kullanılmıştır (Resmi Gazete, 2012). El neti, dikdörtgen bir çerçeveye yaklaşık 1 m uzunluğunda bir sap ve çerçevenin içine 500 mikron göz açıklığına sahip monte edilmiş bir ağdan oluşmaktadır. Örneklemede multihabitat yöntemi uygulanmıştır (BS, 2012).

Göl ortası örneklemeinde dip sedimanı (ISO 10870)'de önerilen Ekman-Birge grab kullanılarak her istasyondan üç tekrarlı örnek alınmış, kıyı örneklemeinde ise el neti ile örnekler alınmış ve sonrasında ayrı ayrı 500 mikronluk test eleğinden geçirilerek çamurdan arındırılarak tüm örnekler birleştirilerek %80'lik etil alkol ile tespit edilmiştir. El netiyle alınan örnekler doğrudan polietilen kaplara boşaltılmıştır. Örneklerin tayinleri 80X büyütmeli Euromex marka stereo trinoküler mikroskopta mümkün olan en düşük taksonomik seviyede gerçekleştirilmiştir. Tayini gerçekleştirilen örnekler 10 ml'lik cam şişelere aktarılmış, şişelerin üzerine teşhis edilen taksonun ismi, örnekleme noktası no ve tarih bilgileri yazılmış ve müze materyali olarak düzenlenmiştir. Bentik omurgasızların tayinleri çeşitli monograflar, kitaplar ve makaleler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. (Edington ve Hildrew, 1981; Elliot ve Mann, 1998; Gledhill vd., 1976; Glöer, 2015, 2019; Lehmkuhl, 1979; Krivosheina, 2012; Macan, 1959, 1979; Şahin, 1984; Quigley, 1977).

Bentik omurgasızların metre karedeki toplam organizma sayıları (org/m^2) büyük el neti ve Ekman grab örnekleycilerinin birim alanlarında tespit edilen organizma sayılarının metre kareye oranlanması ile hesaplanmıştır (Klemm vd., 2000). Bentik omurgasızların

nispi bollukları ise her taksonun toplam organizma sayısına oranlanmasının yüzdesidir ve aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (3.1).

$$Nispi\ Bolluk = (NA / Nn) \times 100 \quad (3.1)$$

Nn: Tüm türlere ait birim alandaki birey sayısı

NA: A türüne ait birim alandaki birey sayısı

Nispi bolluk değerleri bentik makro omurgasız topluluğunun yapısı ve tüm fauna popülasyonları ile ilgili bilgi sağlar (Barbour vd., 1999).

3.2.4. Bentik omurgasızların kullanıldığı metrik sistemler (bentik metrikler)

Biyolojik verilerin sayısal olarak belirlenip diğer verilerle karşılaştırılması gerekmektedir. Metrikler, biyolojik verilerin sayısal olarak ifade edilmesini sağlar. Bentik omurgasızların kullanıldığı metrik sistemlere bentik metrik denir (Barbour vd., 1999). Kullanılan temel metrikler; takson zenginliği metrikleri, tolerans metrikleri, kompozisyon metrikleri, beslenme tipi metrikleri, Çeşitlilik metrikleridir. Çalışmada uygulanan tüm metrikler Çizelge 3.4'te verilmiştir.

3.2.5. İstatistiksel analizler

Çevresel değişkenler ve bentik omurgasızlar arasındaki ilişkiyi belirlemek için ordınasyon yöntemleri uygulanmıştır. Bu değişkenlere (biyolojik ve çevresel) log (x+1) transformasyonu uygulanmıştır. İki ve ikinin üstünde tekerrür gösteren bentik omurgasız taksonları analize dahil edilmiş, nadir taksonlar elimine edilmiştir.

Gradient uzunluğunu (Lineer <2< Unimodal) tespit etmek için bentik omurgasız taksonları ve çevresel değişkenlerin bir arada kullanıldığı Detrended Correspondance Analizi (DCA) uygulanmıştır. Gradient uzunluğu 2'nin üzerinde hesaplandığı için unimodal yöntem kullanılmasına karar verilmiştir ve bentik omurgasız taksonları ve çevresel değişkenler arasındaki ilişki Canonical Correspondance Analizi (CCA) ile test

edilmiştir. İlk ve tüm kanonik eksenler arasındaki istatistiksel anlamlılık Monte Carlo Permutasyon Testi (999) ile test edilmiştir.

Çizelge 3.4. Kullanılan bentik metrik sistemler ve kısaltmaları

Metrik Çeşitleri	Metrikler	Kısaltmaları
Tolerans metrikleri	Biological Monitoring Working Party Skor Sistemi	BMWP
	Average Score Per Takson	ASPT
	BMWP İspanyol Modifikasyonu	BMWP-SP
	BMWP Macaristan Modifikasyonu	BMWP-HU
	Average Score Per Takson Macaristan Modifikasyonu	ASPT-HU
	BMWP Çekya Modifikasyonu	BMWP-CZ
	Average Score Per Takson Çekya Modifikasyonu	ASPT-CZ
	BMWP Polonya Modifikasyonu	BMWP-PO
	BMWP Yunanistan Modifikasyonu	BMWP-GR
	İtalyan Biyotik İndeks	IBE
Takson Zenginliği Metrikleri	Coelenterata	Coel
	Turbellaria	Turb
	Nematoda	Nem
	Nematomorpha	Nemat
	Gastropoda	Gastr
	Bivalvia	Bival
	Polychaeta	Poly
	Oligochaeta	Oligo
	Hirudinea	Hiru
	Crustacea	Crus
	Ephemeroptera	Ephe
	Odonata	Odon
	Heteroptera	Hete
	Trichoptera	Tric
	Lepidoptera	Lep
	Coleoptera	Cole
	Diptera	Dip
	Hydrachnidia	Hydr
EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) takson sayısı	EPT	
Toplam Takson Sayısı	Top Tak	

Çizelge 3.4. Kullanılan bentik metrik sistemler ve kısaltmaları (devam).

Kompozisyon Metrikleri	% Coelenterata	Coel [%]
	% Turbellaria	Turb [%]
	% Nematoda	Nem [%]
	% Nematomorpha	Nemat [%]
	% Gastropoda	Gastr [%]
	% Bivalvia	Bival [%]
	% Polychaeta	Poly [%]
	% Oligochaeta	Oligo [%]
	% Hirudinea	Hiru [%]
	% Crustacea	Crus [%]
	% Ephemeroptera	Ephe [%]
	% Odonata	Odon [%]
	% Heteroptera	Hete [%]
	% Trichoptera	Tric [%]
	% Lepidoptera	Lep [%]
	% Coleoptera	Cole [%]
	% Diptera	Dip [%]
	% Hydrachnidia	Hydr [%]
% EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) takson sayısı	EPT [%]	
Portekiz GOLD İndeksi	GOLD	
Çeşitlilik İndeksi	Shannon–Wiener	H
	Margalef Çeşitlilik İndeksi	MARG
	Simpson	SIMP
	Evenness	EVEN
Beslenme Tipi Metrikleri	[%] Grazers and Scrapers (Otlayıcı ve Kazıcı)	[%] Gra-scr
	[%] Shredders (Parçalayıcılar)	[%] Shr
	[%] Gatherers/Collectors (Toplayıcı/Kollektörler)	[%] Gat/Col
	[%] Active Filter Feeders (Aktif Filtre Besleyiciler)	[%] Act-fil
	[%] Predators (Yırtıcılar)	[%] Pre
	[%] Parasites (Parazitler)	[%] Par
Tuzlusu Bentik Omurgasız İndeksleri	Biotic Coefficient (Biyotik Katsayı)	BC
	Biotic Index	BI
Göl Bentik Omurgasız İndeksleri	Taxa Tolerance Scores (Takson Tolerans Skorları)	TTS
	Mean tolerance score (Ortalama tolerans skoru)	MTS
	Number of sensitive taxa (Hassas Takson Sayısı)	NST
	Yüzde Littoral	littor
	Yüzde Profundal	prof

Kümeleme analizi var/yok datası kullanılarak Ward's metoduna göre Bray Curtis uzaklık ölçümü kullanılarak CAP 4.1.3 istatistik programında (Seaby ve Henderson, 2007) uygulanmıştır. Bu analizde bentik omurgasızlar kullanılarak örnekleme noktalarının ve ayların benzerlikleri belirlenmiştir.

Bentik omurgasız taksonlarının aylık dağılımları arasındaki olası farklılıkların düzeyini anlamak ve bu farklılıklara en fazla katkıda bulunan taksonları değerlendirmek için sırasıyla Benzerlik analizi (Analysis of Similarity- ANOSIM) ve Benzerlik Yüzdesi (Similarity Percentage-SIMPER) analizleri uygulanmıştır. SIMPER İçinde (within) analizi ve SIMPER Arasında (between) analizleri sırasıyla gruplar arasındaki benzerlik ve benzersizliği belirlemek için uygulanmıştır.

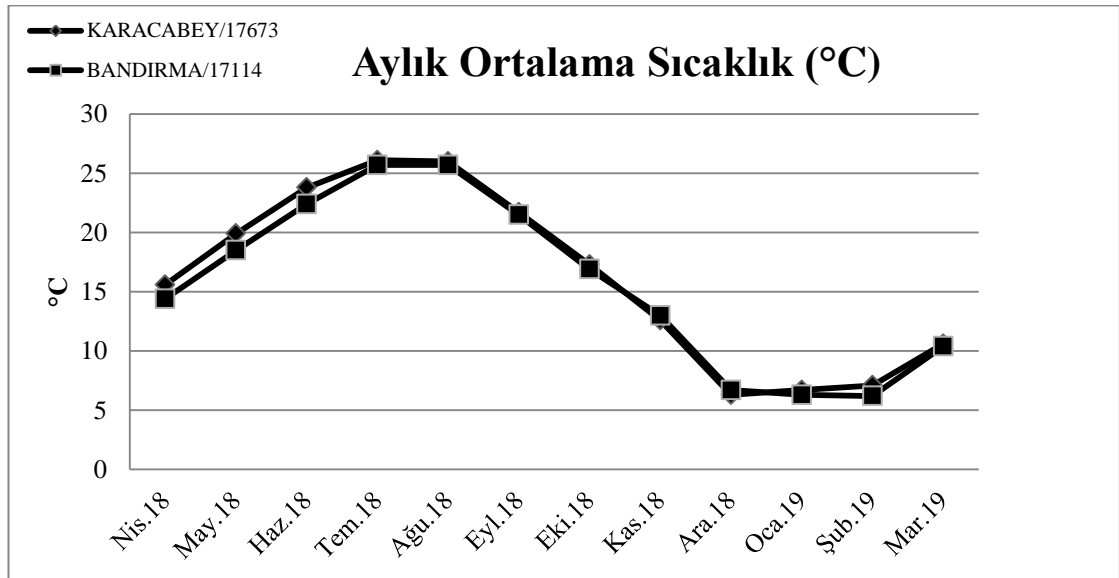
Bentik omurgasız metriklerinin hesaplanmasında ASTERICS 4.04 (AQEM, 2002) programı kullanılmıştır. Çeşitlilik indekslerinden olan; Shannon Wiever, Margalef, Simpson ve Eveness indeksleri ve takson çeşitliliği ise SDR 4.1.2 paket programı (Seaby ve Henderson, 2007) ile hesaplanmıştır. Spearman Rank Korelasyon Analizi bentik metriklerin birbirleri ve çevresel değişkenler ile olan ilişkisini belirlemek için SPSS 25 paket programı kullanılarak uygulanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Meteorolojik Bulgular

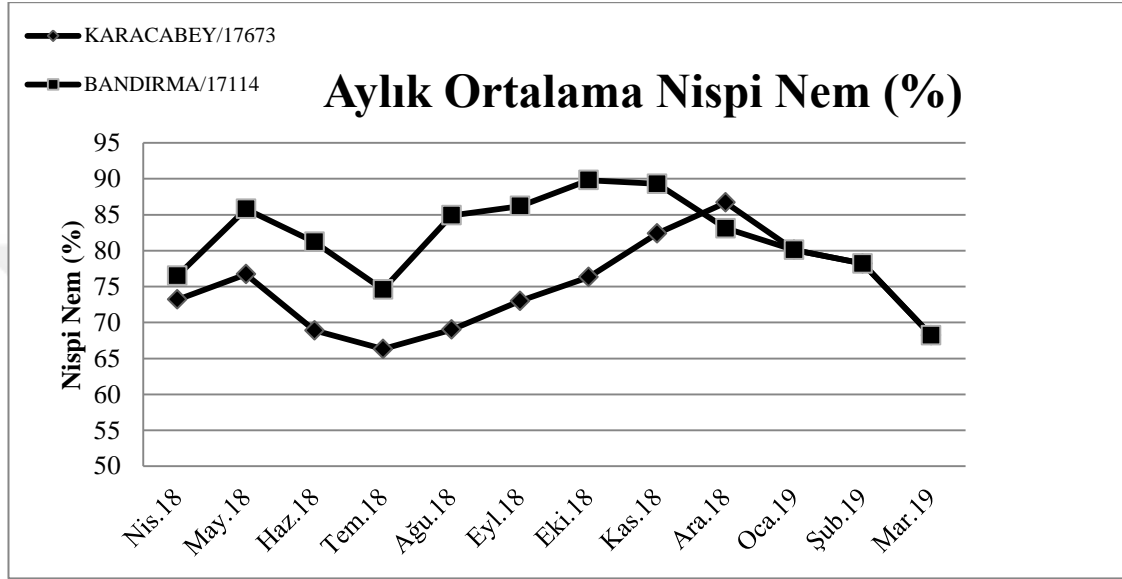
Nisan 2018 – Mart 2019 dönemine ait aylık ortalama sıcaklık, nem ve yağış verileri, çalışma alanına en yakın Meteoroloji Genel Müdürlüğü Karacabey/17673 ve Bandırma/717114 nolu meteorolojik istasyonlarından alınmıştır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022).

Karacabey/17673 ve Bandırma/17114 meteorolojik istasyonlarının aylık ortalama atmosferik sıcaklık verileri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Karacabey/17673 istasyonunda, Nisan 2018 - Mart 2019 dönemi ortalama atmosferik sıcaklık 16,14 °C, ortalama en yüksek atmosferik sıcaklık 02.08.2018 26,1 °C, ortalama en düşük sıcaklık ise 20.12.2018 6,3 °C olarak tespit edilmiştir. Karacabey/17673 ve Bandırma/17114 meteorolojik istasyonları ortalama sıcaklık verileri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Bandırma/17114 istasyonunda Nisan 2018 - Mart 2019 dönemi ortalama atmosferik sıcaklık 15,64 °C, en yüksek atmosferik sıcaklık verisi 02.08.2018 ve 05.09.2018 tarihlerinde 25,7 °C olarak ölçülmüştür.



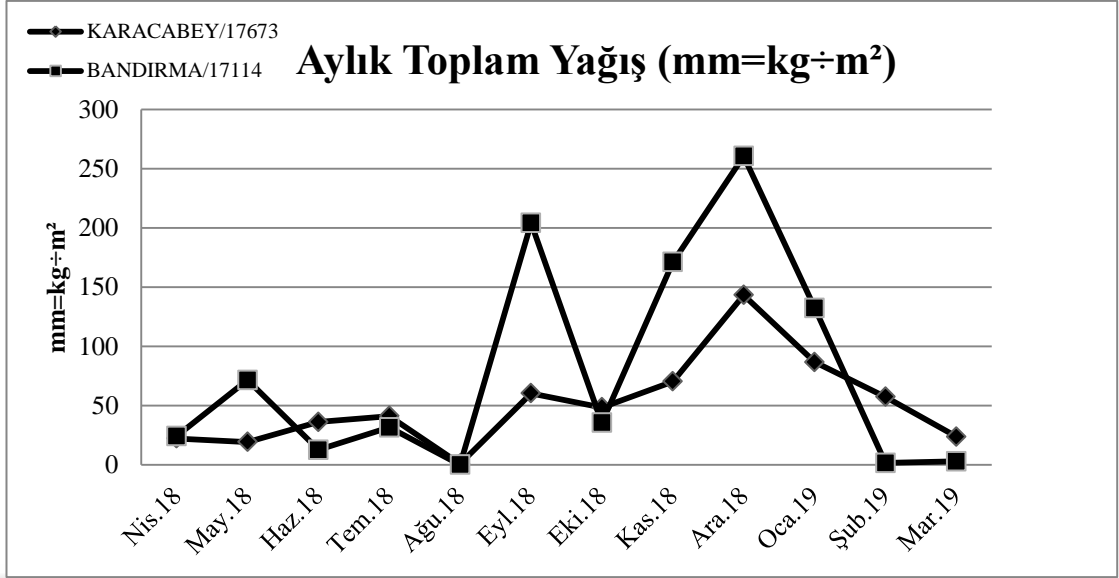
Şekil 4.1. Karacabey/17673 ve Bandırma/17114 meteorolojik istasyonları ortalama sıcaklık verileri

Karacabey/17673 ve Bandırma/17114 meteorolojik istasyonları ortalama nispi nem verileri Şekil 4.2’de gösterilmiştir. 2018 - 2019 ortalama nispi nem % 74,93, en düşük Temmuz 2018’de (% 66,3), en yüksek ise Aralık 2018’de (% 86,7) tespit edilmiştir. Bandırma/17114 istasyonu 2018 - 2019 döneminde ortalama nispi nem % 81,49, en düşük % 68,2 Mart 2018’de, en yüksek ise % 89,8 ile Ekim 2018’de tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Karacabey/17673 ve Bandırma/17114 meteorolojik istasyonları ortalama nispi nem verileri

Karacabey/17673 ve Bandırma/17114 meteorolojik istasyonları ortalama aylık toplam yağış Şekil 4.3’te gösterilmiştir. Karacabey/17673 istasyonunda, 2018 - 2019 ortalama 50,92 mm=kg/m² ölçülen toplam yağış, en düşük 1 mm=kg/m² ile Ağustos 2018 tarihinde, en yüksek ise Aralık 2018 tarihinde 143,4 mm=kg/m² olarak tespit edilmiştir. Bandırma/17114 istasyonunda 2018 - 2019 ölçülen toplam yağış ortalama 79,1 mm=kg/m², en düşük 0,2 mm=kg/m² ile Ağustos 2018 tarihinde, en yüksek ise Aralık 2018 tarihinde 260,6 mm=kg/m² olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. Karacabey/17673 ve Bandırma/17114 meteorolojik istasyonları ortalama aylık toplam yağış verileri

4.2. Fizikokimyasal Değişkenler

Kocaçay Deltası'nın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre su kalitesi, OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development-Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü) (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü [OECD], 2021) sınıfına göre belirlenmiş olan kalite kriterlerine göre tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Kimyasallar, Yerüstü su kalitesi yönetmeliğine göre maksimum çevresel kalite standartı, yıllık ortalama çevresel kalite standartlarına göre de değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 2016).

Çalışma boyunca su sıcaklığı değerleri 4,55 - 34 °C arasında ölçülmüştür. En yüksek su sıcaklığı 5. örnekleme noktasında 02.08.2018 tarihinde, en düşük su sıcaklığı ise 1. örnekleme noktasında 17.01.2019 tarihinde ölçülmüştür (Çizelge 4.1). Bandırma ve Karacabey meteoroloji örnekleme istasyonları hava ortalama sıcaklık grafiklerinde de 02.08.2018 tarihinin en sıcak dönem olduğu görülmektedir (Şekil 4.1).

pH değerleri ortalama $8,28 \pm 0,41$ olarak hesaplanmıştır. En düşük 6,92 değeri ile 04.05.2018'de 1. örnekleme noktasında, en yüksek değer ise yine 1. örnekleme noktasında 05.09.2018 tarihinde ölçülmüştür (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Çalışma alanının yedi örnekleme noktasına ait fiziksel ve kimyasal değişkenlerin minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart hata sonuçları

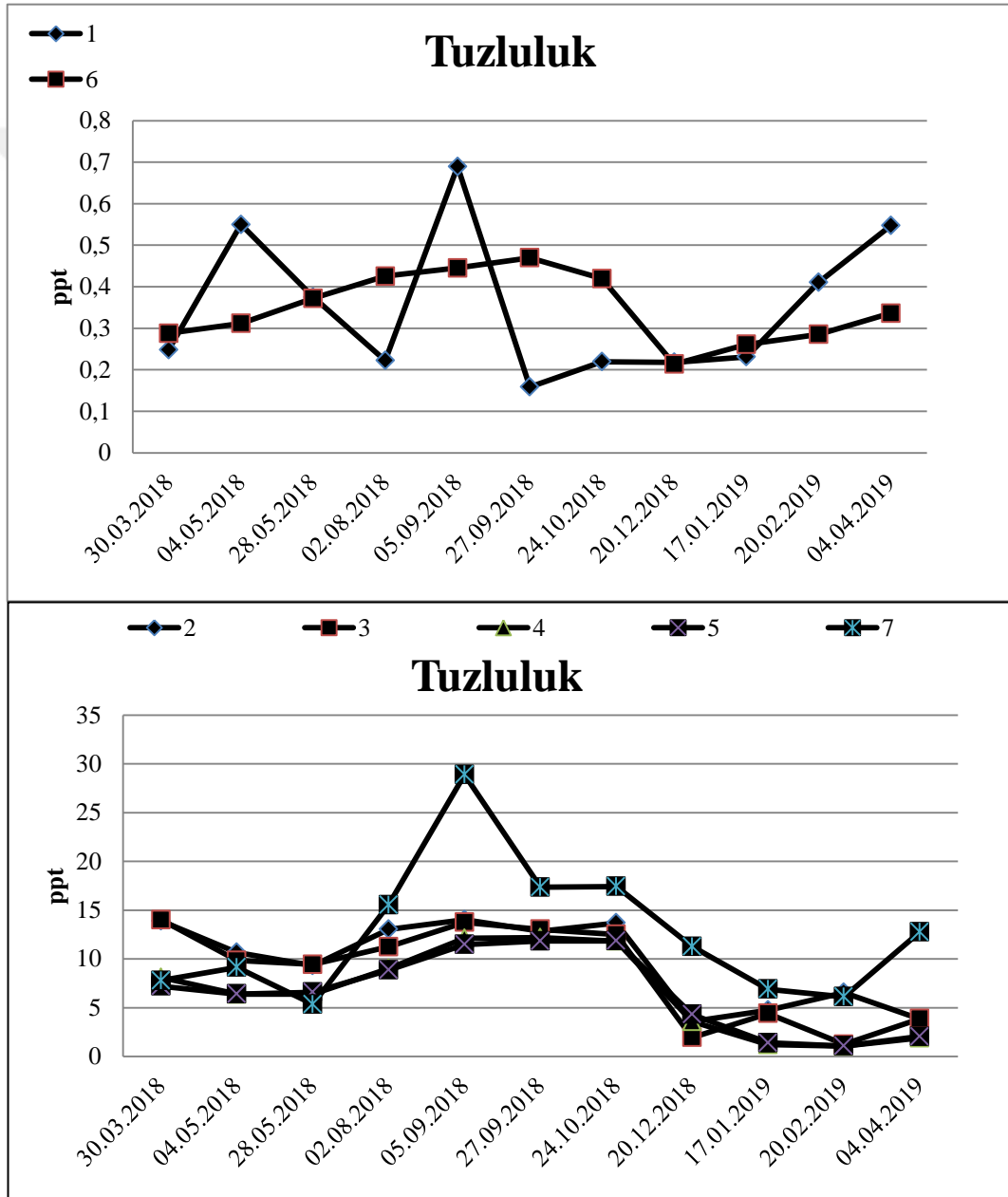
	n	Min.	Mak.	Ort.	Std. H.	OECD	MAK-ÇKS	YO-ÇKS
T	77	4,55	34	18,36	7,49			
pH	77	6,92	9,03	8,28	0,41			
ÇO	mg/L 77	1,60	11,9	7,17	2,07	I		
Eİ	mS/cm 77	0,33	44,7	10,76	9,51			
Tuzluluk	ppt 77	0,16	28,89	6,42	5,92			
PO₄-P	mg/L 77	0,004	0,37	0,08	0,09	IV		
TP	mg/L 77	0,047	2,83	0,27	0,35	III		
NO₂-N	mg/L 77	0,001	0,20	0,02	0,03	II		
NO₃-N	mg/L 77	0,028	1,74	0,26	0,33	II		
TKN	mg/L 77	1,238	16,31	3,74	2,15			
TN	mg/L 77	1,595	16,37	4,01	2,17	III		
Mg	mg/L 77	2,43	3112,96	582,39	598,78			
Ca	mg/L 77	12,02	801,6	215,24	174,65			
SO₄	mg/L 77	0,474	3114,74	962,6	995,97	V		
CO₃	mg/L 77	0	146,4	27,865	4,667			
HCO₃	mg/L 77	9,76	610	194,98	122,83			
Top alk	mg/L 77	38,56	633,18	222,84	138,96			
AKM	mg/L 77	3,50	322,7	59,83	54,83			
pV	mg/L 77	5,60	105,6	25,46	14,71			
Al	mg/L 77	0,021	94,65	2,64	10,87	II	0,027	0,002
As	mg/L 77	0,003	0,27	0,04	0,05	I	0,053	0,053
B	mg/L 77	0,038	3,57	1,23	0,91		1,472	0,707
Fe	mg/L 77	0,08	64,1	1,98	7,38	III	0,101	0,036
Mn	mg/L 77	0,018	3,76	0,28	0,56	III		

MAK-ÇKS: Maksimum çevresel kalite standartı, YO-ÇKS: Yıllık ortalama çevresel kalite standartı

Çalışma boyunca ortalama ÇO değeri $7,17 \pm 2,07$ mg/L olarak hesaplanmıştır. OECD'ye göre bu değer havzanın çözülmüş oksijen açısından I. sınıf su kalitesinde olduğunu göstermektedir. En düşük ÇO değeri 1,6 mg/L ile 28.05.2018 tarihinde 5. örnekleme noktasında ölçülmüştür. En yüksek değer ise Poyraz Gölü ortası 4. örnekleme noktasında 29.09.2018 tarihinde 11,9 mg/L olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.1).

Çalışma alanının ortalama Eİ değeri $10,7 \pm 9,51$ mS/cm olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer 44,7 mS/cm ile 05.09.2018 tarihinde 7. örnekleme noktasında ölçülmüştür. En düşük değer tatlı su karakterinde olan 1. örnekleme noktasında 29.09.2018 tarihinde 0,33 mS/cm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.1). Çalışma alanının ortalama tuzluluk değeri

6,42±5,92 ppt olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Şekil 4.4'te çalışma alanının ortalama tuzluluk değerleri örnekleme noktalarına göre ve aylara göre gösterilmiştir. 1. ve 6. örnekleme noktası tatlı su karakterinde, düşük tuzluluk değerlerinde olduğu için ayrı bir grafikte Şekil 4.4'te gösterilmiştir. 1. örnekleme noktasında en düşük ortalama tuzluluk değeri 0,16 ppt ile 27.09.2018 tarihinde en yüksek ise 05.09.2018 tarihinde 0,69 ppt olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4). 6. örnekleme noktasında ise tuzluluk 0,21-0,47 ppt arasında değişmiştir (Ort. 0,35 ppt).



Şekil 4.4. Örnekleme noktalarının aylara göre tuzluluk değerleri

2., 3., 4., 5. ve 7. örnekleme noktalarının tuzluluk değerleri ise Şekil 4.4'te gösterilmiştir. 2. örnekleme noktasında tuzluluk değerleri 3,58-14,02 ppt arasında ölçülmüştür (Ort. 9,65 ppt). 3. örnekleme noktasında ise ortalama tuzluluk değeri 8,66 olarak hesaplanmıştır (1,24-14,02 ppt) (Şekil 4.4). Poyraz Gölü örnekleme noktalarında ise sırasıyla ortalama tuzluluk 6,70 ppt ve 6,64 ppt olarak belirlenmiştir. Çalışma döneminde en yüksek tuzluluk değeri Arapçiftliği Gölü'nde 28,89 ppt ile 05.09.2018 ile 7. örnekleme noktasında tespit edilmiştir (Ort. 12,59 ppt) (Şekil 4.4).

PO₄-P çalışma alanında ortalama 0,08 mg/L olarak belirlenmiştir. Bu sonuca göre OECD yüzey suyu kalitesi sınıflarına göre çalışma alanı IV. sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

TP çalışma dönemi boyunca en düşük 1. örnekleme noktasında 0,047 mg/L olarak 17.01.2019 tarihinde, en yüksek ise 2,83 mg/L olarak 28.05.2018 tarihinde 7. örnekleme noktasında belirlenmiştir. Ortalama değer 0,27±0,35 mg/L olarak bulunmuştur. Bu sonuç OECD'ye göre su kalitesinin III. sınıf olduğuna işaret etmektedir (Çizelge 4.1).

NO₂-N değeri ortalama 0,02±0,03 mg/L, Nitrat değeri ortalama 0,26±0,33 mg/L olarak belirlenmiştir. OECD kalite sınıflarına göre NO₂-N değerleri, II. sınıf su kalitesinde belirlenmiştir. NO₃-N değerleri ise OECD kalite sınıfına göre I. sınıf su kalitesindedir (Çizelge 4.1).

TKN en düşük 20.02.2019 tarihinde 5. örnekleme noktasında 1,24 mg/L olarak bulunmuş, en yüksek ise 16,31 mg/L ile 05.09.2018'de 7. örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Ortalama TKN ise 3,74±2,15 mg/L olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

TN ortalama 4,01±2,17 mg/L olarak hesaplanmıştır. OECD su kalite sınıfına göre çalışma alanı TN değerlerine göre III. sınıf su kalitesindedir. En düşük değer 20.02.2019'da 3. örnekleme noktasında 1,60 mg/L olarak; en yüksek değer ise 16,37 mg/L ile 05.09.2018 tarihinde 7. örnekleme noktasında belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Mg değerleri 2,43 – 3 113 mg/L arasında değişmiş, ortalama 582±599 mg/L olarak tespit edilmiştir. Ca değerleri ise 12,02 - 801,6 mg/L aralığında ölçölmüş ve ortalama değer 215±175 mg/L olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

SO₄²⁻ en düşük 0,47 mg/L ile 04.04.2019 tarihinde 1. örnekleme noktasında tespit edilmiştir. En yüksek değer ise 02.08.2018 tarihinde 2. örnekleme noktasında 3 115 mg/L olarak belirlenmiş, ortalama değer ise 963±996 mg/L olarak tespit edilmiştir. OECD kriterlerine göre alan SO₄²⁻ bakımından V. sınıf su kalitesinde bulunmuştur.

CO₃⁻ değerleri 0 ile 146,4 mg/L arasında belirlenmiştir. Ortalama CO₃⁻ değerleri 27,87±4,67 mg/L olarak hesaplanmıştır. HCO₃⁻ çalışmada 9,76 – 610 mg/L aralığında ölçölmüş, aritmetik ortalaması 195±123 mg/L olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Toplam alkalinite ise çalışmada, 38,56 - 633 mg/L arasında değişim göstermiş, ortalama 223±139 mg/L olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

En düşük AKM değeri 3,50 mg/L 17.01.2019 tarihinde 1. örnekleme noktasında, en yüksek ise 323 mg/L ile 28.05.2018 tarihinde 7. örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Ortalama değer ise 59,83±54,83 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). pV değeri ise 5,60 - 106 mg/L arasında ölçölmüş, ortalama değer 25,46 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Al en düşük 0,02 mg/L değeri ile 04.05.2018 tarihinde 5. örnekleme noktasında; en yüksek ise 20.12.2018'de 6. örnekleme noktasında 94,65 mg/L değerinde ölçölmüştür. Ortalama değeri 2,64±10,87 mg/L olarak hesaplanan Al değerleri OECD sınıfına göre II. sınıf su kalitesindedir (Çizelge 4.1). Fe, en düşük 0,08 mg/L ile 02.08.2018'de 4. örnekleme noktasında; en yüksek ise 64 mg/L ile 20.12.2018 6. örnekleme noktasında tespit edilmiştir. Aritmetik ortalama 1,98±7,38 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). OECD su kalite sınıfına göre alan III. sınıf su kalitesindedir.

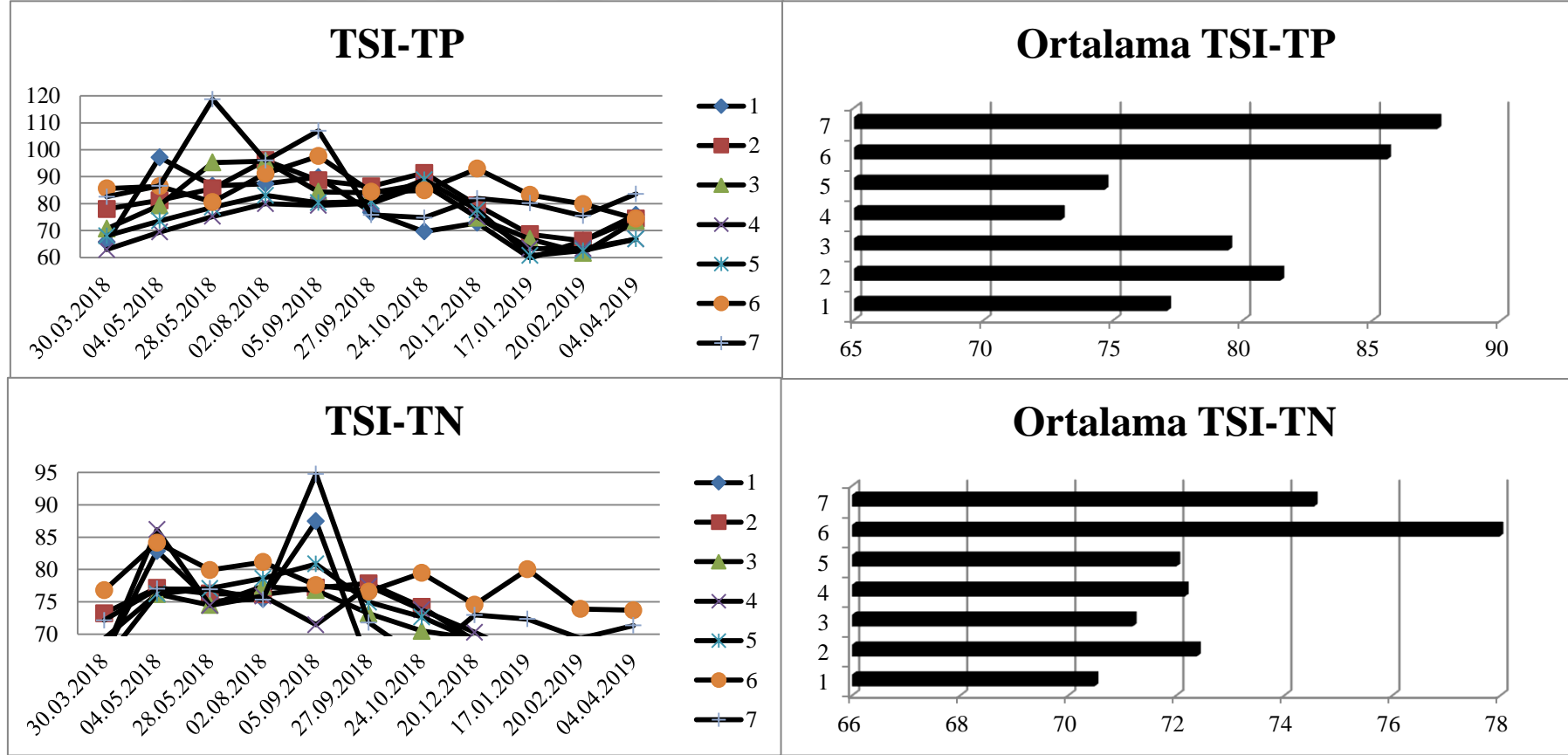
As değerleri ortalama 0,04±0,05 mg/L olarak hesaplanmıştır. OECD sınıfına göre bu değerin I. sınıf su kalitesine işaret ettiği görölmüştür (Çizelge 4.1). B alışma dönemi boyunca 0,04 – 3,57 mg/L arasında ölçölmüştür. Ortalama değeri ise 1,23±0,91 mg/L olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

Mn çalışmada 0,02 – 3,86 mg/L arasında tespit edilmiştir. Ortalama değer $0,28 \pm 0,56$ mg/L olarak hesaplanmış ve OECD su kalite sınıfına göre Mn bakımından alan III. sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

Şekil 4.5'te örnekleme noktalarının TP'ye göre hesaplanan Trofik Seviye İndeksi (TSI-TP) değerleri verilmiştir. En yüksek TSI-TP değerleri, 7. örnekleme noktasında 28.05.2018 tarihinde 118,75 ve 05.09.2018 tarihinde 107,01 olarak hesaplanmıştır. 1. örnekleme noktası ortalama 77,07, 2. örnekleme noktası 81,44, 3. örnekleme noktası 79,42, 4. örnekleme noktası 72,97, 5. örnekleme noktası 74,66, 6. örnekleme noktası 85,55, 7. örnekleme noktası 85,17 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.5). Tüm örnekleme noktalarının TP'ye göre trofik seviyeleri hipertrofik olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.3).

Şekil 4.5'de TN'ye göre hesaplanan Trofik Seviye İndeksi (TSI-TN) grafiği verilmiştir. En düşük TSI-TN değeri 3. örnekleme noktasında 20.02.2019 tarihinde 61,18, en yüksek değer ise 7. örnekleme noktasında 05.09.2018 tarihinde 94,77 olarak hesaplanmıştır. 1. örnekleme noktası ortalama 70,49, 2. örnekleme noktası 72,38, 3. örnekleme noktası 71,19, 4. örnekleme noktası 72,16, 5. örnekleme noktası 72,00, 6. örnekleme noktası 77,98, 7. örnekleme noktası 74,55 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5). TSI-TN'ye göre tüm örnekleme noktalarının trofik seviyeleri hipertrofik olarak gözükmektedir (Çizelge 3.3).

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Ek 5 Tablo 4'te verilen Çevre Kalite Standartlarına göre (Resmi Gazete, 2016); Al, B ve Fe yıllık ortalama Çevre Kalite Standardı (YO-ÇKS) üzerinde ve Al, As, B, Fe maksimum ortalama Çevre Kalite Standardı (MAK-ÇKS) üzerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.5. TN ve TP'ye göre örnekleme noktalarının aylara göre ve ortalama TSI değerleri

4.3. Taksonomik Bulgular

Çalışma alanında 7 Phylum'dan (Cnidaria, Nematoda, Nematomorpha, Platyhelminthes, Annelida, Mollusca ve Arthropoda) toplam 12 sınıfa ait toplam 99 bentik omurgasız taksonuna ait 49 415 birey tespit edilmiştir. Çalışma alanında tespit edilen bentik omurgasızlara ait takson listesi, örnekleme noktalarına göre bulunurlukları ve istatistikte kullanılan taksonların kısaltmaları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Sulakalanda tespit edilen bentik omurgasızlara ait takson listesi.

Taksonlar	Örnekleme Noktaları							Tekerrür	Kısaltma
	1	2	3	4	5	6	7		
Phylum: Cnidaria									
Class: Hydrozoa									
Order: Anthoathecata									
Fam: Hydridae									
<i>Hydra</i> sp. L., 1758						+		1	
Phylum: Nematoda	+	+			+	+	+	12	<i>Nema</i>
Phylum: Nematomorpha		+	+			+	+	9	<i>Nemat</i>
Phylum: Platyhelminthes									
Class: Trepanemata									
Ordo: Neophora									
Fam: Planariidae									
<i>Planaria</i> sp. Müller, 1776	+							1	
Phylum: Annelida									
Subclass: Oligochaeta	+	+	+	+	+	+	+	51	<i>Olig</i>
Class: Clitellata									
Class: Polychaeta		+	+	+	+		+	33	<i>Poly</i>
Subclass: Hirudinea									
Ordo: Arhynchobdellida									
Fam: Erpobdellidae	+							1	
<i>Erpobdella punctata</i> Leidy, 1870	+					+		4	<i>Erp pun</i>
<i>Dina parva</i> Moore, 1912						+		1	
Fam: Glossiphoniidae									
<i>Placobdella ornata</i>						+		1	
<i>Glossiphonia complanata</i>						+		1	
<i>Helobdella</i> sp. Blanchard, 1896							+	1	
Fam: Piscicolidae									
<i>Piscicola geometra</i> L., 1761							+	1	
Phylum: Mollusca									
Class: Bivalvia									
Ordo: Veneroida									

Çizelge 4.2. Sulakalanda tespit edilen bentik omurgasızlara ait takson listesi (devam).

Fam: Dreissenidae										
<i>Dreissena polymorpha</i> Pallas,1771							+		2	
Fam: Pisidiidae										
<i>Pisidium</i> sp. Pfeiffer, 1821	+						+		6	<i>Pisi</i>
<i>Sphaerium</i> sp. Scopoli, 1777	+								2	
Classis: Gastropoda										
Ordo: Neotaenioglossa										
Fam: Hydrobiidae	+						+		3	<i>Hydrob</i>
<i>Ecrobia ventrosa</i> Montagu, 1803	+	+	+	+	+	+	+		44	<i>Ecr ven</i>
Fam: Bithyniidae										
<i>Bithynia</i> sp. Leach, 1818							+		6	<i>Bith sp</i>
Ordo: Basommatophora										
Fam: Lymnaeidae	+						+		2	
<i>Lymnaea stagnalis</i> Linnæus, 1758	+								3	<i>Lym sta</i>
<i>Galba truncatula</i> Müller, 1774	+						+		3	<i>Gal tru</i>
<i>Stagnicola</i> sp. Jeffreys, 1830	+						+		6	<i>Sta sp</i>
<i>Stagnicola palustris</i> Müller, 1774	+									<i>Sta pal</i>
Fam: Physidae										
<i>Physella acuta</i> Draparnaud, 1805	+						+	+	22	<i>Phy acu</i>
Fam: Planorbidae							+		1	
<i>Planorbarius corneus</i> L., 1758	+								10	<i>Pla cor</i>
<i>Planorbis intermixtus</i> Mousson, 1874	+								2	
<i>Gyalus albus</i> Müller, 1774							+		1	
Ordo: Heterostropha										
Fam: Valvatidae										
<i>Valvata crista</i> Müller, 1774				+					1	
Ordo: Architaenioglossa										
Fam: Viviparidae										
<i>Viviparus</i> sp. Montfort, 1810							+		1	
Phylum: Arthropoda										
Subphylum: Chelicerata										
Class: Euchelicerata										
Ordo: Trombidiformes										
Fam: Hydrachnidia	+						+	+	3	<i>Hydr</i>
Subphylum: Crustacea										
Class: Ostracoda	+	+	+	+	+	+	+	+	70	<i>Osct</i>
Class: Malacostraca										
Ordo: Isopoda										
Fam: Asellidae									2	
<i>Asellus aquaticus</i> Fourcroy & Geoffroy, 1785						+			18	<i>Ase aqu</i>

Çizelge 4.2. Sulakalanda tespit edilen bentik omurgasızlara ait takson listesi (devam).

Ordo: Amphipoda									
Fam: Gammaridae	+	+				+	+	42	<i>Gamm</i>
Fam: Corophiidae		+		+	+	+	+	10	<i>Coro</i>
Fam: Sphaeromatidae		+					+	3	<i>Spha</i>
Ordo: Mysida									
Fam: Mysidae									
<i>Mysis</i> sp. Latreille, 1803		+	+	+	+		+	12	<i>Mysi</i>
Ordo: Decapoda									
Fam: Potamidae		+						1	
Ordo: Sessilia									
Fam: Balanidae		+						1	
Subphylum: Hexapoda									
Class: Collembola									
Fam: Isotomidae	+	+				+	+	7	<i>İsot</i>
Class: Insecta									
Infraclass: Palaeoptera									
Ordo: Ephemeroptera									
Fam: Baetidae									
<i>Baetis</i> sp. Leach, 1815	+		+			+		7	<i>Baet</i>
<i>Centropilum</i> sp. Eaton, 1869	+							1	
Ordo: Odonata									
Fam: Aeshnidae							+	1	
Fam: Coenagrionidae	+	+			+	+	+	12	<i>Coen</i>
<i>Coenagrion</i> sp. Kirby, 1890						+		2	
Fam: Libellulidae							+	1	
Fam: Macromiidae	+							2	
Ordo: Hemiptera									
Fam: Corixidae							+	1	
<i>Micronecta</i> sp. Kirkaldy, 1897	+			+				2	
<i>Sigara</i> sp. Fabricius, 1775						+	+	3	<i>Sig sp</i>
Fam: Pleidae	+							4	<i>Plei</i>
Fam: Naucoridae	+							4	<i>Nauc</i>
Fam: Nepidae	+						+	2	
Fam: Notonectidae	+						+	2	
Fam: Gerridae	+						+	2	
Fam: Mesovellidae	+							1	
Ordo: Coleoptera									
Fam: Dryopidae	+							1	
Fam: Curculionidae	+							5	<i>Curcu</i>
Fam: Elmidae	+						+	2	
Fam: Hydrophilidae	+	+		+	+		+	8	<i>Hydro</i>

Çizelge 4.2. Sulakalanda tespit edilen bentik omurgasızlara ait takson listesi (devam).

<i>Laccobius</i> larva Erichson, 1837						+	+	2	
<i>Berosus</i> sp. larva Leach, 1817	+					+	+	4	<i>Ber lar</i>
Fam: Noteridae									
<i>Noterus</i> sp. Clairville, 1806	+					+		5	<i>Not sp</i>
Fam: Haliplidae									
<i>Halipus</i> sp. Latreille, 1802	+							8	<i>Hal sp</i>
Fam: Dytiscidae	+						+	9	<i>Dyti</i>
<i>Hydaticus</i> sp. larva Leach, 1817	+							1	
<i>Hydroporus</i> sp. larva Clairville, 1806	+							2	
<i>Hydraena</i> sp. Kugelann, 1794	+					+		7	<i>Hydr sp</i>
Hydaticinae	+					+		3	<i>Hyda</i>
Fam: Helophoridae	+							1	
Ordo: Trichoptera									
Fam: Limnephilidae	+							1	
Fam: Lepidostomatidae	+							1	
Ordo: Lepidoptera							+	1	
Fam: Pyralidae (larva)	+					+	+	5	<i>Pyr lar</i>
Ordo: Diptera									
Suborder: Brachycera									
Fam: Ceratopogonidae	+	+				+	+	15	<i>Cerat</i>
Fam: Chironomidae	+		+	+	+	+	+	42	<i>Chir</i>
Fam: Empididae									
<i>Trichoclinocera</i> larva Collin, 1941		+						1	
Fam: Ephydriidae	+	+						2	
<i>Brachydeutera</i> pupa Loew, 186	+	+				+	+	7	<i>Brach</i>
<i>Ephydra</i> sp. Fallén, 1810				+	+			3	<i>Eph sp</i>
Fam: Tabanidae									
<i>Chrysops</i> sp. Meigen, 1803		+				+	+	5	<i>Chr sp</i>
<i>Tabanus</i> sp. L., 1758	+					+	+	4	<i>Tab sp</i>
Fam: Psychodidae	+					+	+	3	<i>Psyc</i>
Fam: Limoniidae									
<i>Erioptera</i> sp. Meigen, 1800	+							3	<i>Erio</i>
Fam: Stratiomyidae	+	+						4	<i>Strat</i>
Fam: Tipulidae	+							1	
<i>Tipula</i> sp. L., 1758	+							1	
Fam: Syrphidae larva							+	1	
Fam: Muscidae					+			1	
<i>Limnophora</i> sp. Robineau-Desvoidy, 1830		+						1	
Suborder: Nematocera									
Fam: Culicidae							+	1	

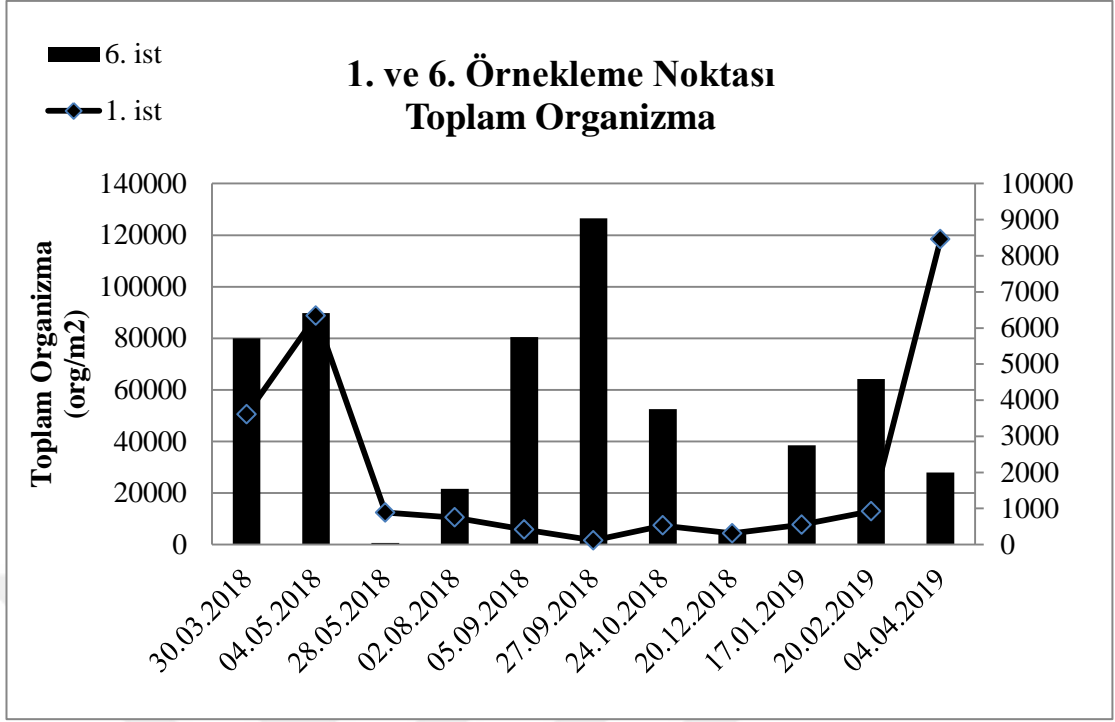
Bentik omurgasızlar içinde en yüksek takson çeşitliliğinin Arthropoda'dan Insecta sınıfında olduğu belirlenmiştir. Insecta sınıfı içinde 7 ordo'ya ait (Hemiptera, Coleoptera, Odonata, Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, Lepidoptera) toplam 35 familya tespit edilmiştir. Çizelge 4.2'de alanda teşhis edilen taksonların bulunduğu istasyonlar + ile gösterilmiştir. Tekerrür sayıları ve taksonların kısaltmaları da Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. 2 ve 2'nin altı tekerrüre sahip taksonlar istatistiksel çalışmalarda değerlendirilmediği için kısaltma verilmemiştir. Insecta ordolarının sınıflandırılmasında Wheeler vd. (2001)'nin filogeni çalışması temel alınmıştır. Taksonların otör isimleri ve güncel isimlendirilmeleri AnimalBase (AnimalBase Project Group, 2022) ve Itis (Integrated Taxonomic Information System, 2022) veritabanları kontrol edilerek güncellenmiştir.

4.4. Toplam organizma sayılarının (org/m^2) zamansal ve mekânsal değişimi

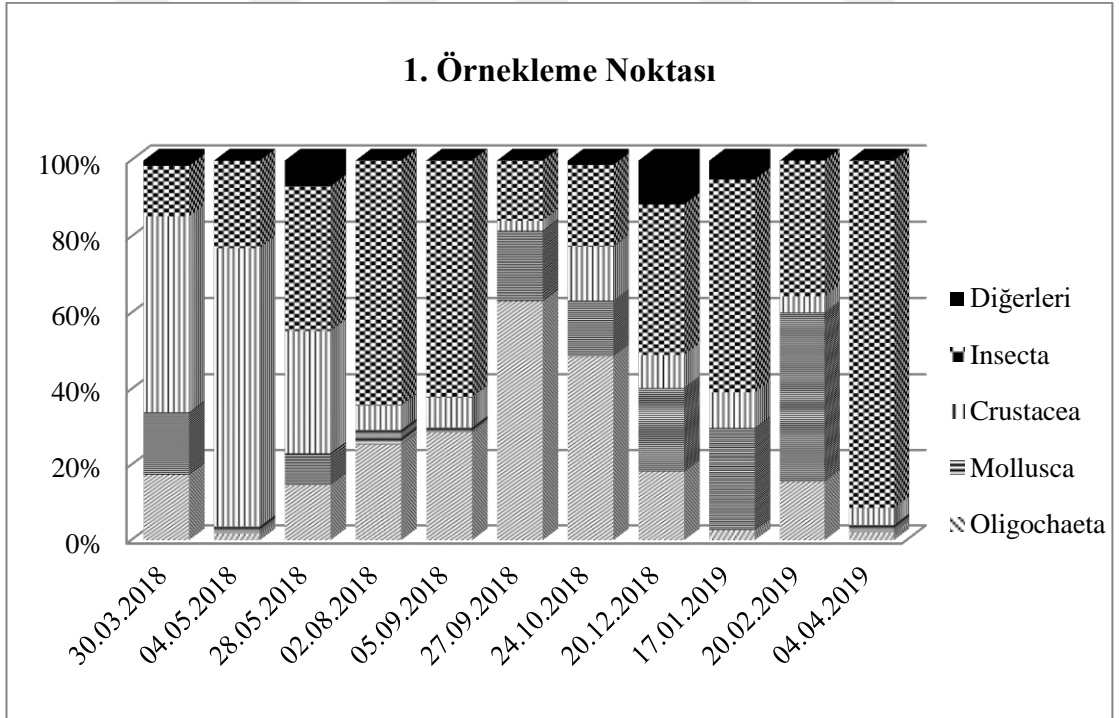
Toplam organizma sayılarının aylara göre dağılımı aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir. Tatlı su karakteri gösteren 1. ve 6. örnekleme noktası aynı grafikte verilmiştir (Şekil 4.6). 1. örnekleme noktasında metre karedeki organizma sayısı 1 625 - 118 375 org/m^2 arasında değişkenlik göstermiştir. Maksimum metre karedeki organizma sayısı 04.04.2019 tarihinde, minimum ise 29.09.2018 tarihinde tespit edilmiştir.

1. örnekleme noktası çeşitliliğin en çok olduğu örnekleme noktası olmuştur. Nispi bolluk sayılarına baktığımızda Insecta takımının 02.08.2018 ve 05.09.2018 tarihlerinde % 60'ın üzerinde tespit edildiği görülmektedir (Şekil 4.7). 04.04.2019 tarihinde ise Insecta % 91,41 (Ceratopogonidae larva 107 292 org/m^2) ile baskın organizma grubu olmuştur.

6. örnekleme noktasında ise minimum organizma sayısı 42 org/m^2 (28.05.2018) iken maksimum organizma sayısı 9 042 org/m^2 (29.09.2018) olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.6). 6. örnekleme noktası 1. örnekleme noktasından sonra en fazla takson sayısına sahip örnekleme noktası olmuştur.

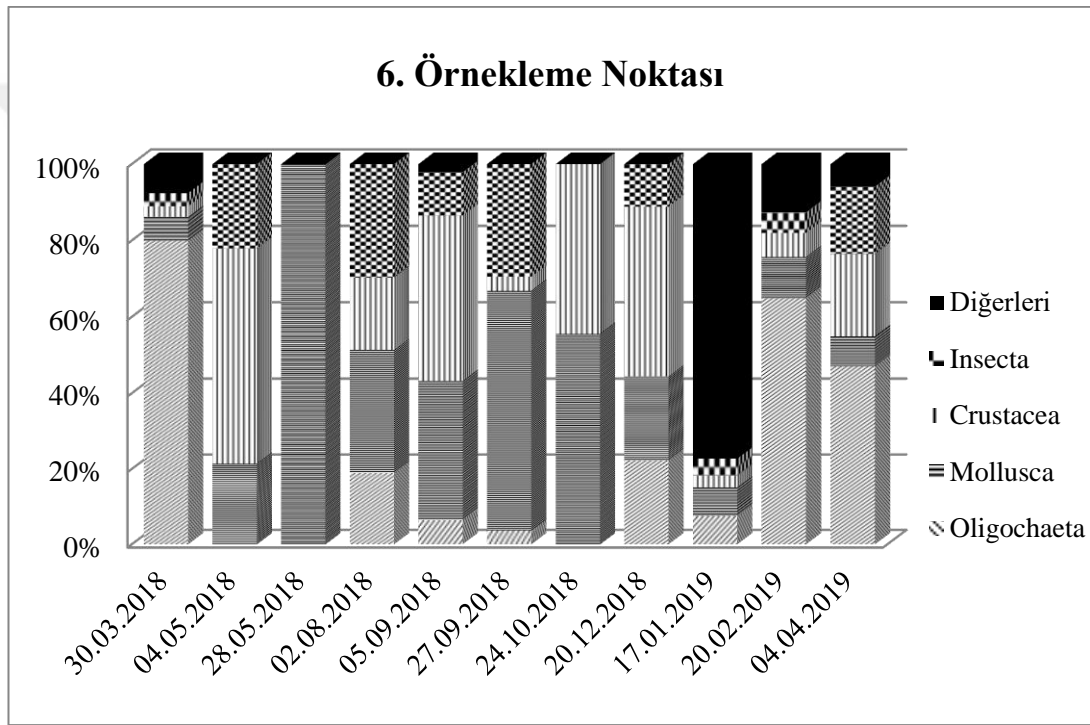


Şekil 4.6. Birinci ve altıncı örneklem noktalarında tespit edilen bentik omurgasız faunasına ait metre karedeki toplam organizma sayıları



Şekil 4.7. Birinci örneklem noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları

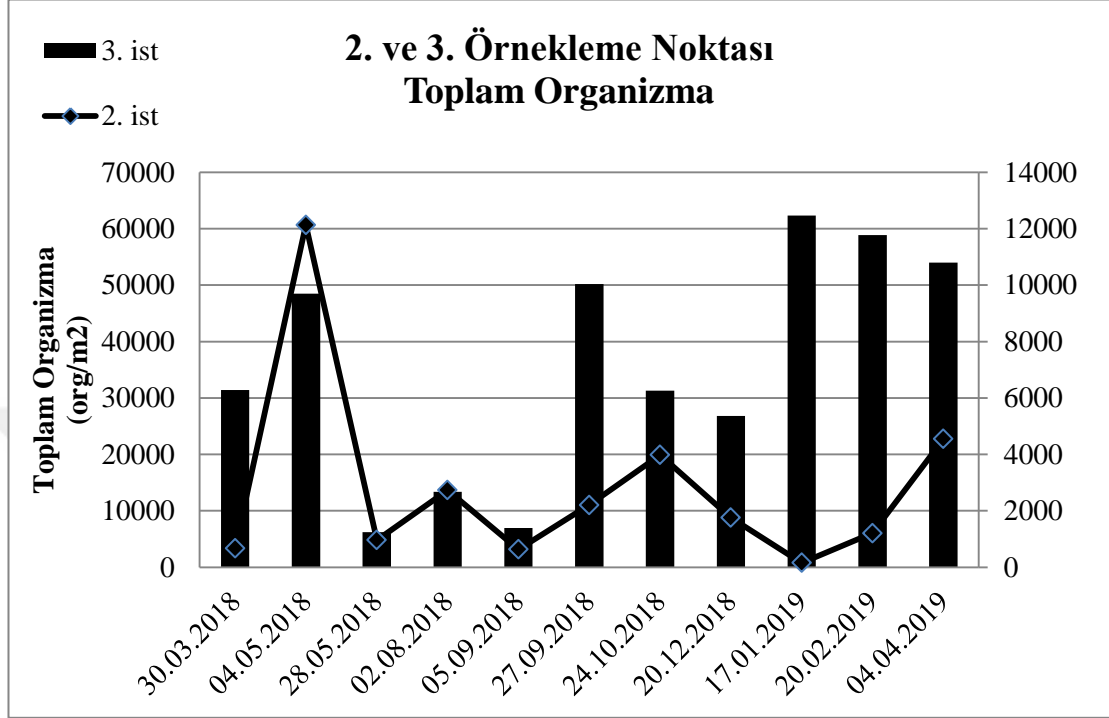
6. örnekleme noktasında, Mollusca grubu tüm çalışma dönemi boyunca tespit edilmiştir. 28.05.2018 tarihinde ise bu noktada sadece Mollusca grubuna ait bireyler tespit edilmiştir (*Viviparus* sp. 375 org/m²). Mollusca grubundan *Bithynia* sp. (83 - 1 167 org/m²) dikkat çeken taksonlardan bir diğeridir. 17.01.2019 tarihinde % 77,27 nispi bollukla diğer iki organizma grubu ön plana çıkmıştır (Nematoda 667 org/m², Nematomorpha 1 458 org/m²) (Şekil 4.8). Crustacea takımı 04.05.2018 tarihinde % 56,49, 24.10.2018 ve 20.12.2018 tarihlerinde ise % 44,44 nispi bolluklarında tespit edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Altıncı örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları

Dalyan Gölü örnekleme noktaları olan 2. ve 3. örnekleme noktalarının metre karedeki toplam organizma sayıları Şekil 4.9’da verilmiştir. 2. örnekleme noktası 04.05.2018’de 606 667 org/m² ile pik yapmıştır. Diğer aylarda 22 750 org/m² üzerine çıkmamış ve dalgalı bir grafik çizmiştir. 3. örnekleme noktasında ise 04.05.2018’in yanı sıra kış döneminde 17.01.2019, 20.02.2019, 04.04.2019 tarihlerinde yüksek org/m² sayılara ulaşmıştır. 2. örnekleme noktasında en yüksek organizma sayısı 17.01.2019 tarihinde

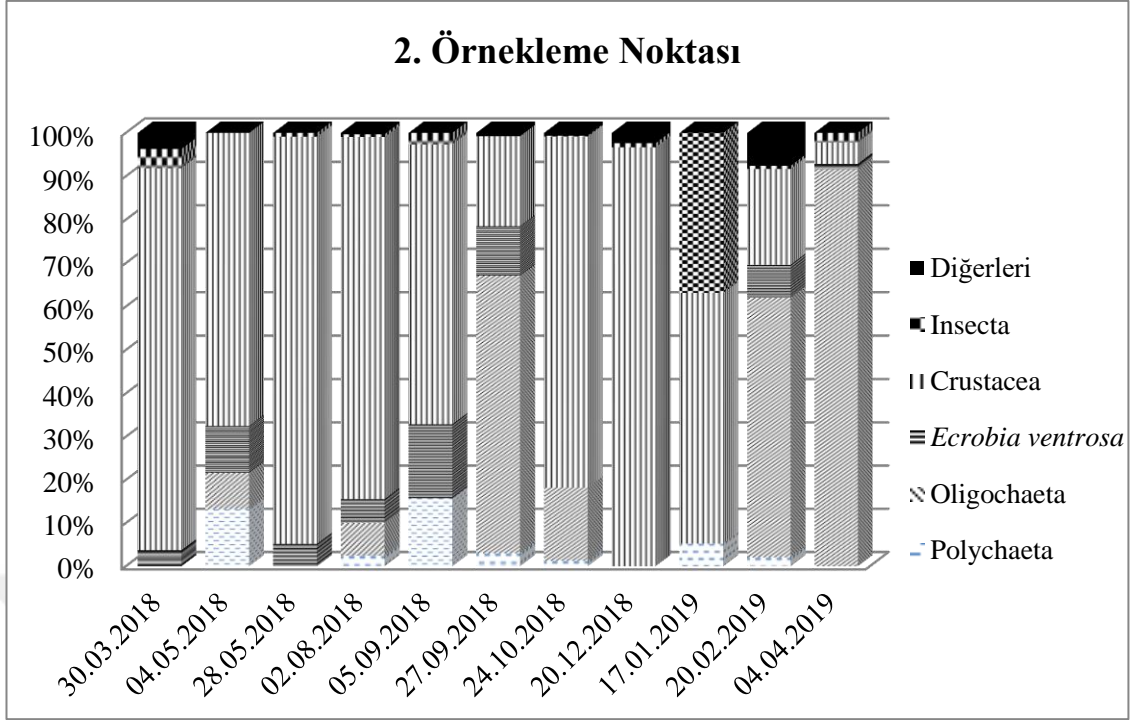
(12 467 org/m²), en düşük ise 28.05.2018 tarihinde (1 247 org/m²) olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.9).



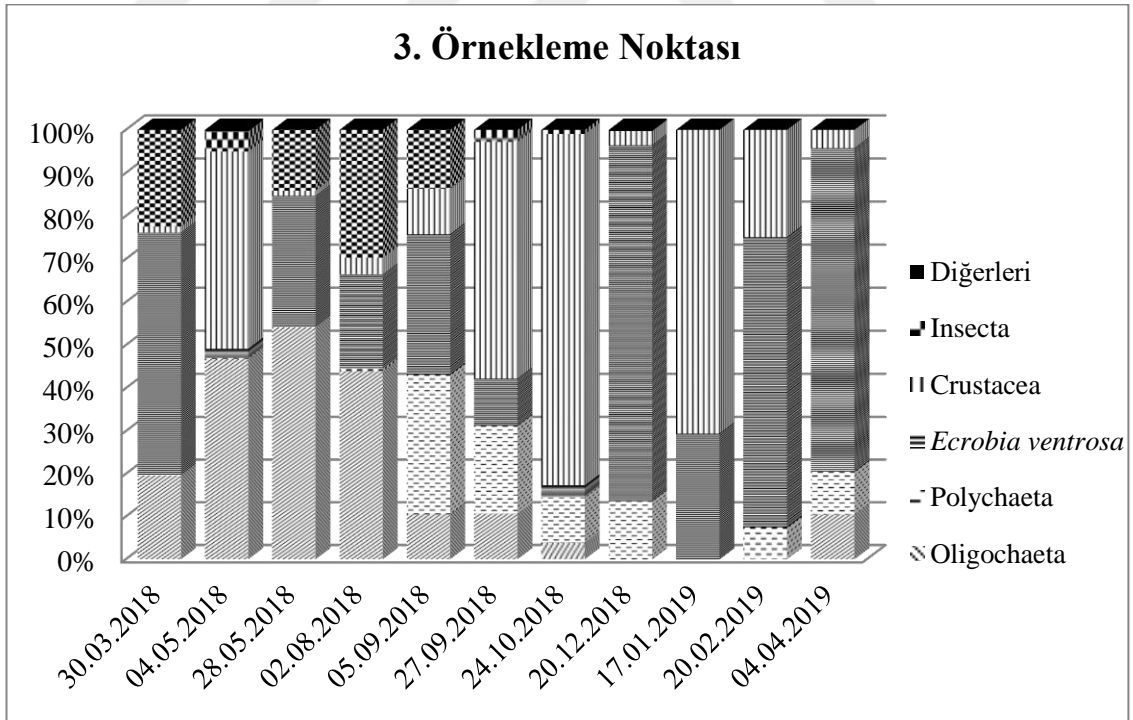
Şekil 4.9. İkinci ve üçüncü örneklem noktasında tespit edilen bentik omurgasız faunasına ait metre karedeki toplam organizma sayıları

2. ve 3. örneklem noktalarında denizel gruplardan olan Polychaeta bazı dönemlerde baskın organizma grubu olarak tespit edilmiştir. Polychaeta en yüksek nispi bolluğa 2. örneklem noktasında % 13,19 nispi bolluk oranında 04.05.2018 tarihinde; 3. örneklem noktasında ise en yüksek % 32,63 nispi bolluk oranında 29.09.2018 tarihinde tespit edilmiştir (Şekil 4.10).

Dalyan Gölü'nün kıyı bölgesi olan 2. örneklem noktasında Crustacea takımı en fazla nispi bolluğa ulaşan grup olmuştur (28.05.2018 tarihinde % 93,97). 3. örneklem noktasında ise Mollusca'dan *Ecrobia ventrosa* türü % 2,11 (28.05.2018) - % 82,79 (17.01.2019) nispi bolluk arasında değişkenlik göstererek (Şekil 4.11), baskın organizma gruplarından biri olarak tespit edilmiştir.



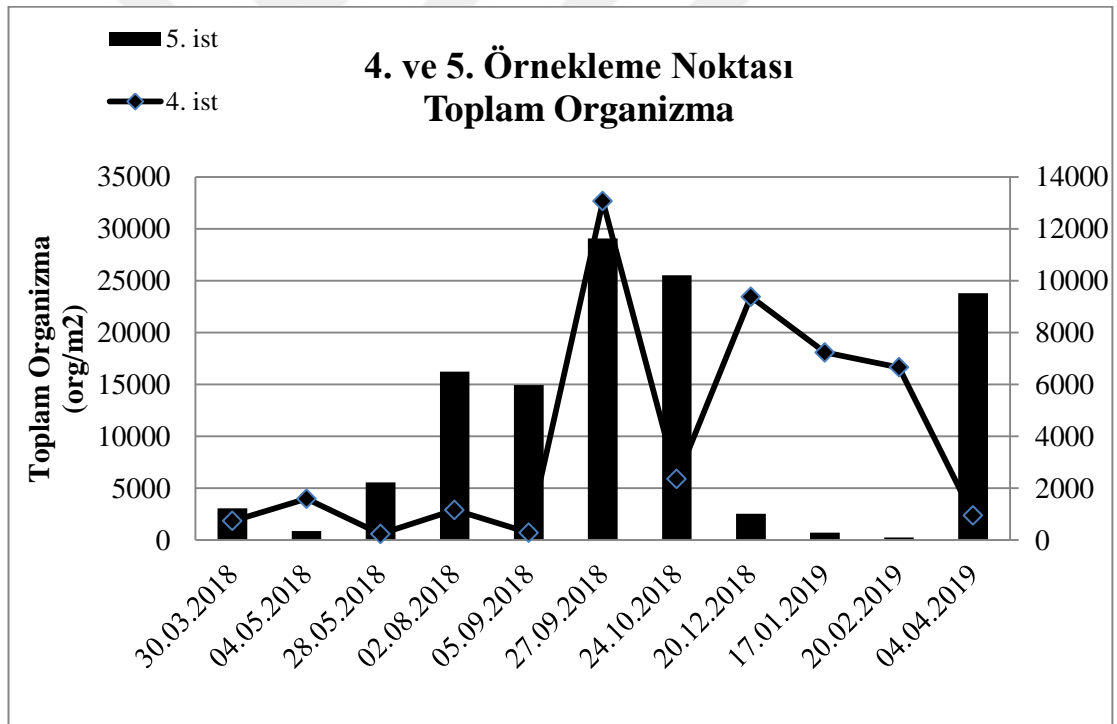
Şekil 4.10. İkinci örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları



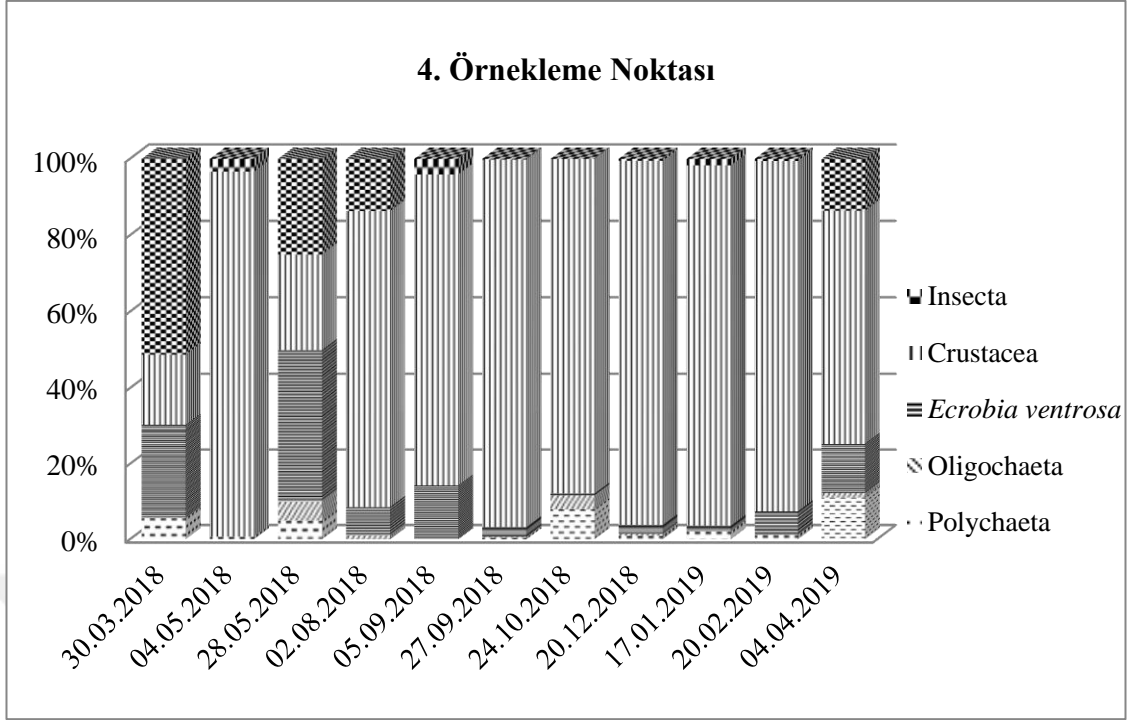
Şekil 4.11. Üçüncü örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları

Poyraz Gölü ortası örnekleme noktası olan 4. örnekleme noktasının metre karedeki organizma sayısı 587 org/m² (28.05.2018) – 32 663 org/m² (29.09.2018) arasında tespit edilmiştir (Şekil 4.12). 5. örnekleme noktasında ise organizmalar 103 – 11 631 org/m² arasında bir bollukta tespit edilmiştir (Şekil 4.12). 5. örnekleme noktasında, en düşük organizma sayısı 20.02.2019 tarihinde, en yüksek ise 4. örnekleme noktasında olduğu gibi 29.09.2018 tarihinde tespit edilmiştir (Şekil 4.12). 4. örnekleme noktasında *Ecrobia ventrosa* türü 11 örneklemenin 5'inde (04.05.2018, 29.09.2018, 20.12.2018, 17.01.2019, 04.04.2019) % 90 üzerinde nispi bollukta tespit edilmiştir (Şekil 4.13).

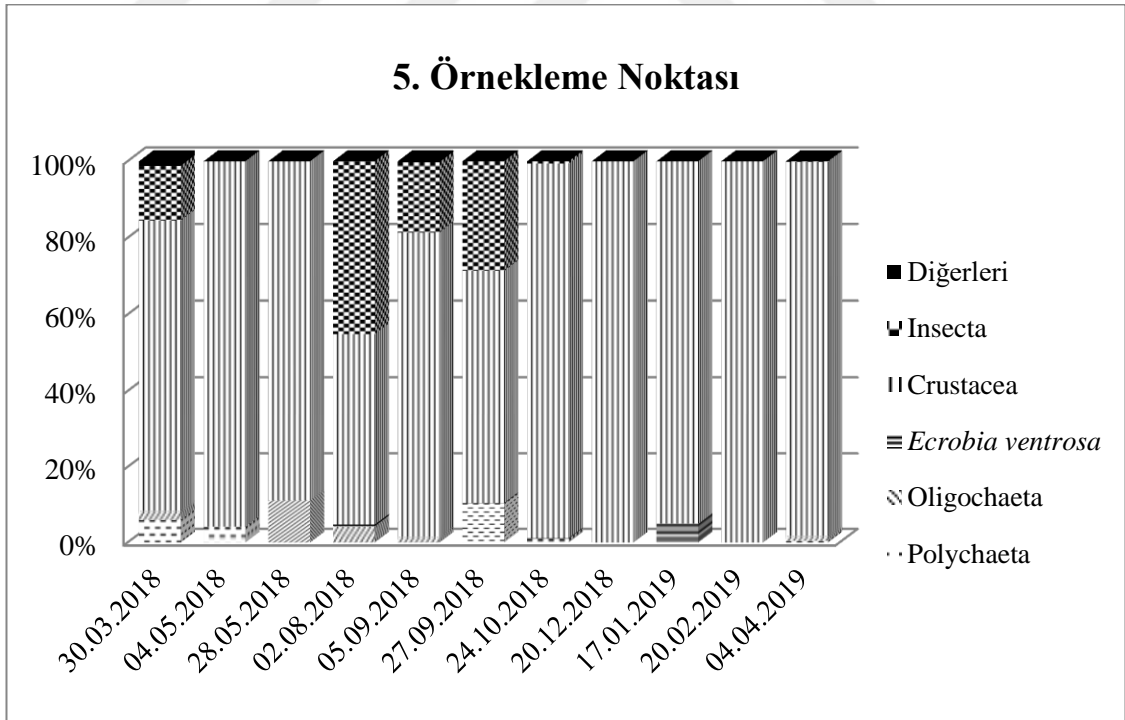
5. örnekleme noktası ise 2. örnekleme noktası olan Dalyan Gölü kıyı bölgesine benzer bir dağılım göstermiş ve Crustacea takımı baskın organizma grubu olarak tespit edilmiştir (% 50 [02.08.2018] - % 100 [20.12.2018]) (Şekil 4.14).



Şekil 4.12. Dördüncü ve beşinci örnekleme noktalarında tespit edilen bentik omurgasız faunasına ait metre karedeki toplam organizma sayıları



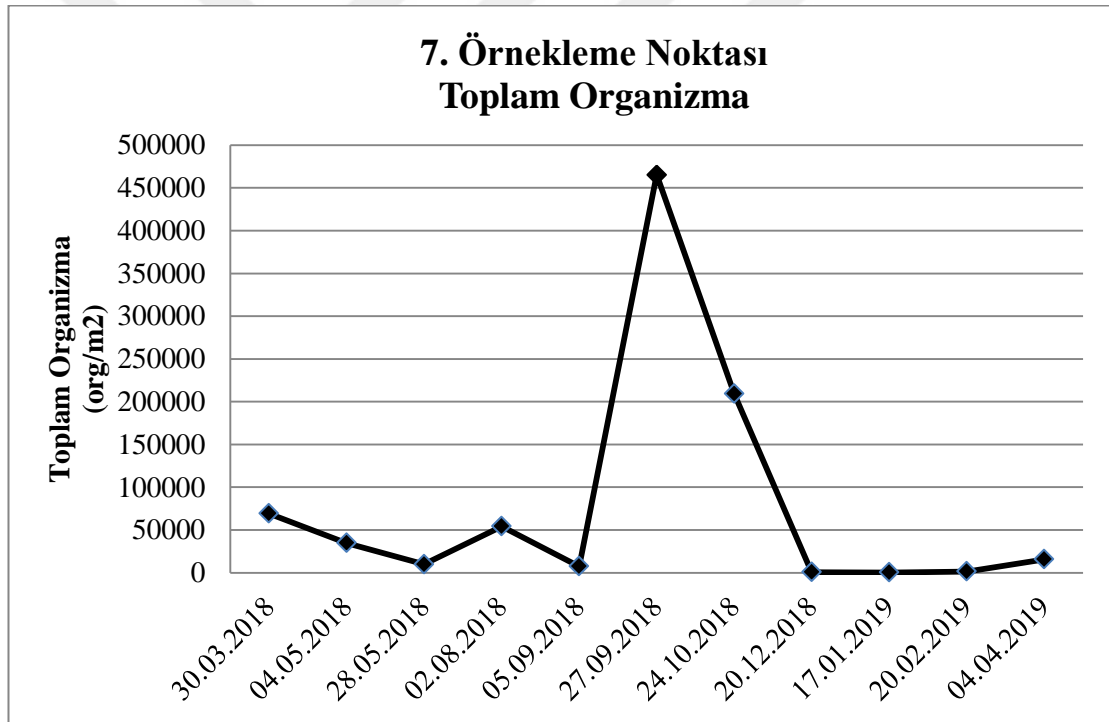
Şekil 4.13. Dördüncü örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları



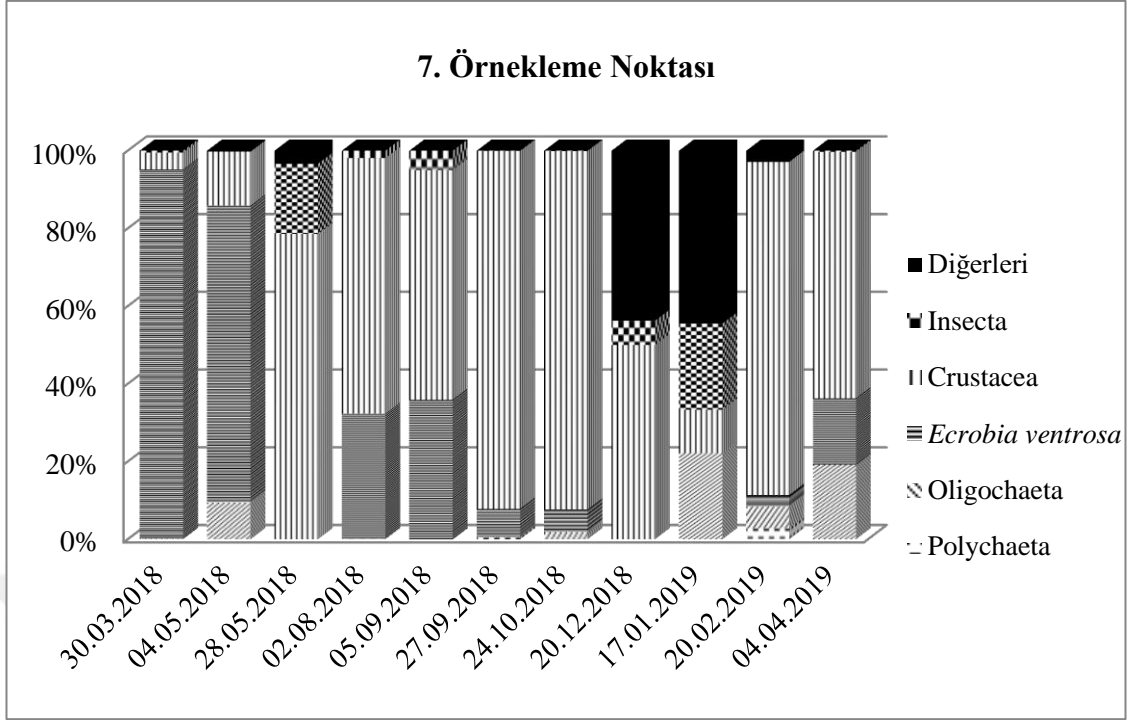
Şekil 4.14. Beşinci örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları

Arapçiftliği Gölü örnekleme noktası olan 7. örnekleme noktasının toplam organizma sayısı Şekil 4.15’de gösterilmiştir. 29.09.2018 tarihinde (465 292 org/m²) pik yapan toplam organizma sayısı diğer aylarda 9 917 org/m² üzerine çıkmamıştır (Şekil 4.15).

7. örnekleme noktasında 29.09.2018 tarihinde Crustacea takımı % 92,11 nispi bollukta tespit edilmiştir (Şekil 4.16). Kış döneminde düşük tespit edilen organizma sayısı çalışma boyunca en düşük 375 org/m² ile 17.01.2019 tarihinde belirlenmiştir. 17.01.2019 tarihinde Oligochaeta % 22,22; Crustacea % 11,11; Insecta % 22,22; diğer gruplar ise % 44,44 bollukta belirlenmiştir (Şekil 4.16). Diğerleri grubuna dahil edilen Nematoda (125 org/m²) ve Nematomorpha (42 org/m²) taksonları baskın organizma grubu olmuştur.



Şekil 4.15. Yedinci örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız faunasına ait metre karedeki toplam organizma sayıları



Şekil 4.16. Yedinci örnekleme noktasında tespit edilen bentik omurgasız gruplarının toplam fauna içindeki yüzde oranları

4.5. Bentik Omurgasızların Kullanıldığı Metrik Sistemler

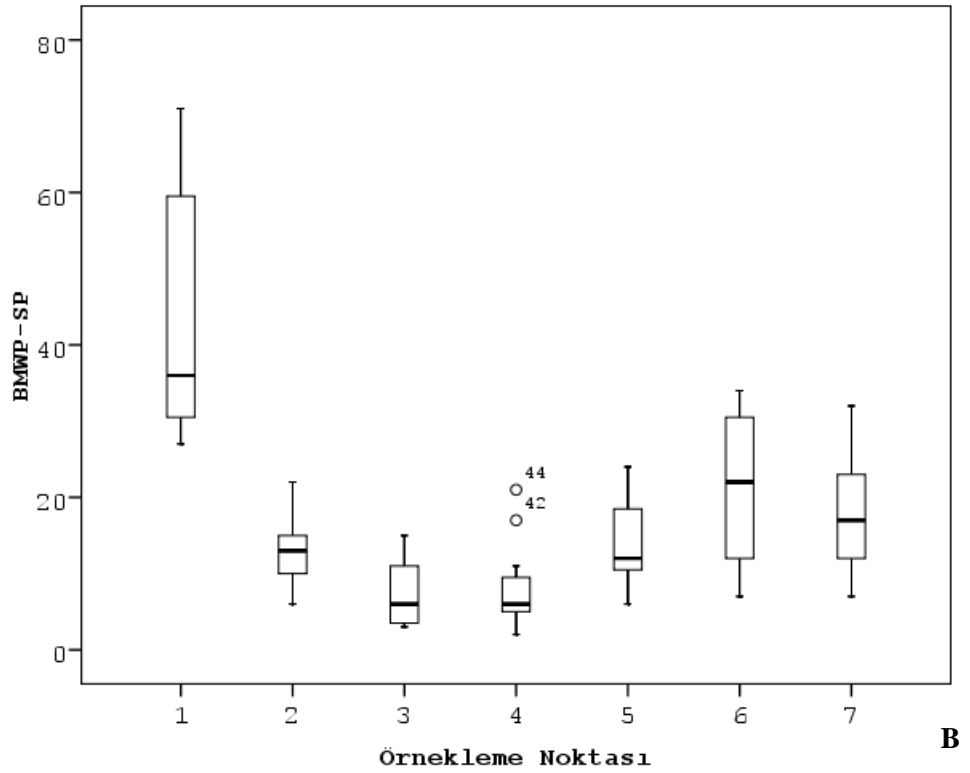
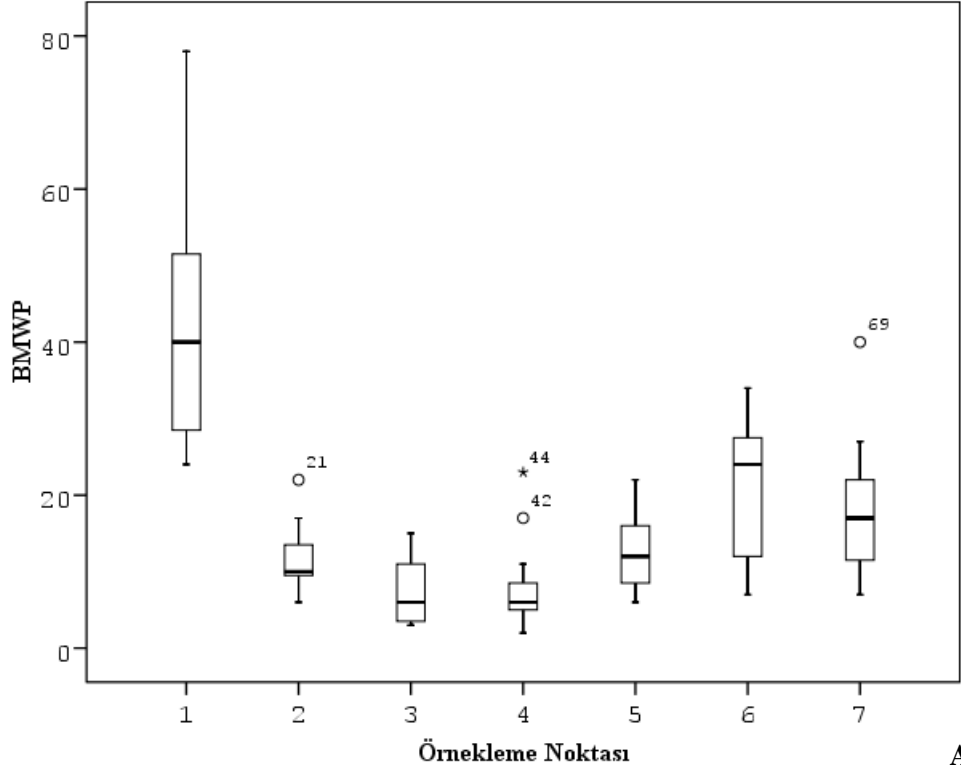
4.5.1. Tolerans metrikleri sonuçları

Tüm tolerans metriklerinin minimum, maksimum, aritmetik ortalama, standart hata sonuçları ve bazı metriklerin karşılık gelen su kalite sınıfları (SKS) sonuçları Çizelge 4.3.'te verilmiştir.

1. örnekleme noktasında diğer örnekleme noktalarına göre BMWP'nin tüm versiyonlarının puanlarının yüksek olduğu belirlenmiştir. (Çizelge 4.3, Şekil 4.17, Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21). BMWP en yüksek 1. örnekleme noktasında 78 puan ile 28.05.2018 tarihinde I. sınıf su kalitesinde, en düşük ise 2 puan ile 4. örnekleme noktasında 04.05.2018 tarihinde V. sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.17 a). Yıllık ortalama değer bakımından 1. örnekleme noktasının 42,91 ortalama puanla II. sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Tolerans metriklerinin minimum, maksimum, aritmetik ortalama ve standart hata sonuçları

		1	2	3	4	5	6	7	Ort.
BMWP	Art. Ort.	42,91±16,45	11,73±4,61	7,27±4,27	8,27±6,33	12,45±5,37	20,73±9,74	18,18±9,43	17,36±14,32
	Min-Mak.	(24-78)	6-22	3-15	2-23	6-22	7-34	7-40	2-78
	SKS	II	IV	IV	IV	IV	III	IV	IV
ASPT	Art. Ort.	3,68±0,29	4,19±0,94	2,59±0,49	2,61±0,87	4,35±1,10	3,33±0,65	3,94±0,65	3,53±0,99
	Min-Mak.	3,33-4,14	3,25-6	2-3	2-4,25	3,33-6	2,25-4,50	3,25-5	2-6
	SKS	IV	III	IV	IV	IV	IV	IV	IV
BMWP-SP	Art. Ort.	44,27±16,93	12,91±4,81	7,27±4,27	8,45±5,79	13,55±5,87	20,82±9,98	18,73±8,27	18,00±14,55
	Min-Mak.	27-71	6-22	3-15	2-21	6-24	7-34	7-32	2-71
	SKS	II	V	V	V	V	IV	IV	IV
IBE	Art. Ort.	4,85±1,53	3,73±0,94	1,84±1,48	1,98±1,08	3,75±0,70	3,44±1,42	3,64±1,22	3,32±1,54
	Min-Mak.	3-7	1-4,60	0,40-4	0,40-4	2-4,60	0,60-5	0,60-4,60	0,40-7
	SKS	IV	V	V	V	V	IV	IV	IV
BMWP-HU	Art. Ort.	44,82±17	12,82±4,33	8,09±6,43	9,18±4,81	15,18±7,67	20,73±9,96	17,64±9,59	18,35±14,75
	Min-Mak.	24-74	6-21	0-21	5-20	6-33	3-35	5-37	0-74
ASPT-HU	Art. Ort.	3,45±0,31	4,06±0,83	2,51±1,21	2,91±0,76	4,38±0,77	3,28±0,40	3,78±0,72	3,48±0,95
	Min-Mak.	2,89-3,87	3-6	0-4,50	2-4	3,33-6	2,67-3,86	2,50-4,67	0-6
BMWP-CZ	Art. Ort.	53,82±18,73	12±4,54	7,55±4,76	8,64±6,41	14,45±7,51	23±11,12	20,36±10,78	19,97±17,83
	Min-Mak.	32-91	6-21	3-15	3-23	6-29	7-39	6-42	3-91
ASPT-CZ	Art. Ort.	4,48±0,24	4,88±0,70	3,40±0,60	3,37±0,65	4,89±0,77	3,96±0,43	4,62±0,71	4,23±0,85
	Min-Mak.	4-4,8	4-6	3-4,67	3-4,60	4-6	3,25-4,63	3,75-6	3-6
BMWP-PO	Art. Ort.	50,09±18,61	14,18±5,27	10,91±5,32	11,55±6,67	14,09±6,44	26,82±10,31	19,91±6,98	21,08±15,92
	Min-Mak.	30-86	6-25	5-20	3-27	6-25	10-41	8-30	3-86
BMWP-GR	Art. Ort.	468,45±154,44	179,27±73,29	117,91±24,13	117,45±56,34	157±66,15	183±80,27	227,64±90,78	207,25±140,24
	Min-Mak.	284-754	56-296	98-155	20-231	76-281	60-323	91-391	20-754

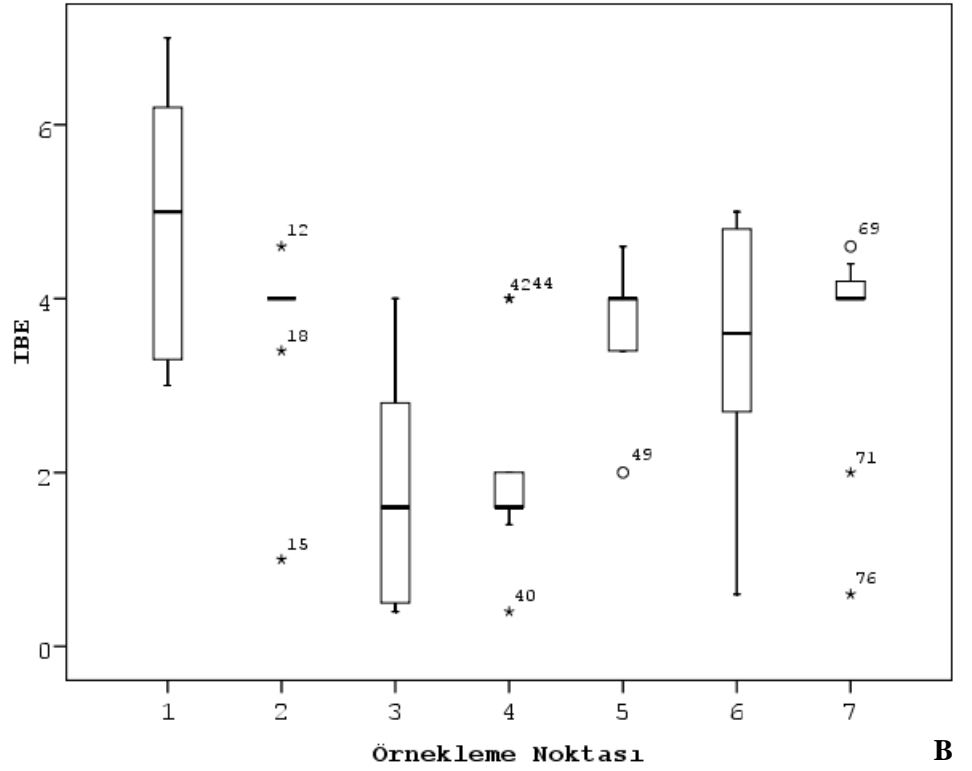
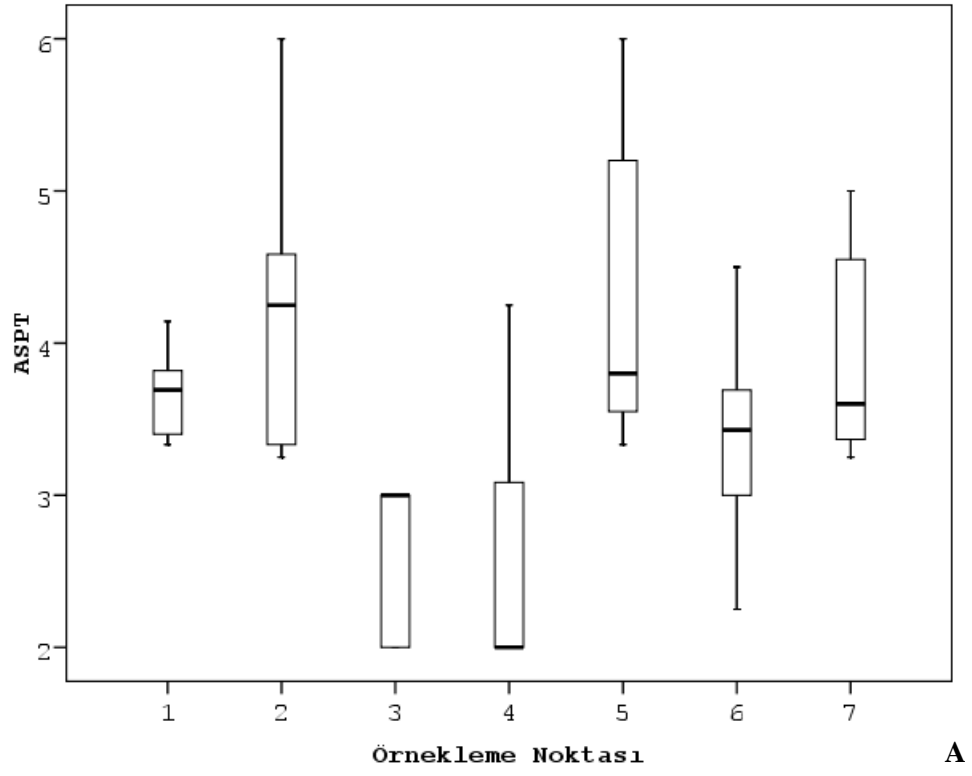


Şekil 4.17. A) BMWP örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) BMWP-SP örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

BMWP İspanyol versiyonu İspanya iç sularına göre genişletilmiş ve revize edilmiş BMWP versiyonlarından biridir (Alba-Tercador ve Sánchez-Ortega, 1988). 1. örnekleme noktasında çalışma döneminin en yüksek değeri olan 71 puan (II. sınıf su kalitesi) 28.05.2018 tarihinde hesaplanmıştır (Şekil 4.17 b). 1. örnekleme noktasında, en düşük değer olan 27 puan (IV. sınıf) 05.09.2018 ve 29.09.2018'de belirlenmiştir. 2. örnekleme noktasında kış döneminde düşük seyreden BMWP-SP değerleri, 20.02.2019'da en yüksek skora 22 ile ulaşmıştır (Şekil 4.17 b). 3. örnekleme noktasında düşük seyreden BMWP-SP skorları 3-15 aralığında değişim göstermiştir (V. sınıf). 4. örnekleme noktasında 2 olarak çalışma döneminin en düşük BMWP-SP skoru 04.05.2018 tarihinde belirlenmiştir (Şekil 4.17 b). Şekil 4.17 b'de görüldüğü üzere 2 nokta 17.01.2019 (17) ve 04.04.2019'da (19) box-plot grafik dışına çıkmıştır ve su kalitesi bu noktalarda IV. sınıf olarak belirlenmiştir. 5. örnekleme noktasında, en düşük BMWP-SP skoru 6 olarak belirlenmiştir (04.05.2018 ve 20.12.2018). Ortalama skor ise 13,55 ile V. sınıf su kalitesini işaret etmektedir (Çizelge 4.3). 6. örnekleme noktası 1.örnekleme noktasından sonra en yüksek BMWP-SP ortalama skoruna sahip örnekleme noktası olmuştur (20,82). Arapçiftliği Gölü kıyısında belirlenen 7. örnekleme noktasının BMWP-SP skor değerleri ise 7-31 puan aralığında değişmiştir (Şekil 4.17 b).

ASPT, BMWP skorlarının takson sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir (Armitage vd., 1983). ASPT değerlerinin 2. ve 5. örnekleme noktalarında III. sınıf su kalitesinde, diğer örnekleme noktalarında ise IV. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). En düşük ASPT değerleri 3. örnekleme noktası (Ort. 2,59) ve 4. örnekleme noktasında (Ort. 2,61) belirlenmiştir (Şekil 4.18 a). En yüksek ASPT değeri ise 5. örnekleme noktasında 4,35 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.18 a).

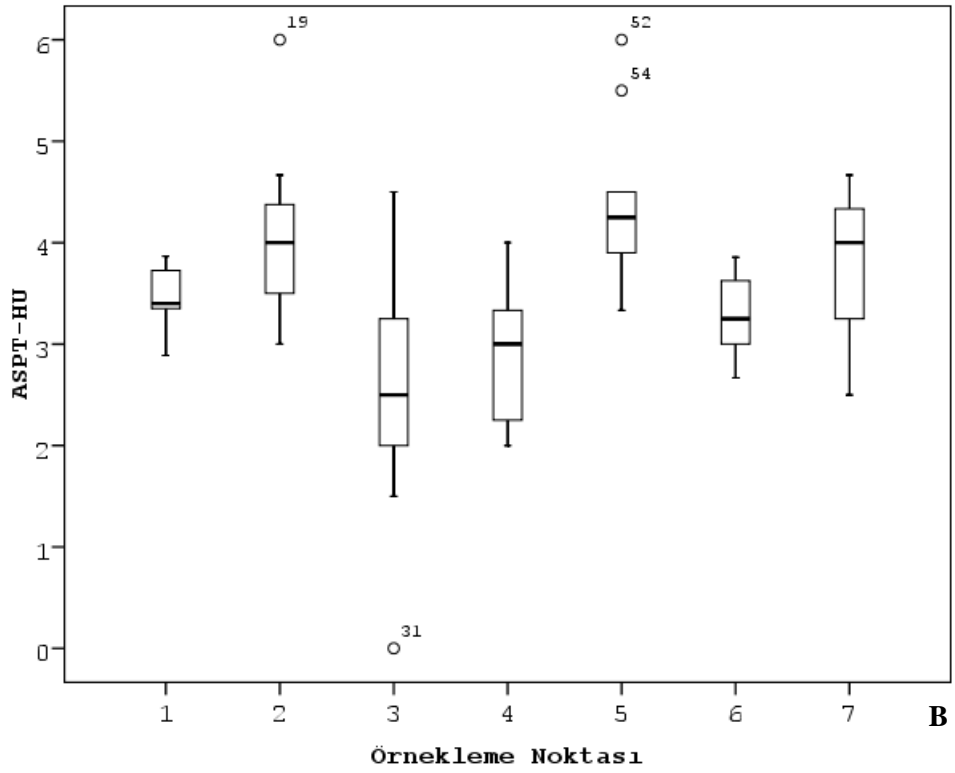
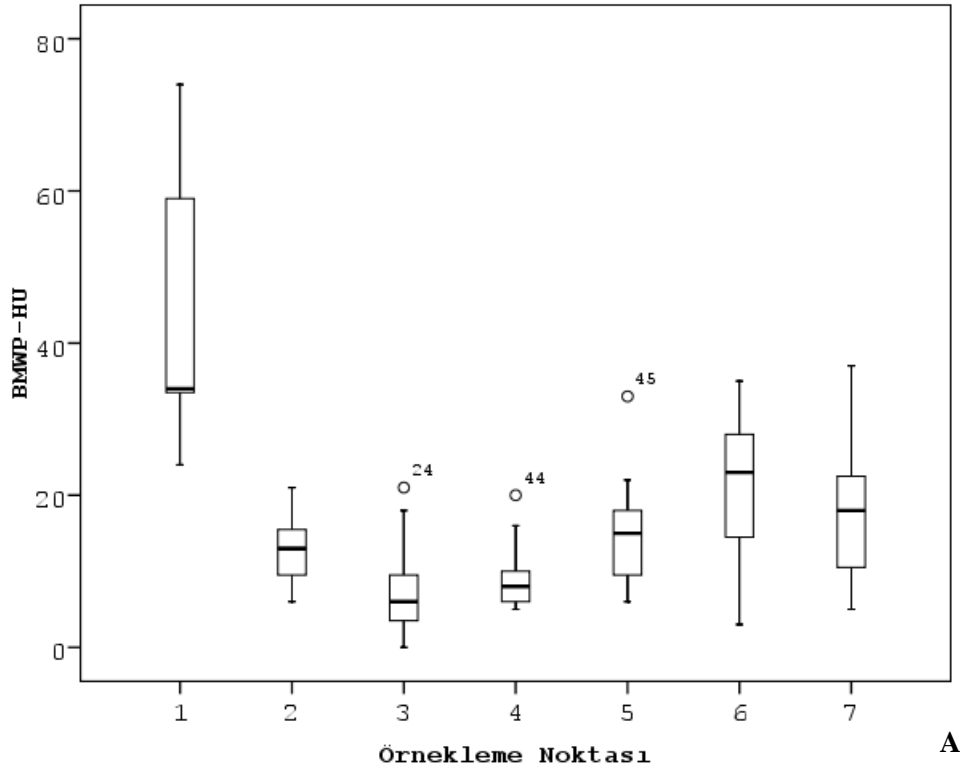
İtalyan Biyotik İndeks (Ghetti, 1997) değerleri çalışma döneminde ortalama 3,32 olarak hesaplanmıştır. IBE değerleri 1. örnekleme noktasında 3 ila 7 arasında değişmiş, ortalama 4,86 olarak bulunmuştur. Bu değer örnekleme noktaları arasındaki en yüksek skordur (Şekil 4.18 b). 2. örnekleme noktasında box-plot grafiğinden de görüldüğü üzere 4 skoruna veriler yığılmıştır (8 noktada 4 skoru). Bu noktada ortalama değer 3,73 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.18 b). En düşük IBE skoruna sahip değerler (17.01.2019, 20.02.2019, 04.04.2019 - 0,4) 3. örnekleme noktasında tespit edilmiştir (Şekil 4.18 b).



Şekil 4.18. A) ASPT örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) IBE örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

4. örnekleme noktasında IBE skorları 0,4 ile 4 arasında değişmiştir. 5. örnekleme noktası diğer göl örnekleme noktalarına göre yüksek skorlarda belirlenmiştir (Ort. 3,75). Bu noktada IBE skorlarının 2 ile 4,6 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.18 b). 6. örnekleme noktası, BMWP skorlarında olduğu gibi, 1. örnekleme noktasından sonra en yüksek IBE skorlarına sahip örnekleme noktası olmuştur (Şekil 4.18 b). En yüksek IBE skoru 5 (04.05.2018, 05.09.2018 ve 04.04.2019) ve en düşük skor 0,6 olarak (28.05.2018) tespit edilmiştir. 7. örnekleme noktasında ise IBE skorları 5'in üzerine çıkmamıştır. Bu noktada IBE skorları 2 ile 4,6 arasında değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.18 b). 7. örnekleme noktası ortalama IBE değerleri ise 3,64 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3).

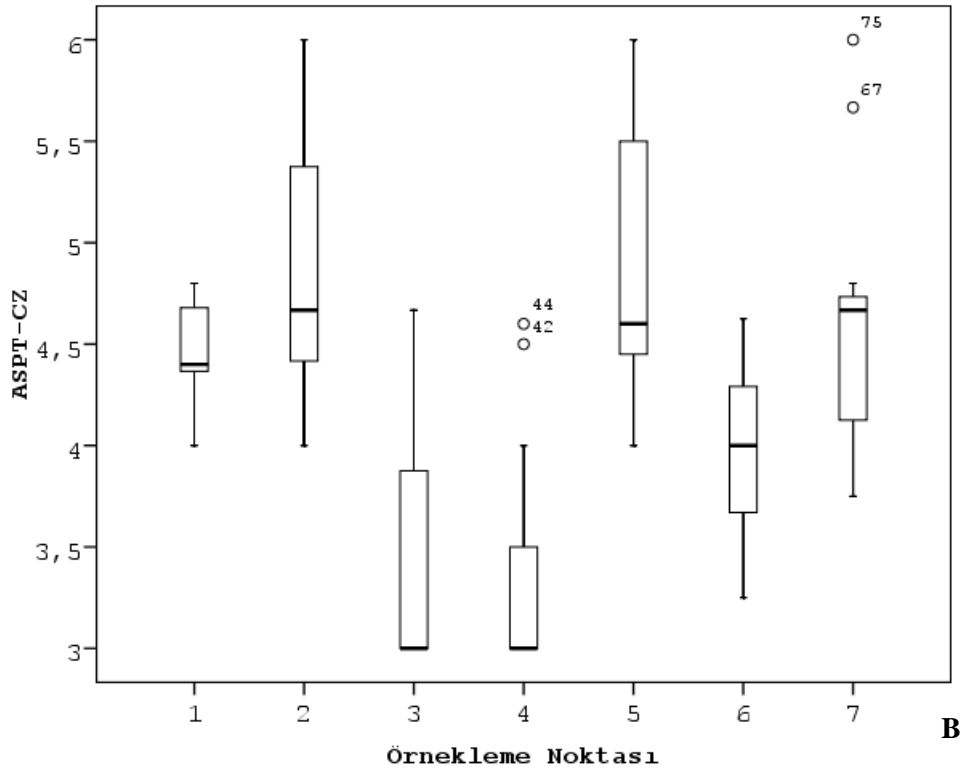
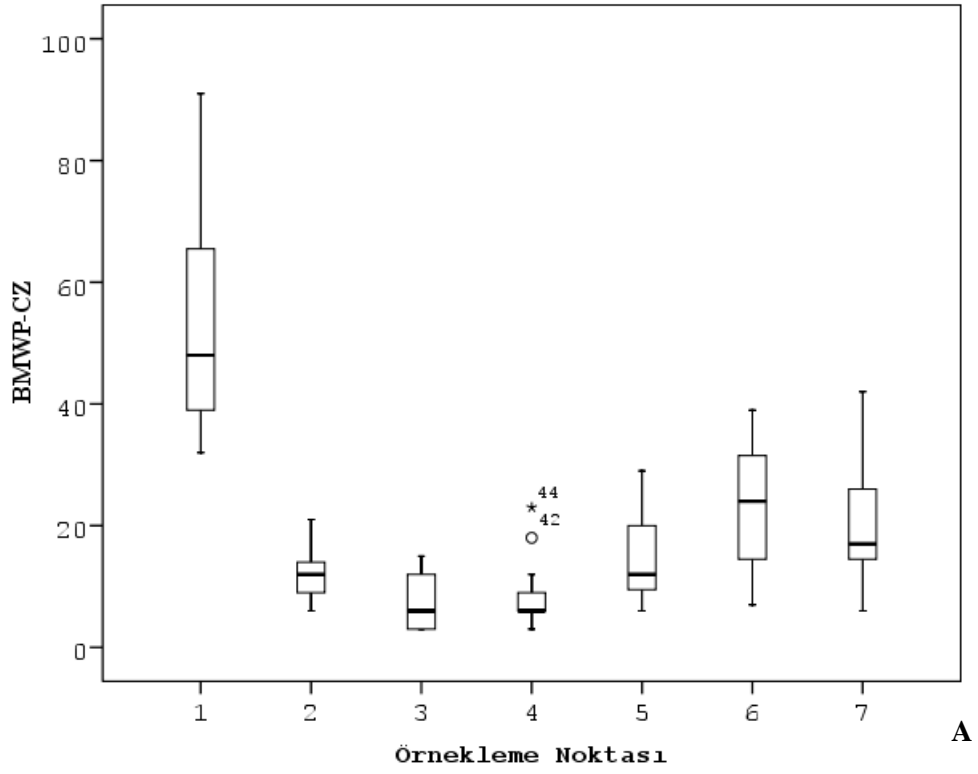
BMWP Macar versiyonu olan BMWP-HU değerlerine baktığımızda 1. örnekleme noktası diğer örnekleme noktalarına göre yüksek bulunmuştur. Bu noktada minimum skor değeri 24, maksimum skor değeri ise 74 olarak belirlenmiştir. 74 BMWP-HU değeri aynı zamanda çalışma dönemi boyunca hesaplanmış en yüksek skor değeridir (Şekil 4.19 a). ASPT-HU değerleri ise 1. örnekleme noktasında 2,89 ile 3,87 arasında belirlenmiştir (Şekil 4.19 b). 2. örnekleme noktasında BMWP-HU değerleri 6 ile 21 arasında değişim göstermiştir. 2. örnekleme noktasının ortalama ASPT-HU değerleri 4,06 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). 3. örnekleme noktasında BMWP-HU, 0 değeri ile 17.01.2019 tarihinde ve çalışma dönemi boyunca en düşük skor değeri olarak hesaplanmıştır. Bu örnekleme noktasının en yüksek skor değeri ise 21 olarak 04.05.2018 tarihinde belirlenmiştir (Şekil 4.19 a). BMWP-HU skoru 0 olduğu için 17.01.2019 tarihinde ASPT-HU skoru da hesaplanamamıştır. 3. örnekleme noktasında maksimum ASPT-HU değeri ise 4,5 (20.12.2018) olarak bulunmuştur (Şekil 4.19 b). 4. örnekleme noktasında, BMWP-HU değerleri 5-20 skor değerleri arasında değişkenlik göstermiş ve ortalama değer 9,18 olarak bulunmuştur (Şekil 4.19 a). Bu noktadaki ASPT-HU değerleri ise minimum 2 (28.05.2018, 29.09.2018 ve 20.12.2018), maksimum 4 (05.09.2018 ve 17.01.2019) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3).



Şekil 4.19. A) BMWP-HU örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) ASPT-HU örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

5. örnekleme noktasında, BMWP-HU, box-plot grafiğinde 22 skor değeriyle bir sapma göstermiştir (Şekil 4.19 a). Bu noktada ortalama BMWP-HU skoru 15,18 olarak belirlenmiştir. ASPT-HU skor değeri ise 5. örnekleme noktasında, 3,3 ile 6 arasında değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.19 b). 6. örnekleme noktası, diğer BMWP metriklerinde olduğu gibi 1. örnekleme noktasından sonra en yüksek BMWP-HU skorlarına sahip örnekleme noktasıdır (Ort. 20,73). Bu noktadaki en yüksek skor değeri 35 olarak 05.09.2018 tarihinde, en düşük ise skor değeri ise 3 olarak 28.05.2018 tarihinde belirlenmiştir. 6. örnekleme noktasında ise, ASPT-HU değerleri 2,67 – 3,86 arasında değişmiştir (Şekil 4.19 b). 7. örnekleme noktasında diğer göl örnekleme noktalarına göre yüksek BMWP-HU skorları tespit edilmiştir. En yüksek skor 37 ile 28.05.2018’de, en düşük skor ise 5 olarak 05.09.2018 tarihinde tespit edilmiştir. Bu noktada ortalama BMWP-HU skoru ise 17,64 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19 a). ASPT-HU değerleri bu noktada 2,5 ile 4,67 arasında değişmiştir (Şekil 4.19 b).

BMWP Çek versiyonunun (BMWP-CZ) alandaki ortalama değeri 19,97 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). 1. örnekleme noktasında skor değerlerinin 32 ile 91 arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.20 a). ASPT-CZ değerleri ise 4 - 4,48 arasında değişkenlik göstermiş (Şekil 4.20 b), ortalama skor değeri ise 4,48 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). 2. örnekleme noktasında, en düşük skor değeri 6 olarak Ekim ve 20.12.2018 tarihlerinde belirlenmiştir. En yüksek skor değeri ise 20.02.2019 tarihinde 21 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.20 a). Bu noktada ASPT-CZ değerleri 4-6 arasında değişmiş (Şekil 4.20 b), ortalama 4,88 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). 3. örnekleme noktasında, Kış döneminde (20.12.2018, 17.01.2019, 20.02.2019, 04.04.2019) 3 skor değeri ile çalışma dönemi boyunca en düşük BMWP-CZ skor değerleri belirlenmiştir (Şekil 4.20 a). 3. örnekleme noktasında en yüksek BMWP-CZ skor değeri ise 15 olarak bulunmuştur (Şekil 4.20 a). 3. ve 4. örnekleme noktasında, ASPT-CZ değerleri birçok ayda (15 defa) 3 olarak hesaplanmıştır. 3. örnekleme noktasında ortalama ASPT-CZ değeri 3,40; 4. örnekleme noktasında ise 3,37 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). 4. örnekleme noktasında Şekil 4.20 b’de görüldüğü gibi box-plot grafiğinde 18 (17.01.2019) ve 23 (04.04.2019) skor değerleri sapma göstererek kutunun dışında gösterilmiştir (Şekil 4.20 b).

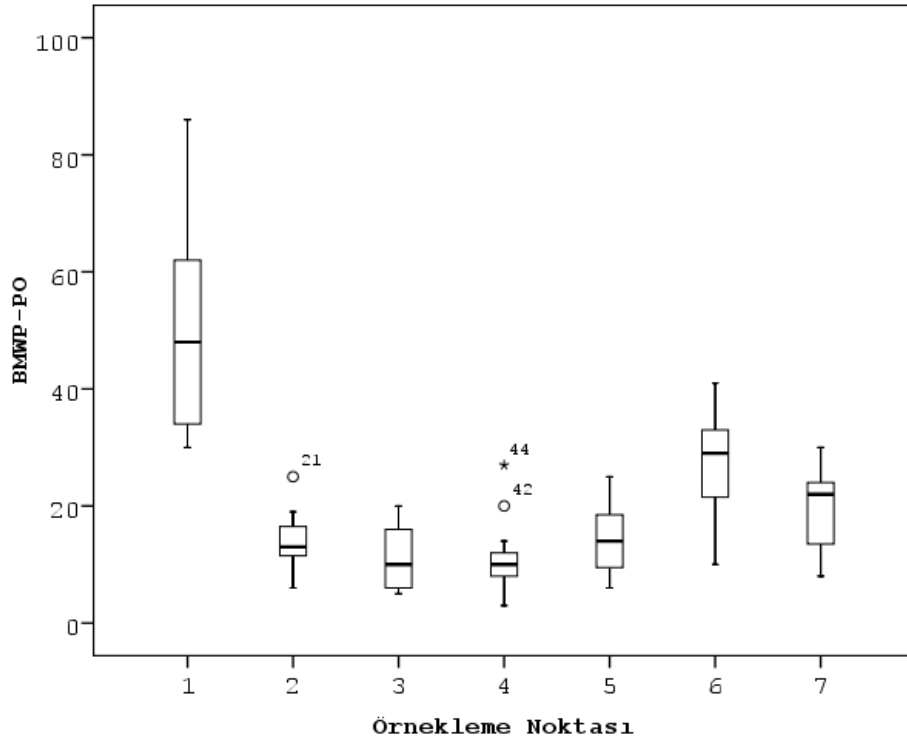


Şekil 4.20. A) BMWP-CZ örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) ASPT-CZ örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

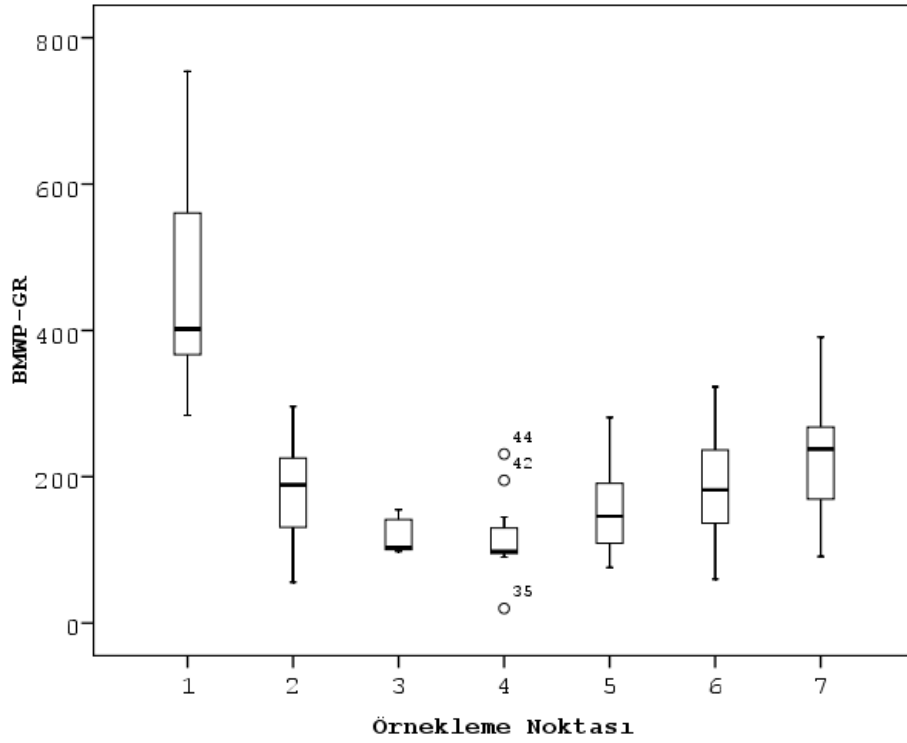
5. örnekleme noktasında, BMWP-CZ değerleri 6 – 29 arasında bulunmuştur (Şekil 4.20 a). Ortalama ise 14,46 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Bu noktada ASPT-CZ minimum 4, maksimum 6 ve ortalama 4,89 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). 6. örnekleme noktasında BMWP-CZ maksimum 39 skor değeri 29.09.2018 tarihinde, minimum skor ise 7 olarak 20.12.2018 tarihinde tespit edilmiştir. ASPT-CZ 6. örnekleme noktasında ortalama 3,96 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). 7. örnekleme noktasında BMWP-CZ skorları 6 – 42 arasında değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.20 a). ASPT-CZ tolerans metriğinin 5,67 (30.03.2018) ve 6 (17.01.2019) skor değerleri ile kutu grafiği dışına çıktığı Şekil 4.20 b’de görülmektedir. Ortalama ASPT-CZ değeri ise 4,62 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

BMWP Polonya versiyonu (BMWP-PO) skor değerleri çalışma dönemi boyunca minimum 3, maksimum 86 olarak belirlenmiş, ortalama ise 15,92 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). BMWP-GR ise BMWP’nin Yunanistan versiyonudur. BMWP-GR skor değerleri 20 - 754 aralığında değişmiş, ortalama ise 140,24 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). Her iki metrikte de çalışma dönemi boyunca maksimum değerler 1. örnekleme noktasında tespit edilmiştir (Şekil 4.21 a, b). Aynı zamanda her iki metrikte de en yüksek metrik ortalamaları 1. örnekleme noktasında bulunmuştur (Çizelge 4.3). 2. örnekleme noktasında BMWP-PO metriğinin box-plot dışına çıkan skor değeri 25 (20.02.2019) olarak belirlenmiş, ortalama skor değeri ise 14,18 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). BMWP-GR skorlarının 2. örnekleme noktasında 56 – 296 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.21 b). 3. örnekleme noktası hem BMWP-PO (ort. 10,91) hem de BMWP-GR (117,90) ortalama metrik skorlarının en düşük tespit edildiği örnekleme noktası olarak belirlenmiştir (Şekil 4.21 a, b). 4. örnekleme noktasında ise çalışma boyunca en düşük tespit edilen BMWP-PO (3) ve BMWP-GR (20) skorları 28.05.2018 tarihinde bulunmuştur. 5. örnekleme noktasında BMWP-PO skor değerleri 6 – 25 arasında belirlenmişken, BMWP-GR skorları 76 – 281 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.21 a, b). 6. örnekleme noktasının her iki metrik değerleri açısından 1. örnekleme noktasından sonra en yüksek ortalama skor değerine sahip olan nokta olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). 7. örnekleme noktasında BMWP-PO 8 ile BMWP-GR ise 91 ile 17.01.2019 tarihinde en düşük skor değerleri belirlenmiştir.

BMWP-PO metriğinin 7. örnekleme noktasında en yüksek değeri 30, BMWP-GR metriğinin skor değeri ise en yüksek 391 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.21 a, b).



A



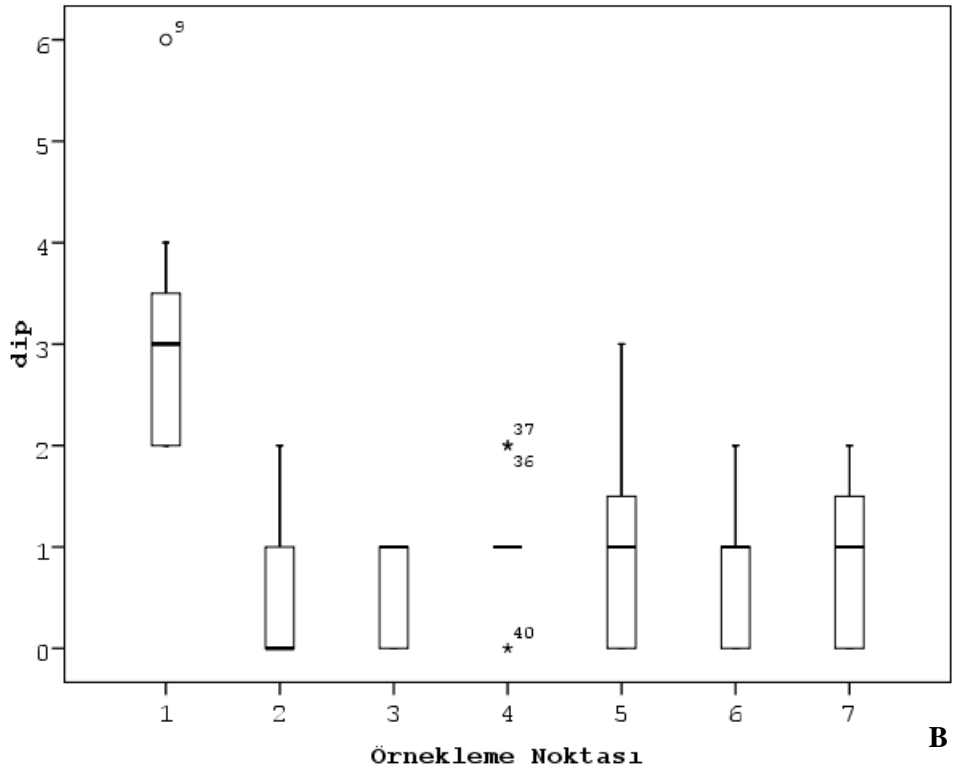
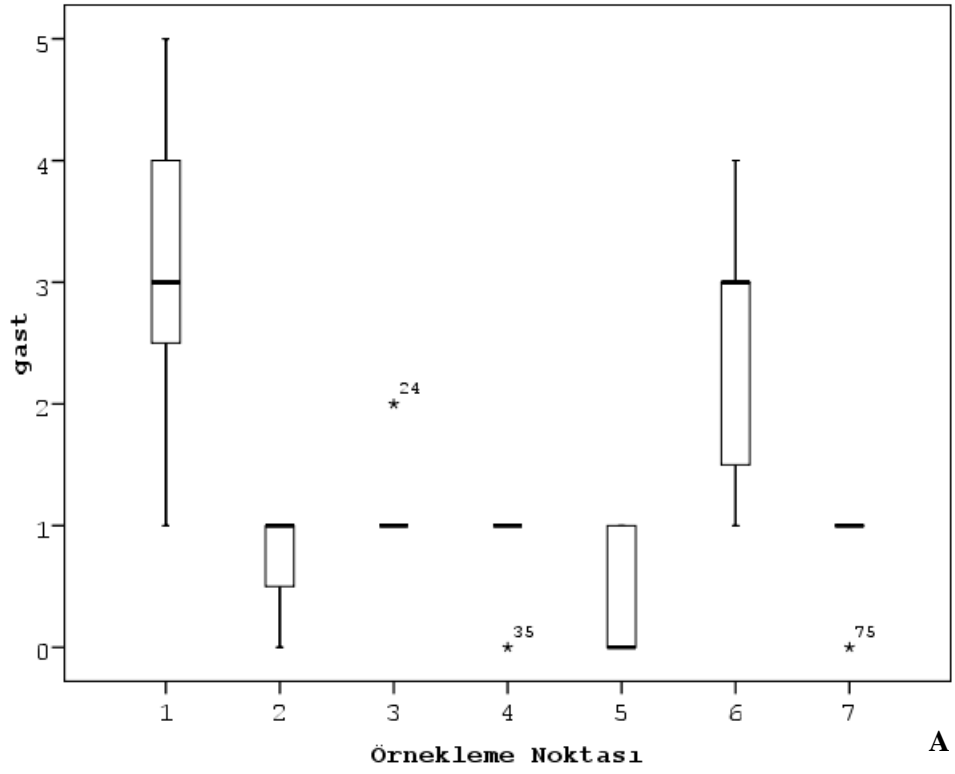
B

Şekil 4.21. A) BMWP-PO örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) BMWP-GR örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

4.5.2. Takson Zenginliği ve Kompozisyon Metrikleri sonuçları

Çizelge 3.3'te gösterilen 20 takson metriği çalışmada hesaplanmıştır. Ancak evresel değişkenler ile korelasyon gösteren sadece Gastropoda ve Diptera takson metriği olmuştur (şekil 4.22 a, b). Gastropoda taksonları 1. Örnekleme noktasında 1 ile 5 arasında değişkenlik göstermiştir (şekil 4.22 a). 1. Örnekleme noktası Gastropoda kompozisyon metrik değerlerine baktığımızda yüzdeler % 0,39 ile % 41,42 arasında değişmektedir (şekil 4.23 a). Gl rneklemelerinde sadece *Ecrobia ventrosa* denizel türü tespit edilmiştir. Sadece 3. Örnekleme noktasında 04.05.2018 tarihinde *Valvata crista* bir birey ile temsil edilmiştir (şekil 4.22 a). Bu türün de sürüklenerek buraya geldiği düşünülmektedir. 5. Örnekleme noktasında şekil 4.22 a'da görüldüğü gibi Gastropoda taksonları bir hayli düşüktür. 6. Örnekleme noktası 1. Örnekleme noktasından sonra en yüksek Gastropoda takson sayılarına sahiptir. Bu noktada takson sayıları 1 ile 4 arasında değişkenlik göstermiştir (şekil 4.24 a).

Diptera taksonları 1. Örnekleme noktasında maksimum 6 değer ile box-plot kutusunun dışına çıkmıştır (şekil 4.22 b). Diptera taksonları ortalama 3 takson sayısı olarak hesaplanmıştır. Her örneklemede tespit edilen Diptera taksonları yüzdeleri % 2,72 ile % 91,06 arasında değişkenlik göstermiştir (şekil 4.24 b). Gl rneklemelerinde 2. Örnekleme noktası hariç Diptera'dan Chironomidae ağırlıklı olarak gözlenmiştir. 2. Örnekleme noktasında toplam beş örneklemede Diptera taksonları teşhis edilmiştir (% 0 - % 36,84) (şekil 4.24 b). Geriye kalan glden belirlenen örnekleme noktalarında, denizel karakterde su kütleleri olması nedeniyle takson sayısı düşük (0 - 3 arasında) tespit edilmiştir (şekil 4.22 b). 6. Örnekleme noktasında toplam takson sayısı 1. Örnekleme noktasından sonra en yüksek Diptera taksonu örneklenen nokta olmasına rağmen Diptera takson sayısı 2'nin üzerine çıkmamıştır (şekil 4.22 b). Diptera ordosunda Chironomidae familyası baskın olarak tespit edilmesine rağmen, dönem dönem Ceratopogonidae ve Psychodidae familyalarına ait bireyler de belirlenmiştir. Diptera kompozisyon metrikleri ise % 0 ile % 29,73 değerleri arasında değişim göstermiştir (şekil 4.24 b).

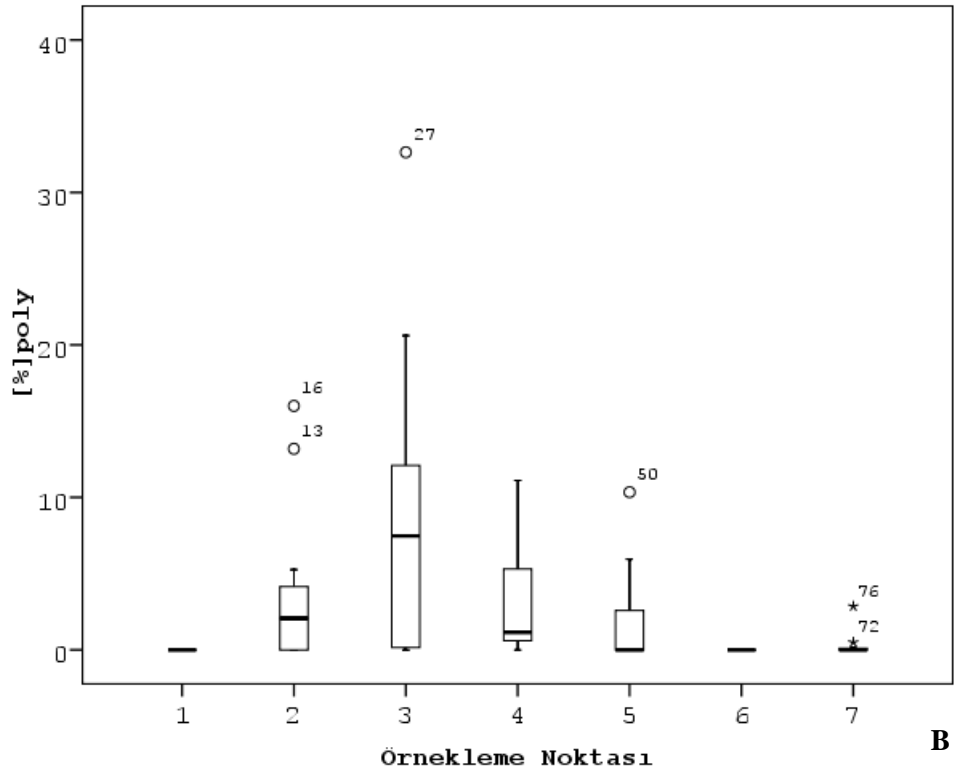
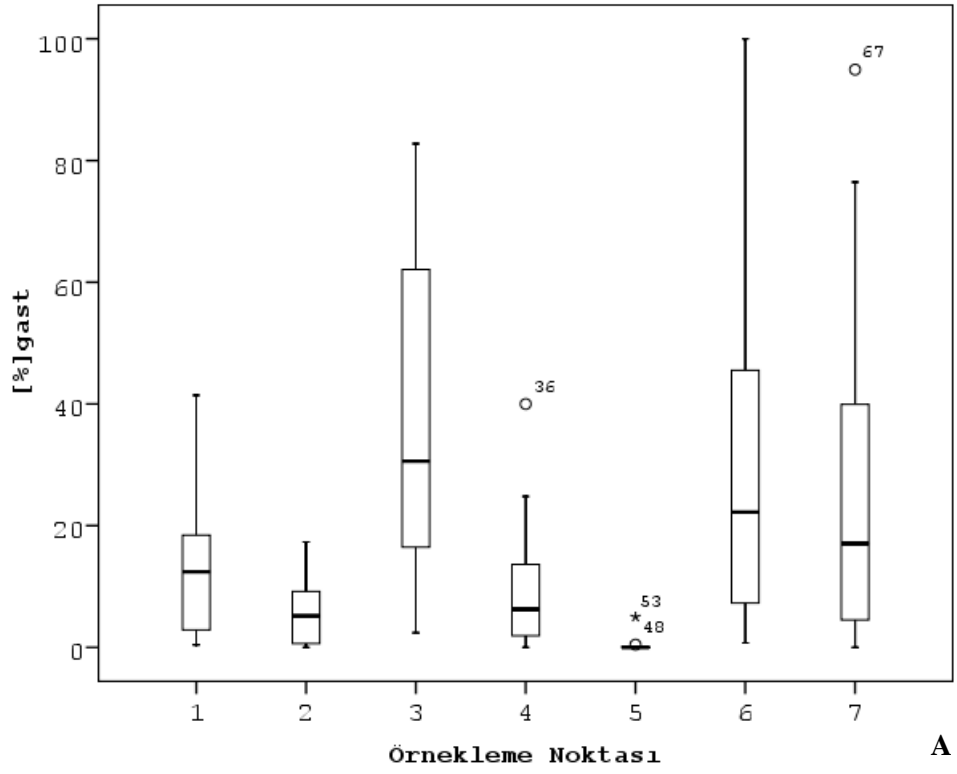


Şekil 4.22. A) Gastropoda takson sayılarının örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Diptera takson sayılarının örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

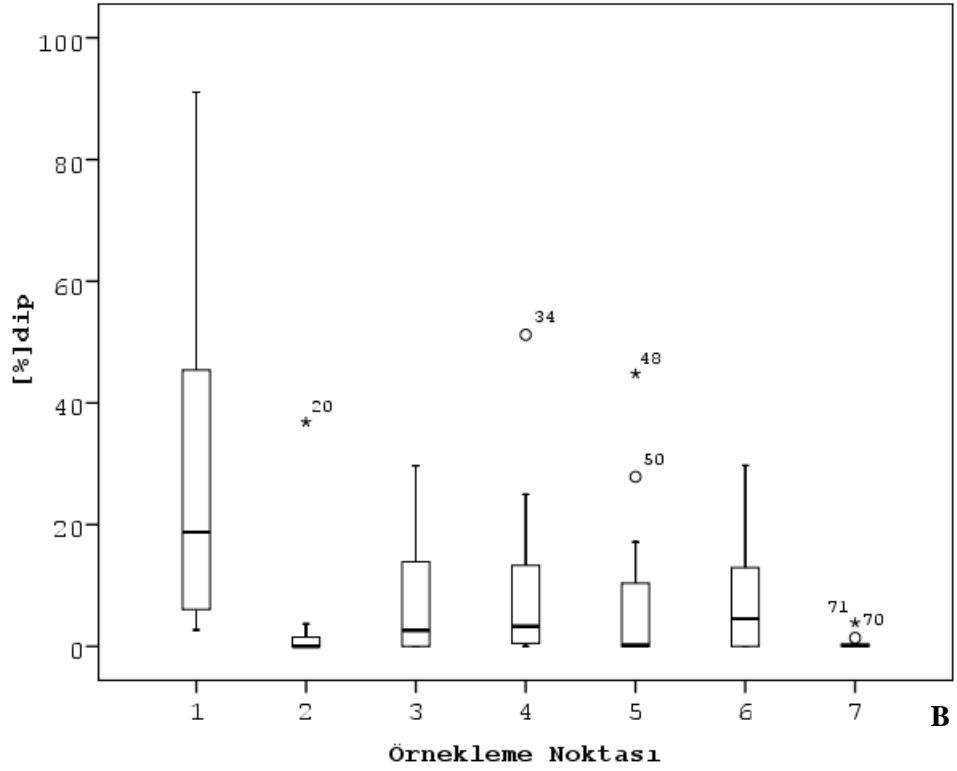
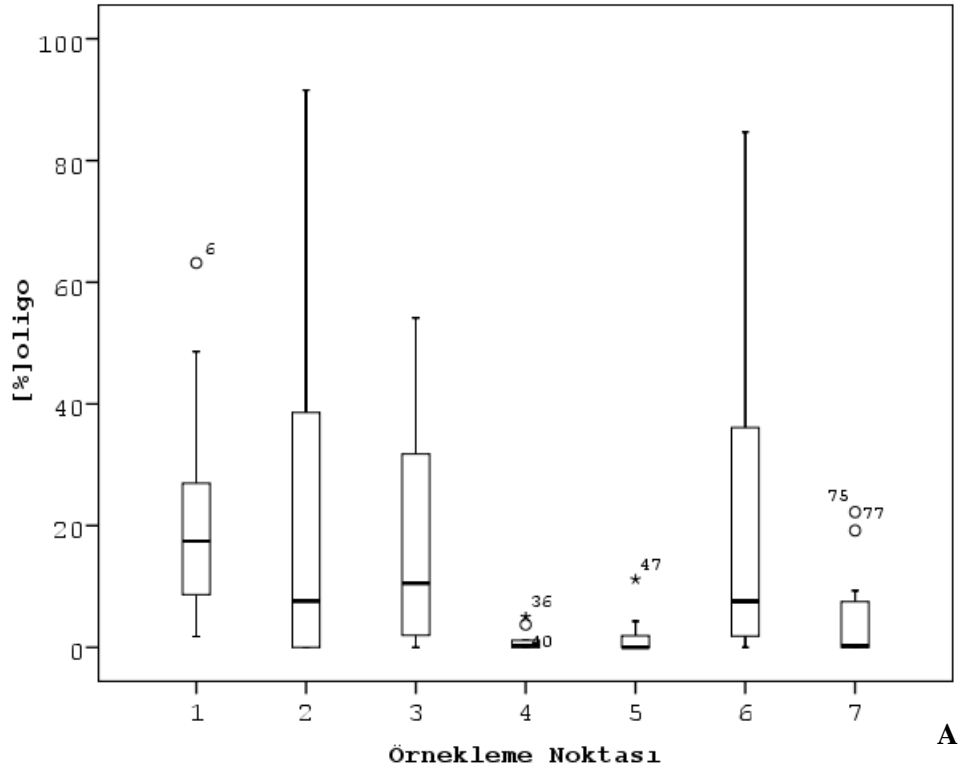
Polychaeta kompozisyon metriğini değerlendirdiğimizde Şekil 4.23 b’de görüldüğü üzere denizel bir takson olması sebebiyle 1. ve 6. Örnekleme noktalarında hiç gözlenmemiştir. Gl rnekleme noktalarında da dönem dönem (Şekil 4.13) yüzde bollukları artsa da (05.09.2018’de % 32,63 ve 29.09.2018’de % 20,61) genellikle düşük yüzdelerde tespit edilmiştir (Şekil 4.23 b). Arapçiftliği Gölü’nde ise Polychaeta’nın yüzde bolluk değerleri % 2,86’nın üzerine çıkmamıştır (Şekil 4.23 b).

Oligochaeta sınıfının nispi bolluk değerleri 1. Örnekleme noktasında % 1,78 ile % 63,16 arasında değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.24 a). Dalyan Gölü noktaları olan 2. ve 3. Örnekleme noktalarında Oligochaeta sınıfının nispi bolluk değerlerinin Poyraz ve Arapçiftliği gllerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.24 a).

Oligochaeta sınıfının nispi bolluk değerleri 6. Örnekleme noktasının tatlı su karakterinde olması sebebiyle bazı dönemlerde yüksek yüzdelerde belirlenmiştir. Bu noktada çalışma döneminin ilk örnekleme tarihi olan 30.03.2018’de maksimum % 84,67 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.23. A) Gastropoda kompozisyon metriklerinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Polychaeta takson sayılarının örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

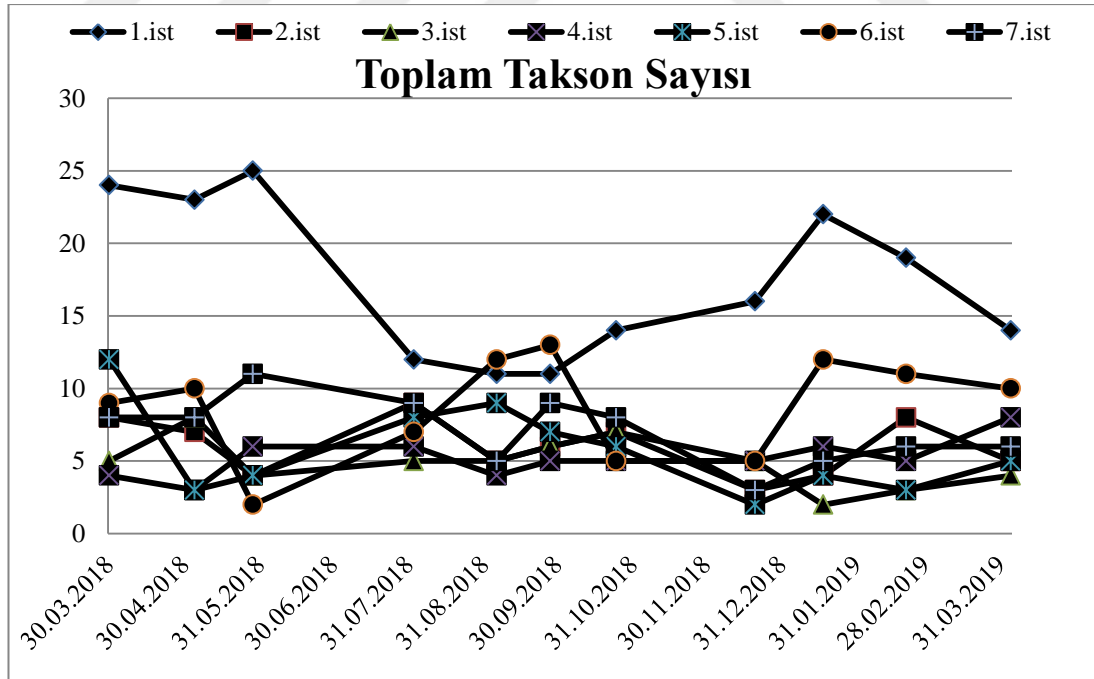


Şekil 4.24. A) Oligochaeta kompozisyon metriklerinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Diptera kompozisyon metriklerinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

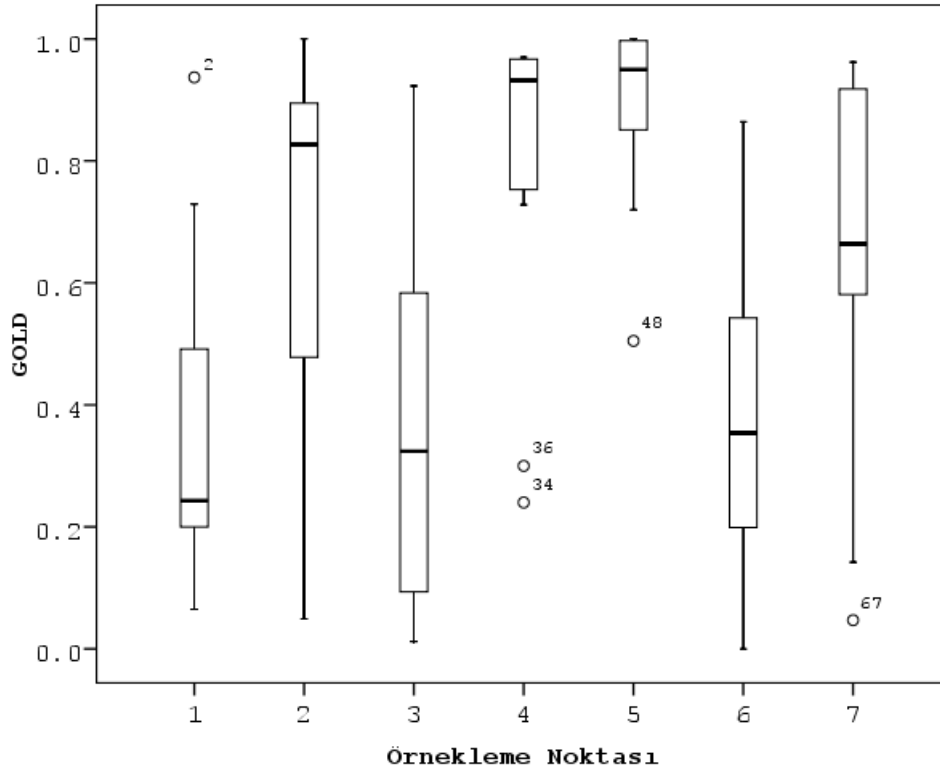
Kocaçay Deltasındaki toplam takson sayıları Şekil 4.25'te gösterilmiştir. En yüksek takson sayısı tatlı su özelliğinde olan 1. örnekleme noktasında bulunmuştur. Bu noktada toplam takson sayısı maksimum 25, minimum 11 ve ortalama 17 olarak bulunmuştur. 1. örnekleme noktasını, 6. örnekleme noktası izlemiştir. Bu noktada ortalama takson sayısı 9 olarak bulunmuş, takson sayılarının 2 ile 13 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.25).

2., 5. ve 7. kıyı örnekleme noktaları göl ortası örnekleme noktalarına göre daha fazla takson sayısına sahip olan noktalar olarak belirlenmiştir. Sırasıyla takson sayıları; 2. örnekleme noktası 6 (3-9 arasında), 5. örnekleme noktası 6 (2-12 arasında), 7. örnekleme noktası ise 7 (3-11 arasında) olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.25).

Göl ortası noktalarından olan 3. örnekleme noktasında ortalama takson sayısı 5 bulunurken, minimum 2, maksimum 8 takson sayısı tespit edilmiştir. Poyraz Gölü orta noktası olan 4. örnekleme noktasında ise ortalama takson sayısı 5, en düşük ve en yüksek takson sayıları ise sırasıyla 3 ile 8 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. İstasyonlara göre Kocaçay Deltası'nın zoobentozlarına ait toplam takson sayısı değerlerinin değişimi



Şekil 4.26. GOLD Kompozisyon Metriğinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

GOLD İndeksi, Gastropoda, Oligochaeta ve Diptera birey sayılarının toplamının örnekleme noktasındaki toplam birey sayısına bölünmesiyle elde edilen sayının birden çıkarılmasıyla hesaplanır (Pinto vd., 2004). 1. örnekleme noktasında GOLD İndeksi değerlerinin 0,07 - 0,94 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.26). 2. örnekleme noktasında en yüksek değer 1 iken en düşük hesaplanan değer ise 0,05 olmuştur (Şekil 4.26). 3. örnekleme noktası ortalama GOLD İndeksi değeri 0,36 olarak hesaplanmıştır. En düşük değer ise 0,01; en yüksek değer ise 0,92 olarak bulunmuştur (Şekil 4.26).

4. ve 5. örnekleme noktalarında GOLD metriği sonuçları 1'e yakın hesaplanmıştır. 4. örnekleme noktasında ortalama GOLD metriği 0,78 olarak belirlenmişken, 5. örnekleme noktasında ortalama 0,89 olarak bulunmuştur (Şekil 4.26). 6. örnekleme noktasında ortalama GOLD metriği 0,37 olarak bulunmuştur. Bu noktada metrik değerlerinin 0 ile 0,86 değerleri arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.26). 7. örnekleme noktasında ise minimum 0,047, maksimum 0,962 olarak belirlenen GOLD metriğinin ortalama değeri 0,65 olarak bulunmuştur (Şekil 4.26).

4.5.3. Çeşitlilik indeksi sonuçları

Çeşitlilik indekslerinin örnekleme noktalarına göre ortalama değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Shannon–Wiener (H') İndeksi ekosistemlerde biyolojik çeşitliliği hesaplamak için kullanılmaktadır (Shannon ve Weaver, 1949). H' değeri ne kadar yüksekse çeşitliliğin o kadar yüksek olduğunu göstermektedir. Değer 1-3 arasında hesaplanmışsa orta derecede kirlenmiş su, 1'den düşük hesaplanmış ise yüksek derecede kirlenmiş suları temsil etmektedir (Mason, 1983). Evenness, hesaplanan H' değerlerinin, \ln tabanına göre toplam takson sayısına bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Shannon & Weaver, 1949).

H' değeri, 1. örnekleme noktasında ortalama 1,97 olarak tespit edilmiştir. Maksimum H' değeri 2,35 olarak belirlenmiş olup, en düşük değer box-plot grafiği dışında kalan değer olan 0,48 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4, Şekil 4.27 a). Evenness ise 1. örnekleme noktasında maksimum 0,51 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.26 b). Göl örnekleme noktalarına baktığımızda H' değerleri sırasıyla 3. örnekleme noktasında 1,38, 4. örnekleme noktasında ise 1'in altında (0,40) bulunmuştur (Şekil 4.27 a). 6. örnekleme noktasında ise en düşük H' değeri 0,64, en yüksek ise 1,73 olmuş, ortalama değer ise 2,29 bulunmuştur (Şekil 4.27 a). Evenness ise 6. örnekleme noktasında en düşük 0,14, en yüksek ise 0,38 olarak bulunmuş (Şekil 4.26 b), ortalama değer ise 0,3 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

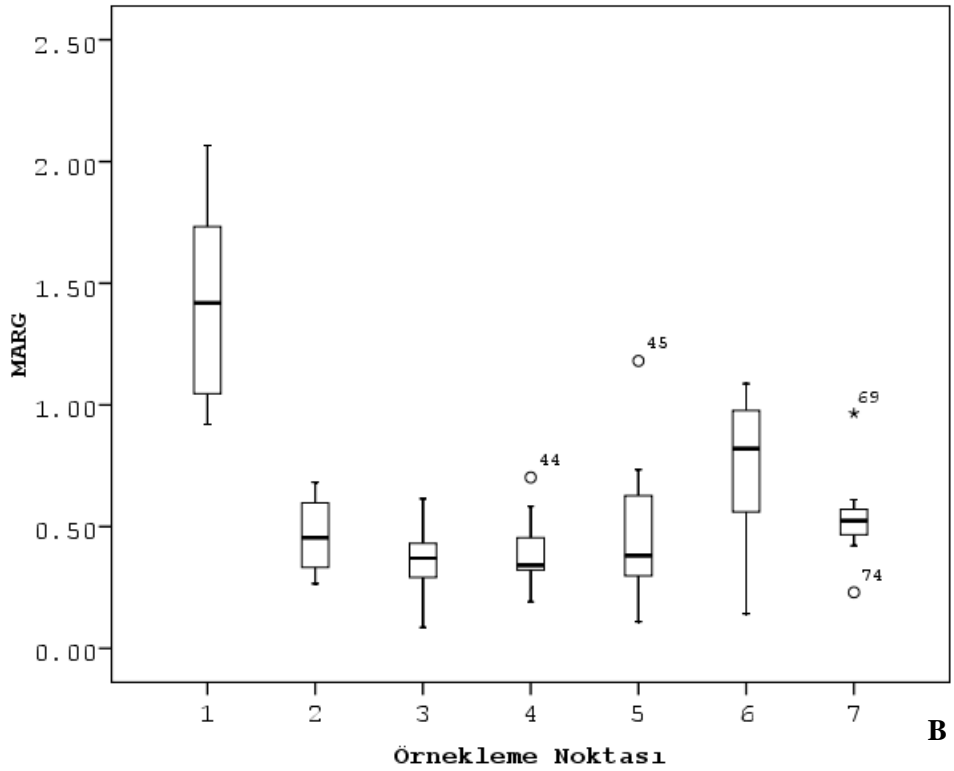
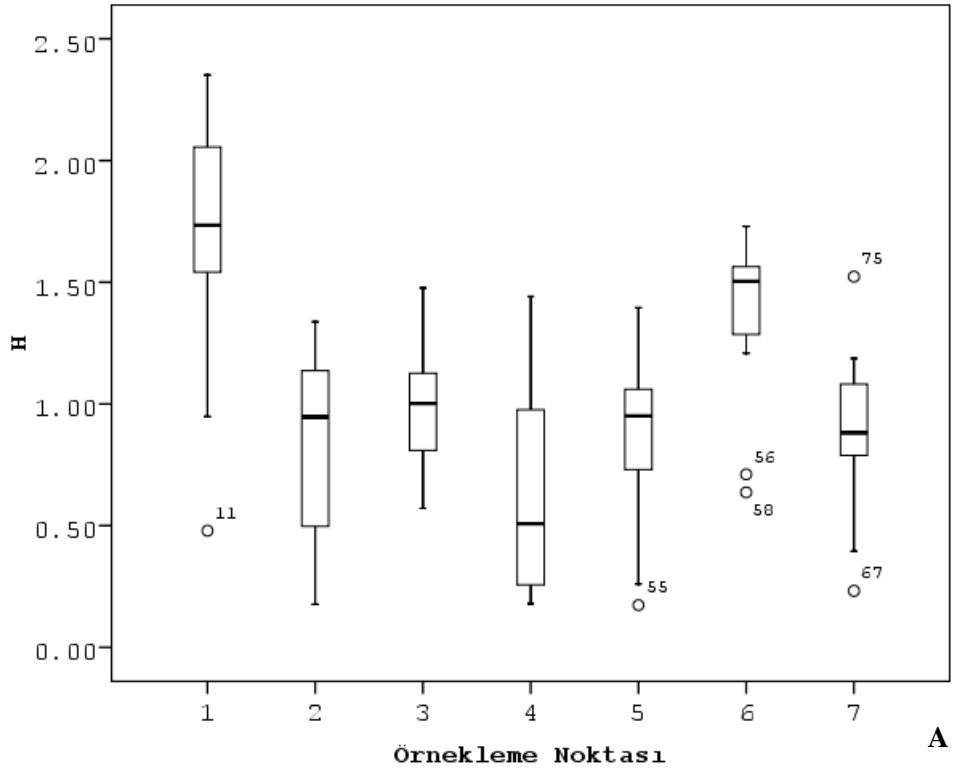
Çizelge 4.5'te teşhis edilen familyaların çeşitlilik indeksi sonuçları verilmiştir. Bu değerler takson sayısı indeksi değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.4). H' İndeksinde tüm taksonlara göre sadece 1 ve 6. örnekleme noktasında farklılık tespit edilmiştir. Simpson İndeksinde ise sadece 6. örnekleme noktasında bir fark göze çarpmaktadır. Margalef İndeksinde ise 2., 3. ve 4. örnekleme noktaları haricinde değişiklikler görülmektedir (Çizelge 4.5). Evenness İndeksi familya sonuçları ve takson sonuçları arasında tüm örnekleme noktalarında farklılık tespit edilmiş, familya ile hesaplanan Evenness sonuçları tüm noktalarda düşük hesaplanmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4. Çeşitlilik İndekslerinin örnekleme noktalarına göre SDR sonuçları ve ortalama değerleri

	n	H'	Jackknife SE	Ort. (min-mak)	Simp	Jackknife SE	Ort. (min-mak)	Marg	Jackknife SE	Ort. (min-mak)	Even	Jackknife SE	Ort. (min-mak)
1	11	1,97	0,18	1,67 (0,48-2,35)	4,16	0,58	4,01 (1,22-7,81)	4,11	0,33	1,42 (0,92-2,07)	0,47	0,04	0,37 (0,11-0,51)
2	11	1,66	0,17	0,82 (0,18-1,34)	3,90	0,78	1,84 (1,07-2,94)	1,55	0,18	0,46 (0,27-0,68)	0,53	0,05	0,18 (0,04-0,29)
3	11	1,38	0,10	0,97 (0,57-1,48)	3,32	0,42	2,31 (1,42-3,94)	0,67	0,10	0,36 (0,09-0,62)	0,60	0,04	0,21 (0,12-0,32)
4	11	0,40	0,11	0,66 (0,18-1,44)	1,19	0,07	1,75 (1,07-3,59)	0,73	0,11	0,40 (0,19-0,70)	0,17	0,04	0,14 (0,04-0,31)
5	11	1,57	0,12	0,86 (0,17-1,40)	4,01	0,58	2,07 (1,06-3,14)	1,46	0,16	0,49 (0,11-1,18)	0,52	0,04	0,19 (0,04-0,30)
6	11	2,29	0,14	1,36 (0,64-1,73)	6,79	1,20	3,06 (1,39-5,05)	2,80	0,28	0,75 (0,14-1,09)	0,63	0,04	0,30 (0,14-0,38)
7	11	1,02	0,41	0,89 (0,23-1,52)	1,96	1,21	2,12 (1,11-4,27)	2,27	0,49	0,53 (0,23-0,97)	0,28	0,11	0,19 (0,05-0,33)
Tüm data		1,96	0,39	1,03 (0,17-2,35)	3,89	2,96	2,45 (1,06-7,81)	5,82	0,42	0,63 (0,09-2,07)	0,43	0,09	0,23 (0,04-0,51)

Çizelge 4.5. Çeşitlilik indekslerinin örnekleme noktalarında familyalara göre SDR sonuçları

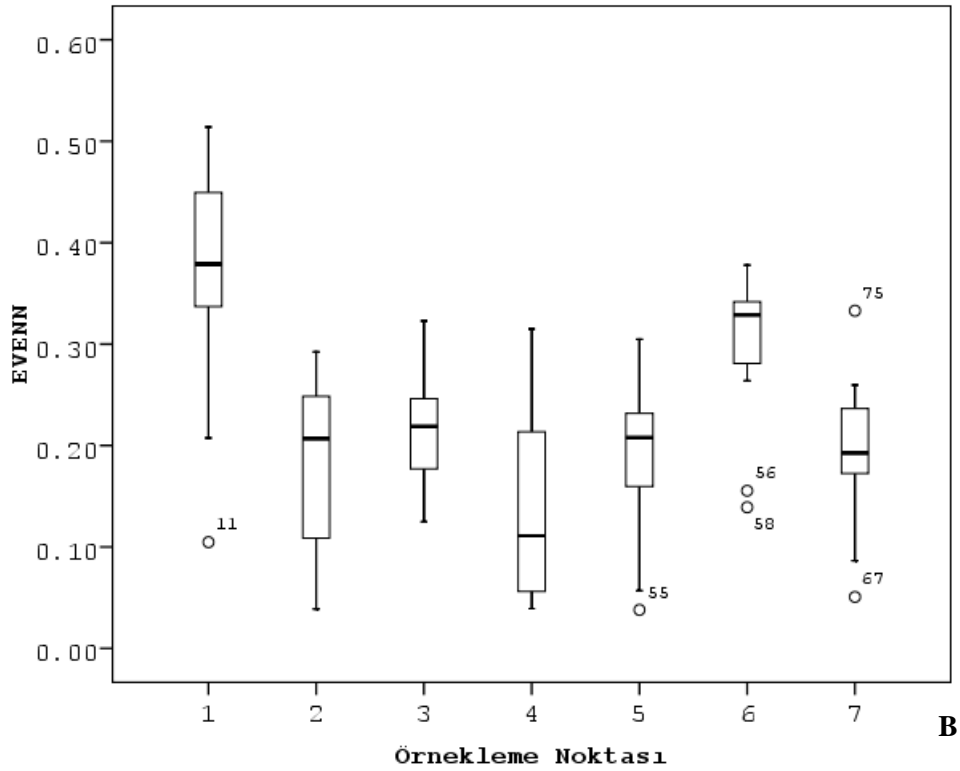
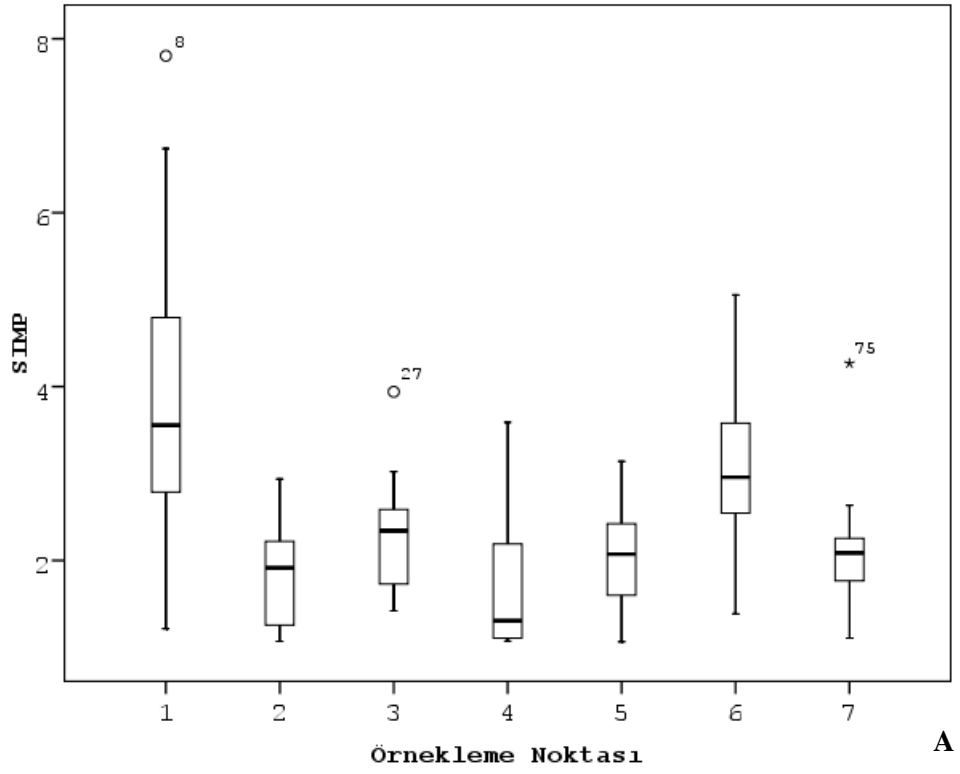
	n	H'	Jackknife SE	Simp	Jackknife SE	Marg	Jackknife SE	Even	Jackknife SE
1	11	1,89	0,15	4,16	0,58	2,96	0,36	0,45	0,04
2	11	1,66	0,17	3,90	0,78	1,55	0,18	0,40	0,04
3	11	1,38	0,10	3,32	0,42	0,67	0,10	0,33	0,03
4	11	0,40	0,11	1,19	0,07	0,73	0,11	0,10	0,03
5	11	1,57	0,12	4,01	0,58	1,15	0,11	0,37	0,03
6	11	2,23	0,13	6,73	1,12	2,34	0,28	0,53	0,03
7	11	1,02	0,41	1,96	1,21	2,02	0,43	0,24	0,10
Tüm data		1,94	0,39	3,89	2,93	3,94	0,30	0,46	0,09



Şekil 4.27. A) Shannon–Wiener Çeşitlilik İndeksi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Margalef Çeşitlilik İndeksi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

Margalef Çeşitlilik İndeksi, Dügel (2016) tarafından önerilen göl metriklerinden biridir. Çizelge 4.4'te görüldüğü üzere 1. örnekleme noktası en yüksek Margalef Çeşitlilik İndeksi değerine sahip olmuştur. Göllerin orta noktaları olan 3. ve 4. örnekleme noktalarında ortalamalar sırasıyla 0,36 ve 0,40 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4, Şekil 4.27 b). Göl kıyısı örnekleme noktalarında ise ortalama Margalef İndeksi 2. örnekleme noktasında 0,46, 5. örnekleme noktası ve 7. örnekleme noktasında ise 0,49 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.27 b). Margalef Çeşitlilik İndeksi 6. örnekleme noktasında minimum 0,14 maksimum ise 1,10 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.27 b).

Simpson Çeşitlilik İndeksi (Simpson, 1949) sonuçlarına baktığımızda, 1. örnekleme noktasında değerlerin 1,22 ve 7,81 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ortalama indeks değeri ise 4,02 olmuştur (Çizelge 4.4, Şekil 4.28 a). 2. örnekleme noktasında Simpson Çeşitlilik İndeksi değerleri minimum 1,07, maksimum 2,94; 3. örnekleme noktasında minimum 1,42, maksimum 3,94; 4. örnekleme noktasında minimum 1,07, maksimum 3,59; 4. örnekleme noktasında minimum 1,07, maksimum 3,59; 5. örnekleme noktasında minimum 1,06, maksimum 3,14 ve 7. örnekleme noktasında minimum 1,11, maksimum 4,27 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.28 a). 6. örnekleme noktası ise 1. örnekleme noktasından sonra en yüksek Simpson Çeşitlilik İndeksine sahip örnekleme noktası olarak belirlenmiştir (Ortalama 3,06) (Çizelge 4.4, Şekil 4.28 a).



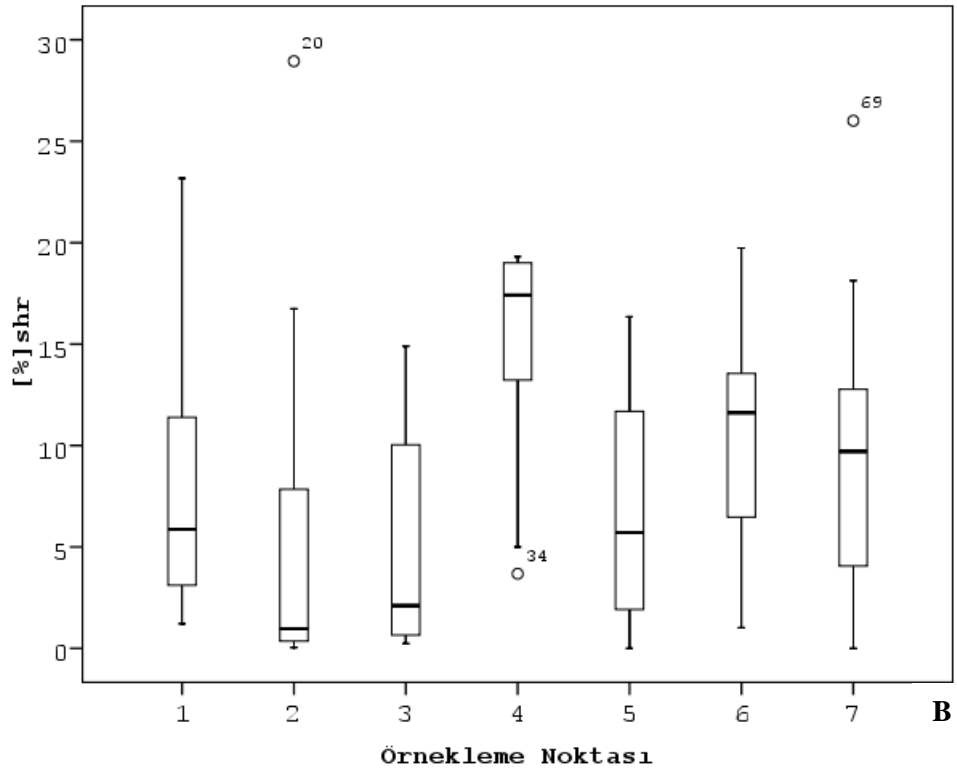
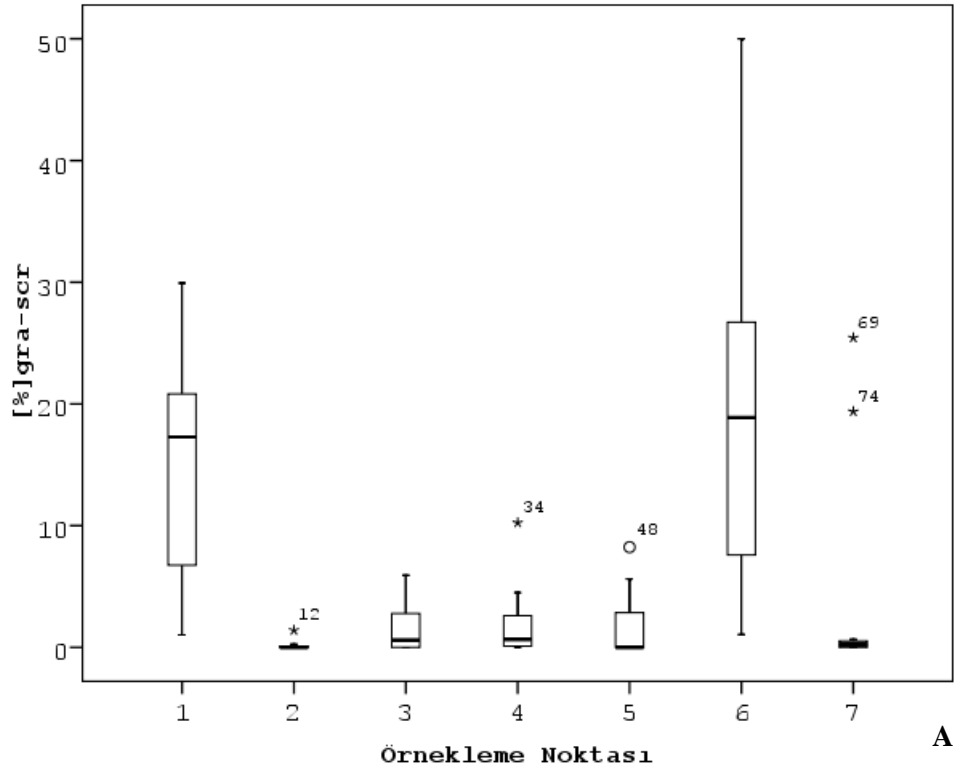
Şekil 4.28. A) Simpson Çeşitlilik İndeksi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği
B) Evenness Çeşitlilik İndeksi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

4.5.4. Beslenme tipi metrikleri sonuçları

Grazers ve Scrapers (Otlayıcı ve Kazıcı) beslenme metriği sonuçlarına baktığımızda 1. ve 6. örnekleme noktalarında diğer örnekleme noktalarına göre daha yüksek yüzdelerde bulunduğu görülmektedir (Şekil 4.29 a). 1. örnekleme noktasında 04.04.2019 tarihinde % 1,02 ile minimum değer belirlenmişken, maksimum % 29,94 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.31 a). 6. örnekleme noktasında ise ortalama [%] Gra-scr % 18,87 olarak belirlenmiş, yüzde bolluğunun % 50'lere kadar çıktığı görülmüştür (Şekil 4.29 a). 2. örnekleme noktasında sadece 4 örnekleme bu metrik değerleri hesaplanabilmiştir. 7. örnekleme noktasında ise değerlerin % 0'a yakınlık gösterdiği görülmüştür (Ort. [%] Gra-scr 4,22). 3, 4 ve 5. örnekleme noktalarında her noktada hesaplanamayan [%] Gra-scr yüzdeleri birbirine yakın değerlerde bulunmuştur. [%] Gra-scr metriğinin örnekleme noktalarına göre varyasyonu Şekil 4.29'de verilen box-plot grafiğinde gösterilmiştir.

Shredders (Parçalayıcılar), 1. örnekleme noktasında ortalama % 8,66 olarak tespit edilirken, minimum ve maksimum değerleri % 1,22 - 23,17 arasında değişkenlik göstermiştir (Şekil 4.29 b). 2. örnekleme noktasında ise box-plot kutusunun dışına çıktığı görülen değer % 28,95 ile 17.01.2019 tarihinde belirlenmiştir. Bu noktadaki ortalama [%] Shr metriği değeri ise 5,95 olmuştur (Şekil 4.29 b). 3. örnekleme noktasında benzer sonuçlar gözlenmiştir (Ort. [%] Shr 5,35). 4. örnekleme noktası ise en yüksek [%] Shr yüzdesine sahip nokta olarak tespit edilmiştir (Min. 3,68; Mak. 19,31; Ort. 14,84) (Şekil 4.29 b).

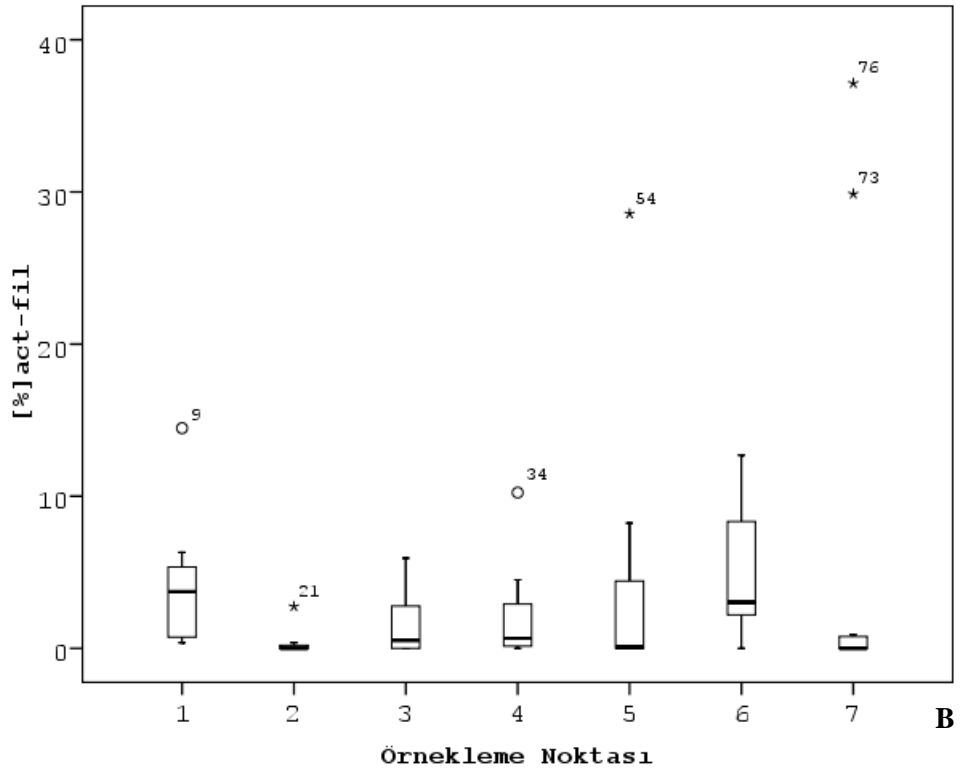
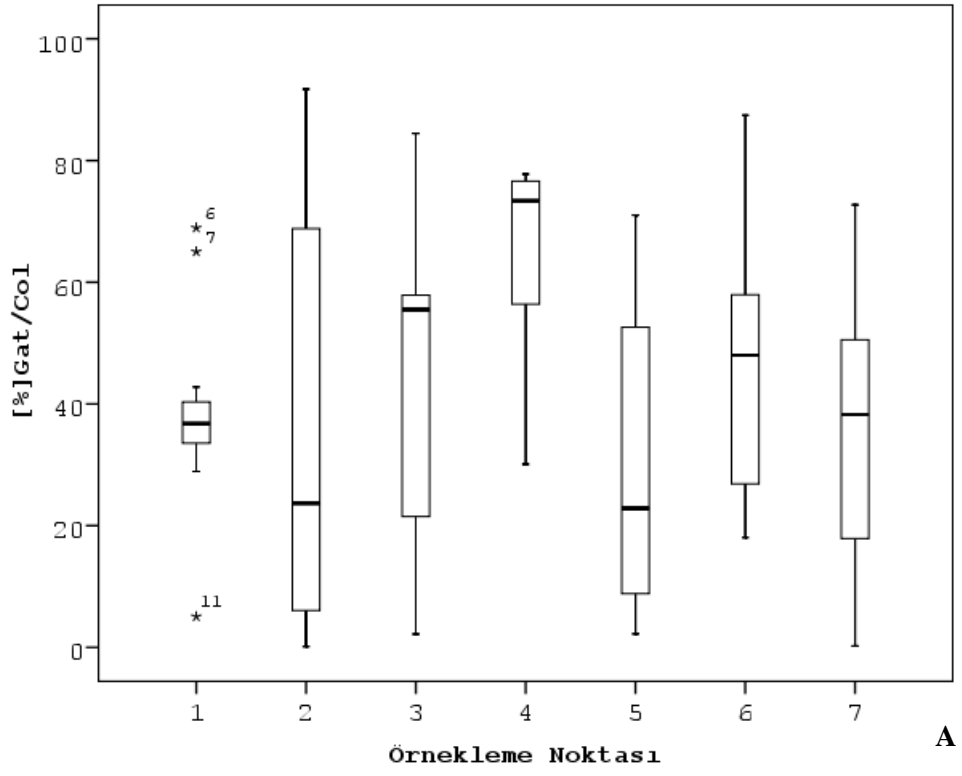
5. örnekleme noktasında 28.05.2018 tarihinde [%] Shr grubundan takson bulunamamıştır. Ortalama [%] Shr metriği değeri ise % 6,93 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.29 b). 6. örnekleme noktasında [%] Shr metriği minimum % 1,02, maksimum % 19,74 aralığında değişim göstermiştir. 7. örnekleme noktasında ilk örneklemede [%] Shr grubundan bireye rastlanmamış, maksimum değer ise % 26,01 olarak bulunmuştur (Şekil 4.29 b).



Şekil 4.29. A) [%] Gra-scr beslenme tipi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) [%] Shr Beslenme Tipi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

Gatherers/Collectors (Toplayıcı/Kollektörler), 1. örnekleme noktasında ortalama % 38,69 olarak hesaplanmışken Eylül ve 24.10.2018'de sırayla % 68,95 ve % 65,03 hesaplanmıştır (Şekil 4.30 a). 2. örnekleme noktasında en yüksek değer 04.04.2019 tarihinde % 91,72 olarak tespit edilmiştir Bu değer aynı zamanda çalışma dönemi içinde tespit edilen en yüksek değer olarak bulunmuştur. Bu noktadaki ortalama [%] Gat/Col değeri ise % 37,40 olarak tespit edilmiştir. 3. örnekleme noktasında, [%] Gat/Col % 2,19 ile % 84,46 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.30 a). 4. örnekleme noktası en yüksek [%] Gat/Col ortalamasına sahip örnekleme noktası olmuştur (Ort. [%] Gat/Col 63,39). 5 ve 7. örnekleme noktası ortalamaları sırasıyla 30,97; 35,33 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.30 a). 6. örnekleme noktasında ise [%] Gat/Col % 18,03 ile % 87,45 arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.30 a).

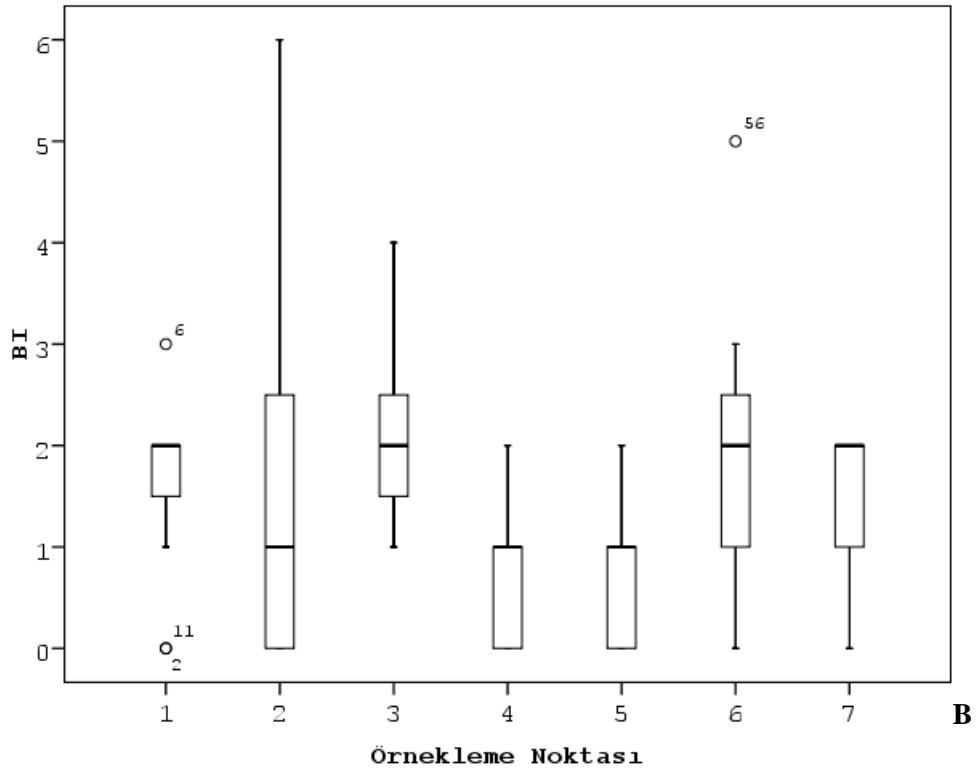
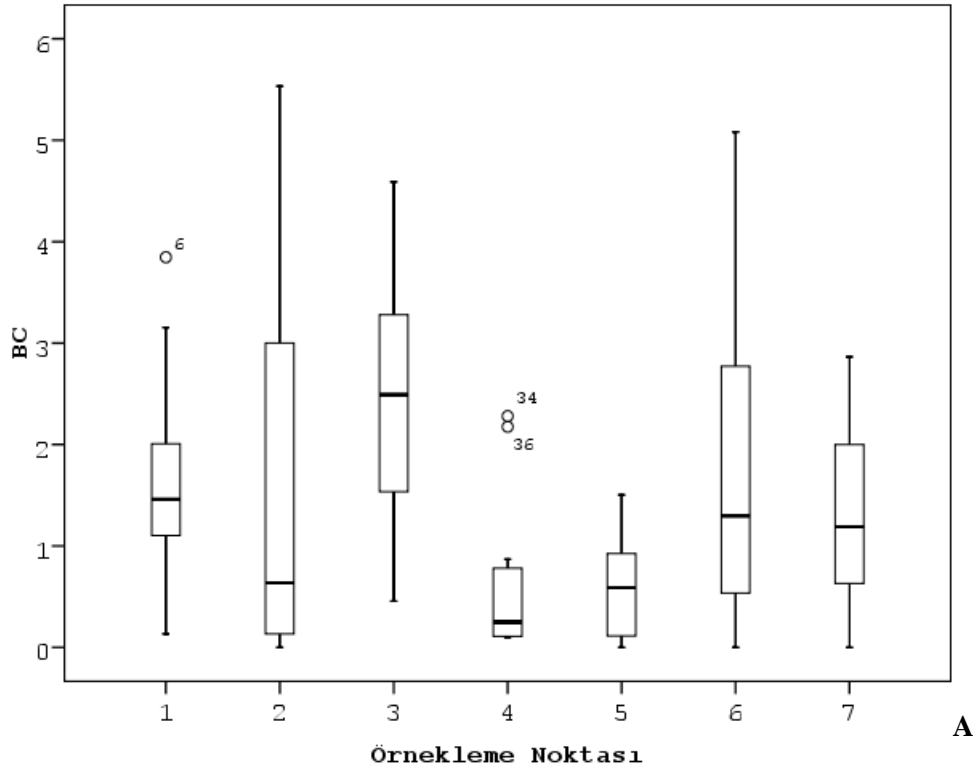
Active Filter Feeders (Aktif Filtre Besleniciler) ([%] Act-filt) beslenme metriği sonuçlarına bakıldığında 1. örnekleme noktasında ortalama değer % 3,92, minimum % 0,37, maksimum ise % 14,48 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.30 b). 2. örnekleme noktasında [%] Act-filt sadece 4 noktada tespit edilmiştir (Ort. [%] Act-filt % 0,32). 3. örnekleme noktasında 2019 yılına ait son 4 örneklemede [%] Act-filt taksonlarına rastlanmamıştır. Bu noktadaki ortalama metrik değeri ise % 1,60 olarak bulunmuştur (Şekil 4.30 b). 4. örnekleme noktasında maksimum metrik değeri % 10,24 olarak bulunmuşken, ortalama [%] Act-filt % 2,08 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.30 b). 5. örnekleme noktasında sadece 6 örneklemede [%] Act-filt taksonları bulunabilmiş, ortalama metrik değeri ise % 4,20 olarak hesaplanmıştır. 6. örnekleme noktasında ise ilk örneklemede [%] Act-filt taksonları bulunmamıştır (Şekil 4.30 b). Bu noktadaki maksimum [%] Act-filt değeri ise % 12,70 olarak 02.08.2018 tarihinde belirlenmiştir. 7. örnekleme noktasında sadece örneklemede [%] Act-filt taksonları temsil edilmiş olup ortalama [%] Act-filt değeri % 6,26 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.30 b).



Şekil 4.30. A) [%] Gat/Col beslenme tipi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği
 B) [%] Act-fil beslenme tipi örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

4.5.5. Tuzlusu bentik omurgasız indeksleri sonuçları

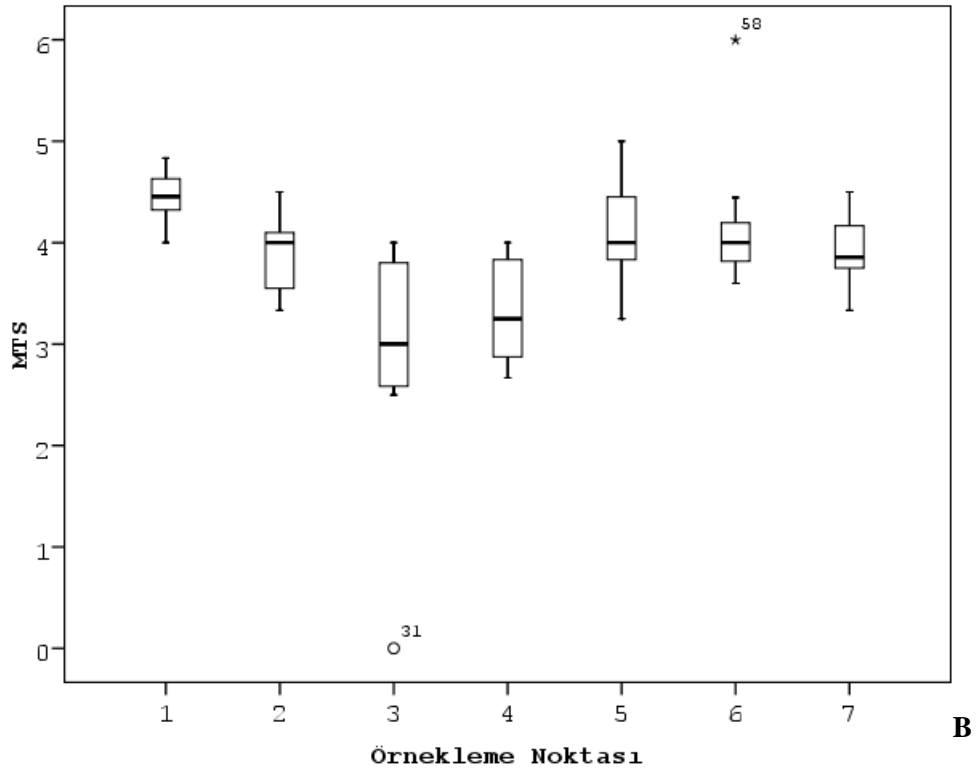
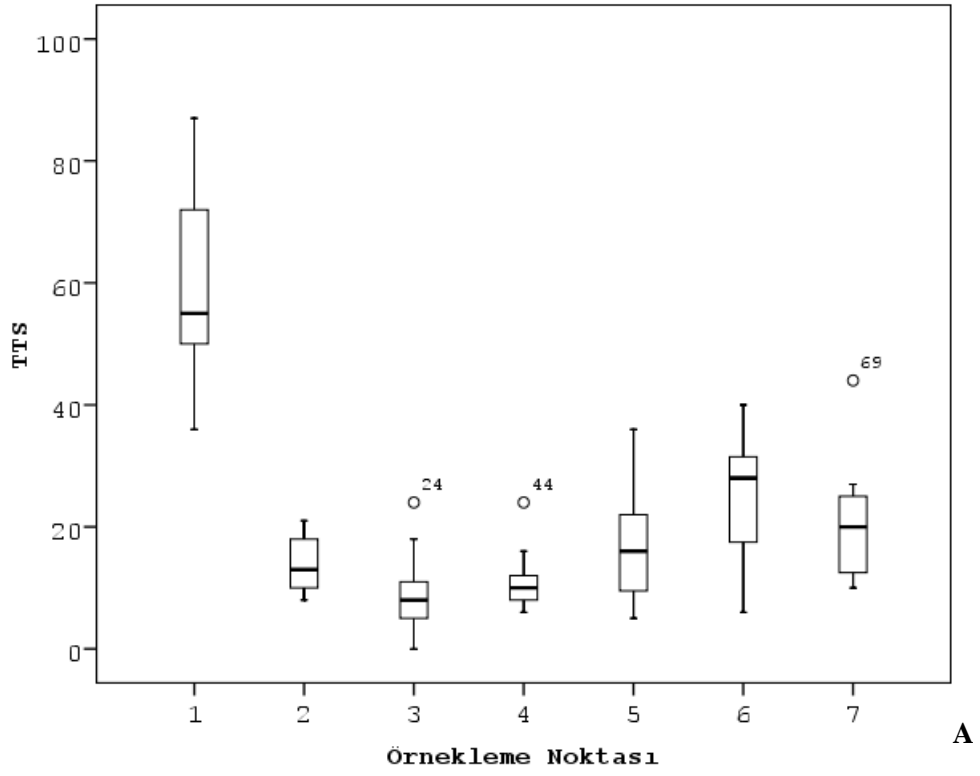
Denizel ortamlarda bentik omurgasızlar kullanılarak su kalitesini belirleme çalışmalarında yaygın olarak AMBI (Azti Marine Biotic Index) metriği kullanılmaktadır (Arslan, 2015). AMBI her bir grubun bolluğunun yüzdelerini temel alan bir Biyotik Katsayı (BC = Biotic Coefficient) değeri elde eder. BC değeri 0 ile 6 arasında değişmektedir. Değer ne kadar yüksekse ortam o kadar kirlenmiş anlamına gelmektedir (Grall ve Glémarec, 1997). Denizel bir metrik olsa da tatlı suda yaşayan gruplar da indekste temsil edilmektedir. 1. örnekleme noktasında BC ortalama değeri 1,65 (iyi su kalitesi sınıfı), en düşük 0,13, en yüksek ise 3,85 olarak bulunmuştur. BI ortalama değeri ise 1,64 (Slightly polluted-Az kirli) (Borja vd., 2000) olarak tespit edilmiştir. 2. örnekleme noktasında, BC ortalama değeri 1,64 (iyi su kalitesi sınıfı) olarak bulunmuş, en düşük değer 0 olmuş, en yüksek değer ise 5,53 (Kötü su kalitesi sınıfı) olarak 04.04.2019 tarihinde tespit edilmiştir. BI sonuçları da Şekil 4.31'de görüldüğü gibi BC ile benzer bir grafik çizmiştir. 3. örnekleme noktasında en düşük BC değeri 0,46 olmuş, en yüksek değer ise 4,59 olarak tespit edilmiştir. Bu noktadaki BC ortalama değeri ise 2,47 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.31 a). BI İndeksinin, ortalama değeri ise 2,10 olurken, bu indeks 1-4 aralığında bir ranja sahip olmuştur (Şekil 4.31 b). 4. ve 5. örnekleme noktalarında ortalama değerler sifira yakın tespit edilmiştir. 4. örnekleme noktası BC ortalaması 0,68 olurken, 5. örnekleme noktasında ortalama değer 0,62 olmuştur. Bu değerler BC metriğine göre belirlenmiş en yüksek su kalite sınıflarını işaret etmektedir (Şekil 4.31 a). 6. örnekleme noktasında BC değerleri, minimum 0, maksimum 5,08 olarak hesaplanmıştır. BI metriği ise 0 ile 5 arasında değişim göstermiştir. 7. örnekleme noktasında BC ortalama 1,35 ile iyi su kalite sınıfında hesaplanmışken, BI ortalaması ise 1,36 ile örnekleme noktası kirlilik sınıfına göre az kirlenmiş suya karşılık gelmektedir (Borja vd., 2000).



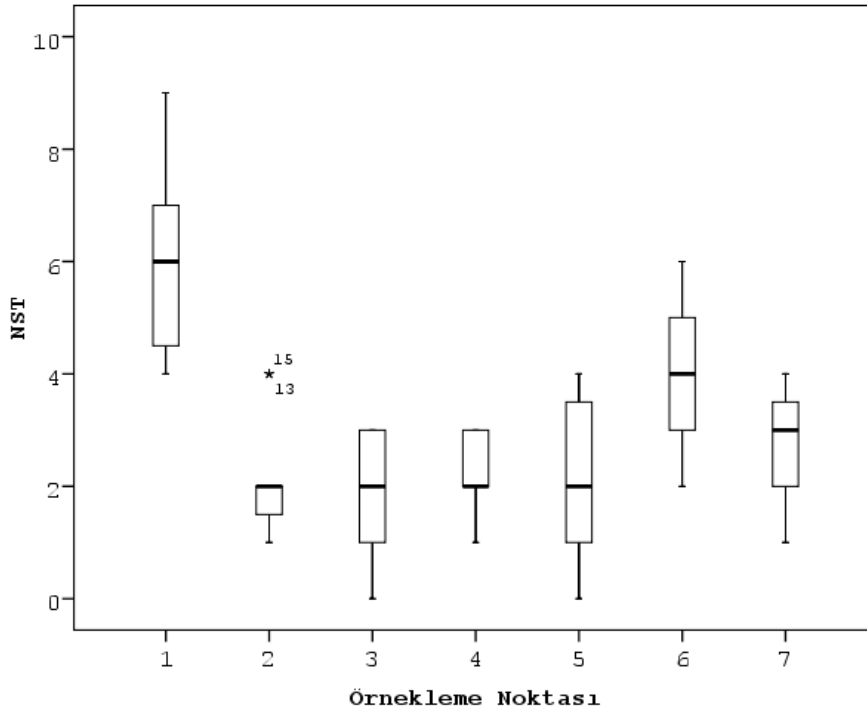
Şekil 4.31. A) Biotic Coefficient (Biyotik Katsayı-BC) metriklerinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Biotic Index (BI) metriklerinin örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

4.5.6. Göl bentik omurgasız indeksleri sonuçları

TTS (Hilsenhoff, 1987;1988), MTS ve NST (Gabriel vd., 2010) göllerde kullanılan takson temelli metriklerdir. Her üç metrikte 1. örnekleme noktasında diğer örnekleme noktalarına göre yüksek tespit edilmiştir (Şekil 4.32 ve Şekil 4.33). 1. örnekleme noktasında TTS değerleri ortalama 61, ortalama tolerans skoru ortalaması ise 4,47 olarak hesaplanmıştır. Hassas takson sayısı, Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera hariç, tolerans puanı 5'ten büyük olan mevcut takson sayısı tespit edilerek hesaplanmaktadır. 1. örnekleme noktasında NST maksimum 9, minimum 4, ortalama ise 6 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.35). 2. örnekleme noktasında TTS en düşük 8, en yüksek 21 olarak, ortalama değer ise 14 olarak hesaplanmıştır. Bu noktada MTS değeri ortalama 3,87 olmuş, NST değeri ise ortalama 2,09 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.32 ve Şekil 4.33). 3. örnekleme noktasında 17.01.2019 tarihinde TTS, MTS ve NST metrikleri 0 olarak tespit edilmiş, ortalama değerler de bir hayli düşük değerlerde tespit edilmiştir. Sırasıyla ortalamalar, 9,18, 2,95 ve 2 olarak bulunmuştur (Şekil 4.32 ve Şekil 4.33). 4. örnekleme noktasında TTS, minimum 6, maksimum 24, ortalama ise 11 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.32 a). MTS metriği minimum 2,67, maksimum 4, ortalama 3,30 olmuştur (Şekil 4.32 b). Bu noktadaki NST metriği ise ortalama 2,36 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.33). 5. örnekleme noktasında TTS minimum 5, maksimum 36; MTS minimum 3,25, maksimum 5; NST metriği ise minimum 0, maksimum 4 olarak belirlenmiştir. 6. örnekleme noktası, 1. örnekleme noktasından sonra 25,36 ortalama metrik değeri ile ikinci en yüksek TTS ortalamasına sahip örnekleme noktası olmuştur (Şekil 4.32 a). Bu noktada MTS değerleri minimum 3,6 maksimum 6 olarak tespit edilirken, NST minimum 2, maksimum 6 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.32 ve Şekil 4.33). 7. örnekleme noktasında, TTS değerlerinin 10 ile 44 arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.32 a). MTS değerinin ortalaması ise 3,93 olarak hesaplanmıştır. Bu metriğin minimum değeri 3,33 olurken, maksimum değer ise 4,5 olarak tespit edilmiştir. Bu noktada NST değerleri ise 1-4 arasında bulunmuş, ortalama değer ise 2,64 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.32 b ve Şekil 4.33).

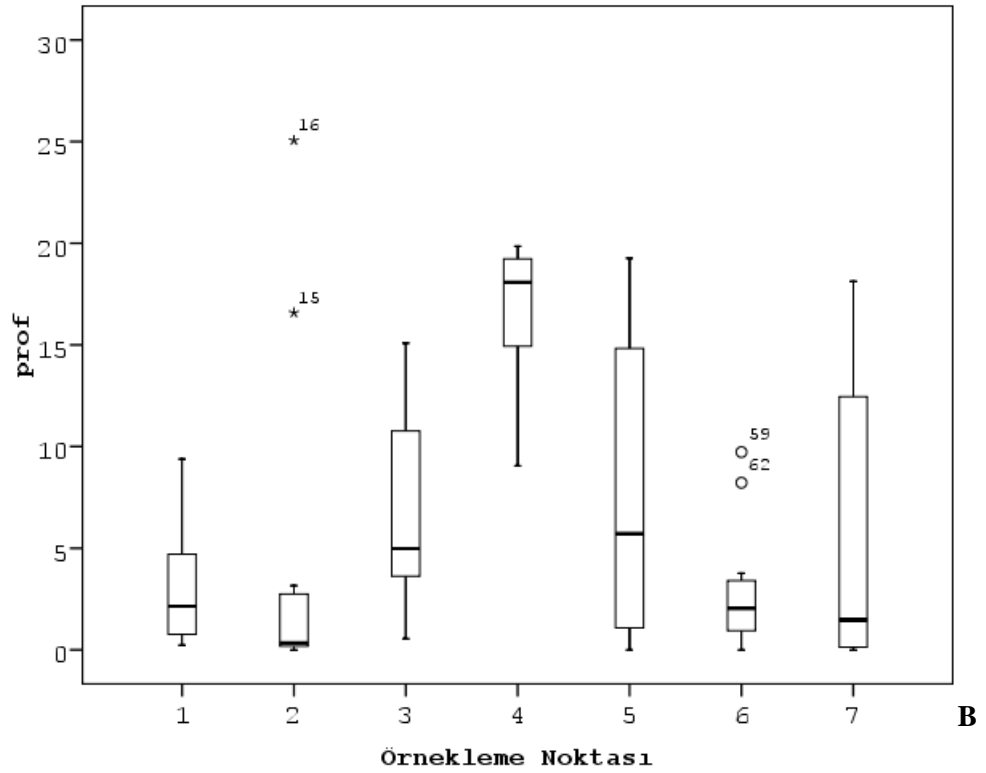
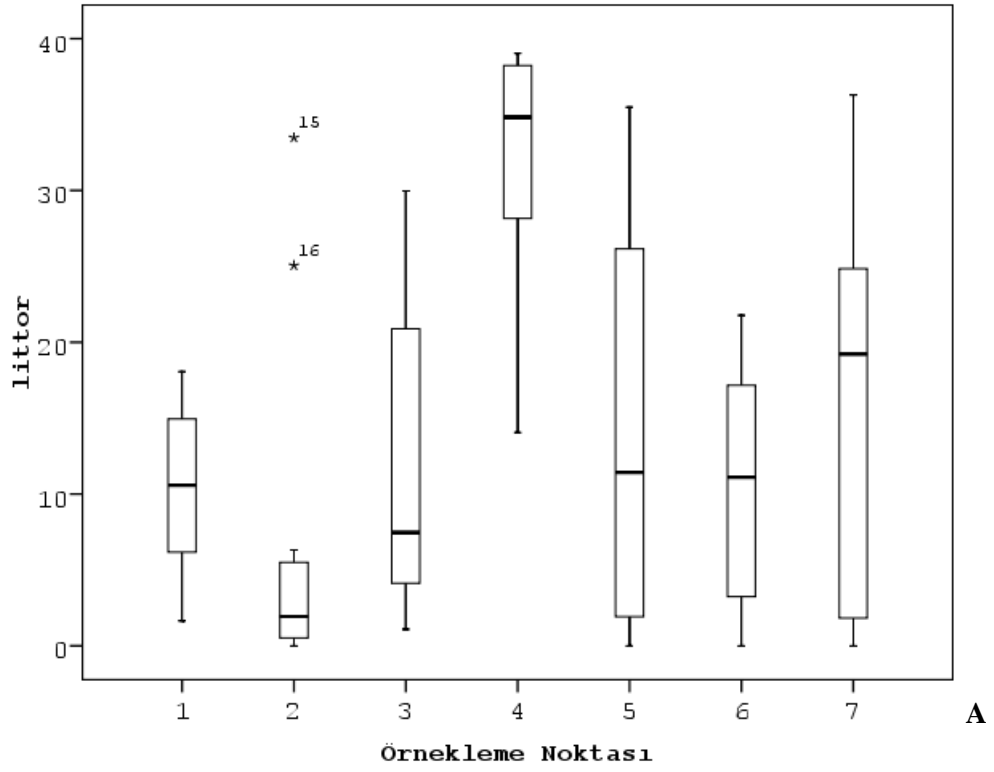


Şekil 4.32. A) TTS (Taxa Tolerance Scores-Takson Tolerans Skorları) örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) MTS (Mean tolerance score-Ortalama tolerans skoru) örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği



Şekil 4.33. NST (Number of sensitive taxa-Hassas Takson Sayısı) örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

ASTERIKS yazılımından hesaplanan bir diğer metrik grubu ise Yüzde Littoral (littor) ve Yüzde Profundal (prof) metrikleridir (Şekil 4.34 a, b). 1. örnekleme noktasında littor % 1,64 ile % 18,07 arasında değişmiştir. Prof ise düşük seyretmiş ve % 3,03 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.34 a, b). Kıyı örnekleme noktalarından biri olan 2. örnekleme noktasında littor, % 25 ve % 33,48 oranları arasında tespit edilmesine rağmen ortalama değer düşük bulunmuş ve % 6,99 olarak hesaplanmıştır. Bu noktadaki prof ortalaması ise % 4,47 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.34 b). 3. örnekleme noktasında, littor % 1 - 29,98 arasında değişirken, ortalama % 12,31 olarak hesaplanmıştır. Prof metriği bu noktada % 0,55 - % 15,08 arasında bulunmuştur (Şekil 4.34 b). 4. örnekleme noktasında littor yüzdelerinin % 14,05 ile % 39,04 arasında değiştiği görülmüştür. Prof yüzdeleri ise % 9,05 - 19,85 arasında bulunmuş, ortalama değer % 16,77 olmuştur (Şekil 4.34 b). 5. örnekleme noktasında littor yüzdeleri ortalama % 14,71 olmuş, prof ortalaması ise % 8,13 olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.34 a, b). 6. örnekleme noktasında littor ve prof yüzdeleri düşük seyretmiştir. Sırasıyla ortalamalar % 10,29 ve % 2,98 olarak belirlenmiştir. Arapçiftliği kıyı bölgesinde belirlenen örnekleme noktası olan 7. örnekleme noktası littor yüzdeleri % 0 ile % 36,29 arasında değişmiştir. Prof yüzdelerinin ise 0 ile % 18,13 arasında değiştiği bulunmuştur (Şekil 4.34 b).

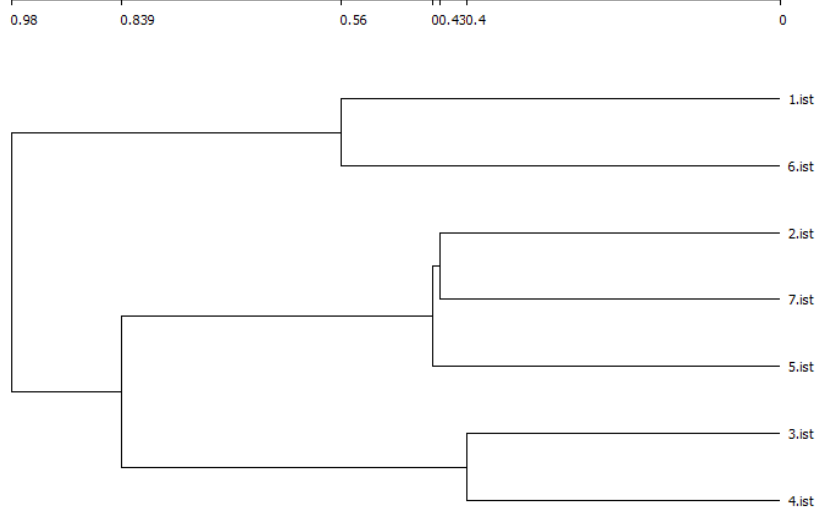


Şekil 4.34. A)Yüzde Littoral (littor) örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği B) Yüzde Profundal (prof) örnekleme noktalarına göre box-plot grafiği

4.6. İstatistiksel Bulgular

4.6.1. Kümeleme analizi

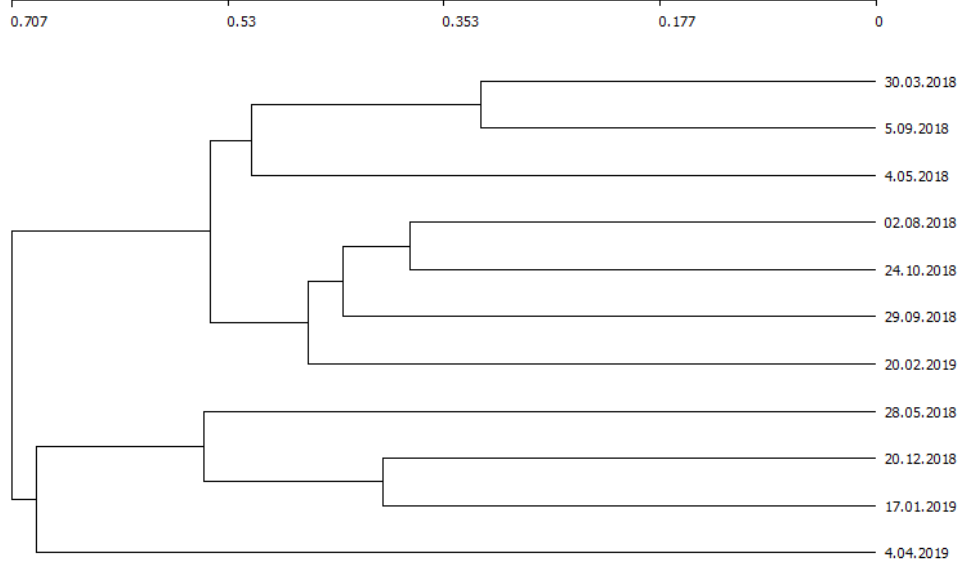
Kümeleme analizi, CAP 4.1.3 istatistik programıyla (Seaby ve Henderson, 2007) örnekleme noktalarının ve taksonların benzerlikleri Ward's metoduna göre Bray-Curtis yöntemi ile analiz edilmiştir. Analize göre örnekleme noktaları 3 ana gruba ayrılmıştır. İlk grupta 1. ve 6. örnekleme noktaları tatlı su karakterinde olduğu için yüksek oranda benzerlik göstermiş ve ayrı bir grup oluşturmuşlardır. İkinci grupta arasında kıyı örnekleme noktaları (2, 5 ve 7. örnekleme noktası) bir arada kümelenirken 3. grupta ise göl ortası örnekleme noktaları (3. ve 4.) kümelenmiştir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Kocaçay Deltası'nın bentik omurgasız taksonlarının örnekleme noktalarına göre belirlenen Kümeleme Analizi sonuçları

Bentik omurgasız taksonların aylara göre dağılışı ve popülasyon yoğunluklarına göre yapılan Cluster analizi sonuçları iki ana grupta kümelenmiştir (Şekil 4.36). Bu iki ana grupta kendi arasında iki gruba ayrılmıştır. 1. grubun 1. yan grubunda, 30.03.2018 ve 05.09.2018 yüksek oranda benzerlik göstermiştir. 1. grubun 2. yan grubunda ise 02.08.2018, 24.10.2018, 27.09.2018 ve 20.02.2019 benzerlik göstermişlerdir. Ancak iç içe gruplara ayrılmışlardır (Şekil 4.36). 2. ana grubun 2 yan grubunda ayrılmış ve 28.05.2018, 20.12.2018 ve 17.01.2019 kendi aralarında gruplara ayrılarak benzerlik göstermişlerdir.

Diğer yan grupta ise son örnekleme ayı olan 04.04.2019 tarihi kümelenmiştir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Kocaçay Deltası'nın bentik omurgasız taksonlarının aylara göre Kümeleme Analizi sonuçları

4.6.2. Bentik omurgasız taksonları ile çevresel değişkenler arasındaki ilişki

Bentik omurgasız taksonlarının nispi bolluklarının DCA analizi sonuçları gradient uzunluğu 2'nin üzerinde tespit edildiği için verilerin unimodal dağılım gösterdiği sonucuna varılmıştır. Gradient uzunluğu ilk eksen için 2,763 olurken 2. eksen için 3,202 olmuştur. Bu doğrultuda unimodal bir yöntem olan CCA analizi uygulanmıştır.

İlk CCA analizinde 45 bentik omurgasız taksonu, 76 örnek ve 28 çevresel değişken kullanılmıştır. CCA analizinde Monte Carlo Permutasyon testinin ilk ($F: 6,890$, $p: 0,001$, 999 permutasyon) ve tüm eksenler ($F: 3,372$, $p: 0,001$, 999 permutasyon) için anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Eklemeli seçim yöntemi CCA analizinde anlamlı çevresel değişkenleri belirlemek için uygulanmıştır. Bu yöntem sonucunda 7 çevresel değişken anlamlı tespit edilmiştir (Tuzluluk, B, $\text{NO}_3\text{-N}$, pH, T, $\text{PO}_4\text{-P}$, As) (Çizelge 4.6). Toplam inertia ise 3,731 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. CCA analizinde anlamlı çıkan çevresel değişkenlerin Lambda A, p ve F değerleri

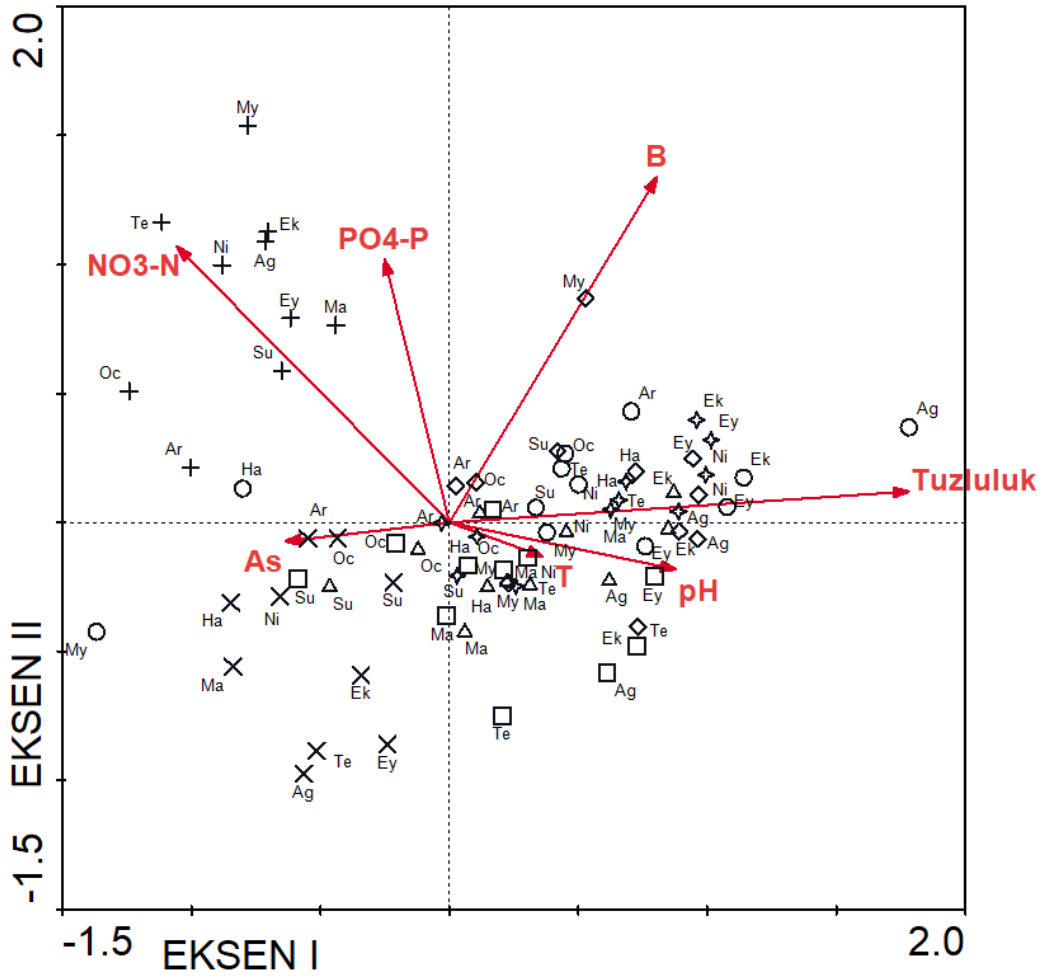
Çevresel Değişkenler	Lambda A	p	F
Tuzluluk	0,30	0,001	6,45
B	0,19	0,001	4,20
T	0,12	0,001	2,89
pH	0,12	0,001	2,75
NO ₃ -N	0,08	0,009	2,00
As	0,09	0,008	2,08
PO ₄ -P	0,06	0,037	1,60

Bu 7 çevresel değişken toplam varyansın % 25,78'ini oluşturmuştur. Açıklanamayan varyans % 74,22'dir. İlk 2 eksenin özdeğerleri (λ) sırasıyla 0,343 ve 0,209 olarak belirlenmiştir. Taksonlar ve çevresel değişkenler arasındaki korelasyon, I. eksen için 0,832, II. eksen için 0,882 olarak yüksek bir oranda belirlenmiştir. Taksonlar ve çevresel değişkenler arasındaki ilişkinin varyansı ise ilk iki eksen için % 57,5 olarak bulunmuştur.

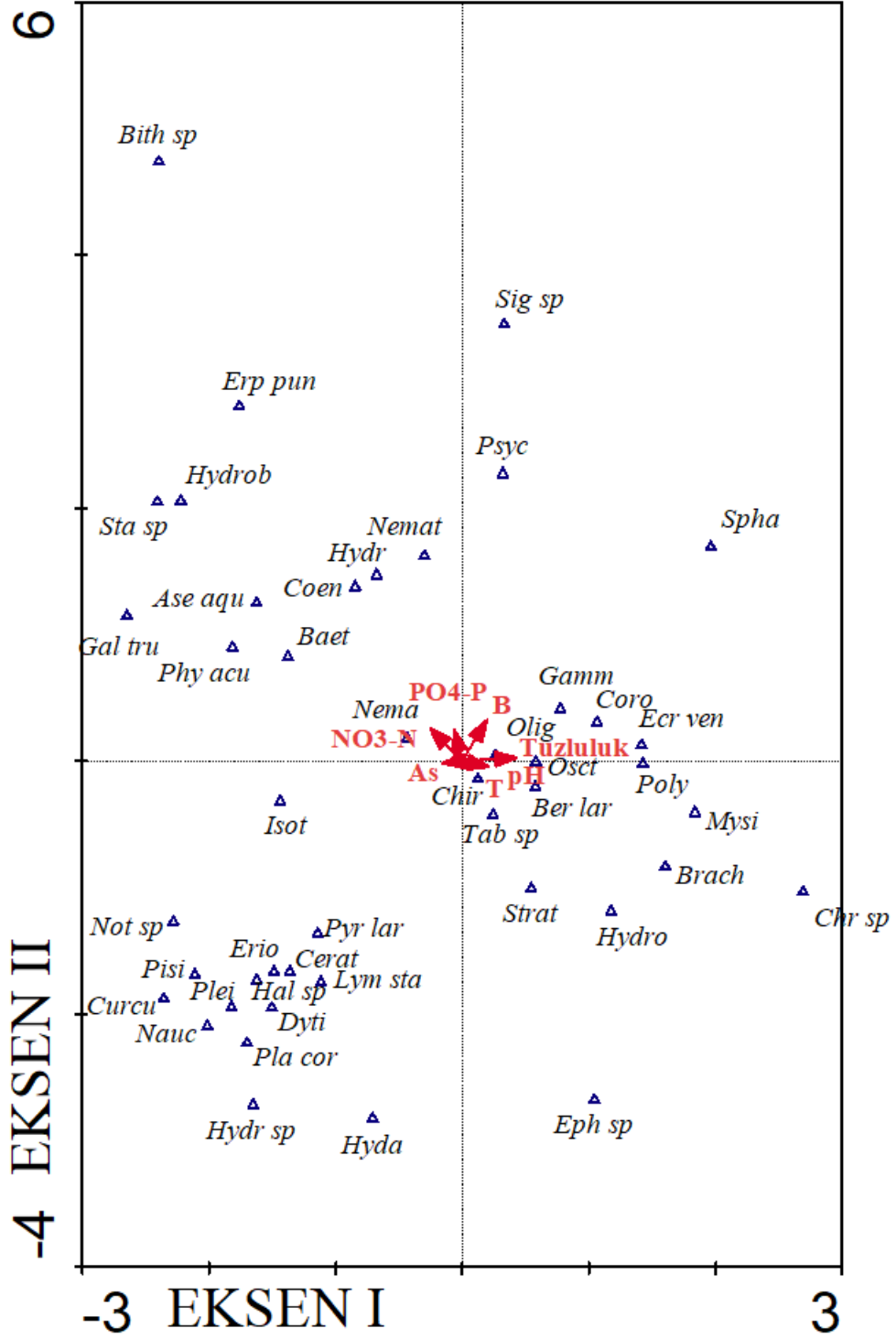
Ordinasyon grafiğinin üst sol ekseninde tatlısu karakteri gösteren örnekleme noktalarından biri olan 6. örnekleme noktası kümelenmiştir. Bu örnekleme noktasının NO₃-N ve PO₄-P besin tuzları ile ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 4.37).

6. örnekleme noktasında yaygın olarak görülen *Bithynia* sp., *Erpobdella punctata*, *Physella acuta*, Baetidae, Nematoda ve Nematomorpha taksonları bu ekseninde temsil edilmiştir (Şekil 4.38). Bor, pH, su sıcaklığı ve tuzluluk, ordinasyon grafiğinin sağ kısmında yer almıştır. 2, 3, 5 ve 7. örnekleme noktaları ağırlıklı olarak bu kısımda kümelenmiştir. Bu ekseninde, Bor, pH, su sıcaklığı ve tuzluluğun acı ve tuzlu su karakteri gösteren örnekleme noktalarında ağırlıklı olarak bulunan *Ecrobia ventrosa*, Oligochaeta, Gammaridae, Corophiidae taksonları ile ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 4.38). Grafiğin sol alt ekseninde ise 1. örnekleme noktası, 4. örnekleme noktası (17.01.2019), 5. örnekleme noktası (17.01.2019 ve 20.02.2019) ve 7. örnekleme noktasıyla (04.05.2018) temsil edilmiştir. Bu ekseninde özellikle 1. istasyonun Bor ve tuzluluk ile negatif ilişkili olduğu gözlenmiştir. Bu negatif ilişki Şekil 4.38'de

Isotomidae, Pyralidae larva, Ceratopogonidae, Pleidae, Dytiscidae, *Planorbarius corneus*, *Lymnaea stagnalis* taksonlarının eksenlerdeki dağılımlarıyla gösterilmiştir. Grafiğin sağ alt ekseninde pH ve sıcaklık ile ağırlıklı olarak 4. örnekleme noktası ve 5. örnekleme noktası ilişkili olduğu görülmektedir. Ostracoda, Polychaeta, Mysidae, Chironomidae, *Tabanus* sp. *Berosus* larva, Hydrophilidae taksonlarının Şekil 4.38’de gösterilen ordınasyon eğrisinin sol alt kısmında T ve pH ile ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 4.37. Bentik omurgasız taksonlarının örnekleme noktalarına ve aylara göre dağılımı ve çevresel değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren CCA ordınasyon grafiği. (Aylar: Ni: 30.03.2018, My: 04.05.2018, Ha: 28.05.2018, Te: 02.08.2018, Ag: 05.09.2018, Ey: 29.09.2018, Ek: 24.10.2018, Ar: 20.12.2018, Oc: 17.01.2019, Şu: 20.02.2019, Ma: 04.04.2019; İstasyonlar: X işareti: 1, Baklava şekli: 2, Yıldız: 3, Üçgen: 4, Kare:5, Artı: 6, Daire: 7. örnekleme noktasını temsil etmektedir).



Şekil 4.38. Bentik omurgasız taksonları ve çevresel değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren CCA ordinasyon grafiği.

4.6.3. Spearman Rank Korelasyon Analizi sonuçları

Bentik omurgasız indeksleri ve bazı fizikokimyasal değişkenler arasındaki Spearman Rank Korelasyon Analizi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Tüm BMWP versiyonları, çeşitlilik indeksleri ve göl bentik omurgasız indeksleri Eİ ve tuzluluk ile negatif korelasyon göstermiştir (Çizelge 4.7). BMWP, BMWP-SP, BMWP-CZ ve BMWP-PO tolerans metrikleri PO₄-P ile pozitif korelasyon göstermiştir. Tolerans metrikleri çoğunlukla Mg ve Ca ile negatif korelasyon göstermişken, Fe ile pozitif bir ilişki göstermiştir (Çizelge 4.7). Çizelge 4.7’de çoğu tolerans metriklerinin NO₂-N ve NO₃-N ile pozitif, SO₄ ile negatif korelasyon gösterdiği görülmektedir.

Toplam takson sayısı ve gastropoda takson sayısı, Eİ, tuzluluk ve Mg ile negatif korelasyon göstermişken, PO₄-P ve Fe ile pozitif korelasyon göstermiştir (Çizelge 4.7). Diptera taksonları B ile negatif, Mn ile pozitif bir ilişki göstermektedir (Çizelge 4.7). Poly [%], Crus [%] Eİ, tuzluluk, Mg ve Ca, SO₄ ile pozitif korelasyon gösterirken PO₄-P ve Fe ile negatif bir korelasyon göstermiştir (Çizelge 4.7).

Çeşitlilik metrikleri de Eİ ve tuzluluk, Mg, SO₄ ile negatif korelasyon gösterirken Fe ile pozitif korelasyon göstermiştir (Çizelge 4.7). Beslenme metriklerinin bir çoğunun Eİ ve tuzluluk ile negatif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

Tuzlusu bentik omurgasız indekslerinden BC ve BI, pH ile pozitif korelasyon göstermiştir (Çizelge 4.7). Göl metrikleri (TTS, MTS, NST) ise, Eİ, tuzluluk, Mg ve SO₄ ile negatif korelasyon, Fe ile pozitif korelasyon gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4.7). Littor ve prof metrikleri ÇO, pV, Ca, HCO₃ ve Top alk ile pozitif ilişki gösterirken, Al ve Fe ile negatif bir korelasyon göstermiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Bentik Omurgasız İndeksleri ve fizikokimyasal değişkenler arasındaki Sperman Rank Korelasyon Analizi sonuçları

	Eİ	Tuzluluk	ÇO	pH	T	PO ₄ -P	TP
BMWP	-0,378**	-0,373**				0,257*	
ASPT				-0,318**			
BMWP-SP	-0,356**	-0,348**				0,268*	
BMWP-HU	-0,336**	-0,337**					
ASPT-HU				-0,268*			
BMWP-CZ	-0,379**	-0,371**				0,260*	
ASPT-CZ							
BMWP-PO	-0,402**	-0,393**				0,305**	
BMWP-GR	-0,247*	-0,232*					
IBE				-0,288*			
Gast	-0,503**	-0,501**				0,332**	
Dip					0,275*		
Top Tak	-0,312**	-0,310**				0,248*	
Gastr [%]						0,299**	
Poly [%]	0,415**	0,402**		0,244*		-0,234*	
Crus [%]	0,351**	0,353**				-0,276*	
Dip [%]					0,259*		
GOLD	0,259*	0,258*				-0,268*	
H	-0,396**	-0,392**					
MARG	-0,345**	-0,348**				0,236*	
SIMP	-0,338**	-0,334**					
EVEN	-0,396**	-0,392**					
[%] Gra-scr	-0,410**	-0,413**		-0,244*	0,227*	0,303**	0,226*
[%] Shr				-0,234*			
[%] Act-filt	-0,258*	-0,271*					
[%] Pre	-0,349**	-0,348**					
BC				0,342**			
BI				0,303**			
TTS	-0,365**	-0,365**				0,241*	
MTS	-0,369**	-0,376**		-0,298**			
NST	-0,378**	-0,373**			0,250*	0,250*	
Littor			0,231*				
Prof	0,266*	0,251*	0,301**		0,226*		

Çizelge 4.7. Bentik Omurgasız İndeksler fizikokimyasal parametreler arasındaki Korelasyon Analizi (devam).

	pV	Mg	Ca	Al	As	B	Fe	Mn
BMWP ASPT		-0,335**	-0,238*				0,296**	
BMWP-Sp		-0,305**	-0,226*				0,267*	
BMWP-Hu		-0,278*					0,226*	
BMWP-Cz		-0,330**	-0,238*		0,225*		0,298**	
BMWP-Po		-0,357**	-0,238*		0,261*		0,295**	
BMWP-Gr		-0,230*				-0,235*	0,270*	
Gast	-0,272*	-0,432**			0,293**		0,384**	
Dip						-0,276*		0,260*
Top Tak		-0,245*			0,279*		0,273*	
Gastr [%]				0,294**		0,253*	0,235*	
Poly [%]		0,375**	0,308**		-0,233*		-0,325**	
Crus [%]	0,307**	0,324**	0,226*	-0,363**			-0,368**	
Dip [%]								
GOLD	0,289*	0,227*		-0,302**			-0,282*	
H		-0,366**			0,225*		0,314**	
MARG		-0,275*			0,290*		0,295**	
SIMPS		-0,329**					0,278*	
EVEN		-0,366**			0,225*		0,314**	
[%] Gra+scr		-0,305**			0,392**		0,263*	0,293**
[%] Gat/Col				-0,290*			-0,275*	
[%] Pre		-0,311**			0,256*			
TTS		-0,304**			0,261*		0,267*	
MTS		-0,322**				-0,264*	0,289*	
NST		-0,290*			0,341**		0,242*	0,243*
Littor	0,288*		0,257*	-0,336**			-0,299**	
Prof	0,348**	0,273*	0,328**	-0,343**			-0,390**	

Çizelge 4.7. Bentik Omurgasız İndekslerinin fizikokimyasal parametreler arasındaki Korelasyon Analizi (devam).

	NO ₂ -N	NO ₃ -N	TN	TKN	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	Top alk
BMWP	0,361**	0,317**			-0,354**		-0,241*	
ASPT	0,263*	0,252*					-0,238*	
BMWP-Sp	0,335**	0,283*			-0,313**			
BMWP-Hu	0,274*				-0,335**			
BMWP-Cz	0,351**	0,287*			-0,340**		-0,244*	
ASPT-Cz			-0,237*					
BMWP-Po	0,375**	0,329**			-0,362**			
BMWP-Gr					-0,225*			
IBE	0,243*	0,319**						
Gast	0,347**	0,343**			-0,441**			
Bolluk							0,236*	
Top Tak					-0,281*			
Gastr [%]								
Poly [%]	-0,355**	-0,393**			0,323**		0,349**	
Crus [%]					0,274*			
Dip [%]						0,231*		
H	0,226*				-0,324**			
MARG					-0,295**			
SIMPS					-0,303**			
EVEN	0,226*				-0,324**			
[%] Gra+scr	0,270*	0,246*	0,295**	0,227*	-0,346**	0,311**	-0,340**	
[%] Shr						0,250*		
[%] Act filt						0,264*		
[%] Pre					-0,287*			
TTS	0,298**				-0,336**			
MTS	0,326**	0,330**			-0,378**		-0,390**	
NST					-0,343**			
Littor						0,300**		0,288*
Prof		-0,299**			0,251*	0,289*		0,291*

Çevresel değişkenlerin birbiri ile olan korelasyon ilişkisi incelendiğinde ise Eİ ve tuzluluğun SO₄, Mg ve Ca ile istatistiksel olarak kuvvetli korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir ($r > 0,76$; $p < 0,001$).

4.6.4. ANOSIM ve SIMPER analizi sonuçları

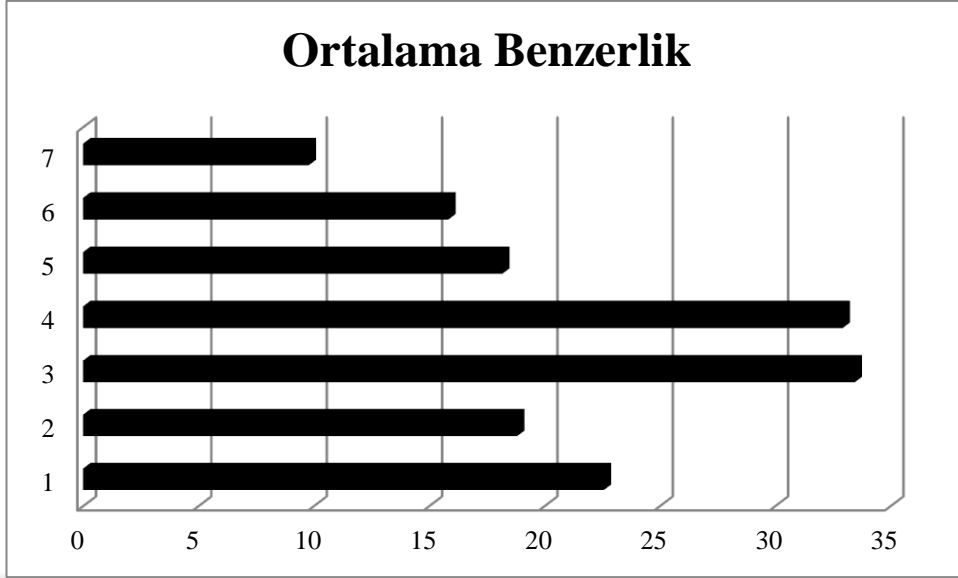
ANOSIM analizi sonucunda bentik omurgasızların takson çeşitliliği ve kompozisyonun örnekleme noktalarına göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. (Global R : 0,375185, p :0,001, 1000 randomizasyon). İkili mukayese (pairwise) sonuçlarına göre tüm örnekleme noktalarının anlamlı olarak farklı olduğu tespit etmiştir ($p<0,05$).

SIMPER arasında (Between) analiziyle belirlenen ortalama benzeşmezlik (average dissimilarity) yüzdeleri Çizelge 4.8'de gösterilmiştir. Çizelgeye göre en yüksek ortalama benzeşmezlik 6 ile 7. örnekleme noktası arasında % 94,29 olarak tespit edilmiştir. En düşük ortalama benzeşmezlik yüzdesi ise % 75,76 ile 3 ve 4. örnekleme noktaları arasında olmuştur. Örnekleme noktaları arasında yüksek oranda (ortalama % 88,98) benzeşmezlik yüzdeleri olduğu Çizelge 4.8'de görülmektedir.

Çizelge 4.8. SIMPER Arasında (Between) analiziyle hesaplanan ortalama benzeşmezlik yüzdeleri

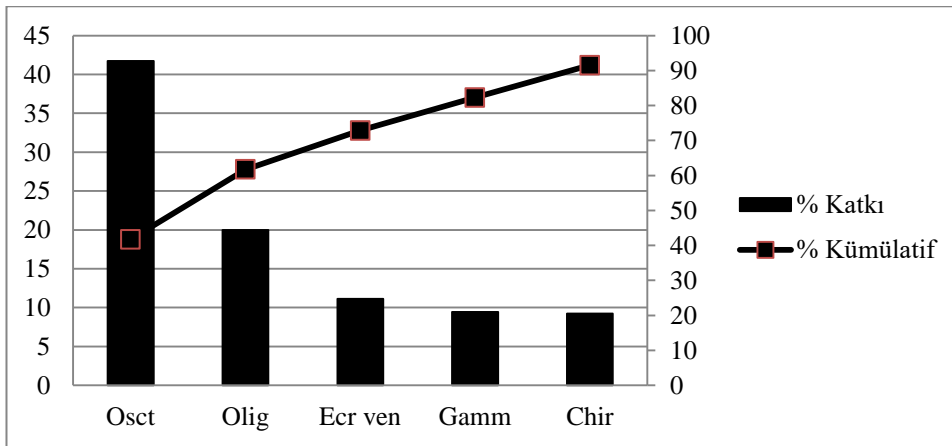
Ortalama Benzeşmezlik	1. ist	2. ist	3. ist	4. ist	5. ist	6. ist	7. ist
1. ist		91,21	87,04	92,66	93,75	83,49	94,15
2. ist			85,01	87,71	85,40	92,78	89,74
3. ist				75,76	88,45	88,98	87,18
4. ist					84,88	92,30	88,67
5. ist						93,65	91,53
6. ist							94,29
7. ist							

Örnekleme noktalarının ve makroomurgasız taksonlarının SIMPER içinde (within) analizi sonuçlarına göre örnekleme noktalarının ortalama benzerlik (average similarity) yüzde değerleri Şekil 4.39'de verilmiştir. Bu analize göre örnekleme noktaları arasındaki ortalama benzerlik yüzdesinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Maksimum ortalama benzerlik % 33,45 ile 3. örnekleme noktasında gözlenmiştir. 3. örnekleme noktasını % 32,93 ile 4. örnekleme noktası izlemiştir. En düşük ortalama benzerlik yüzdesi ise % 9,78 ile 7. örnekleme noktasında tespit edilmiştir (Şekil 4.39).



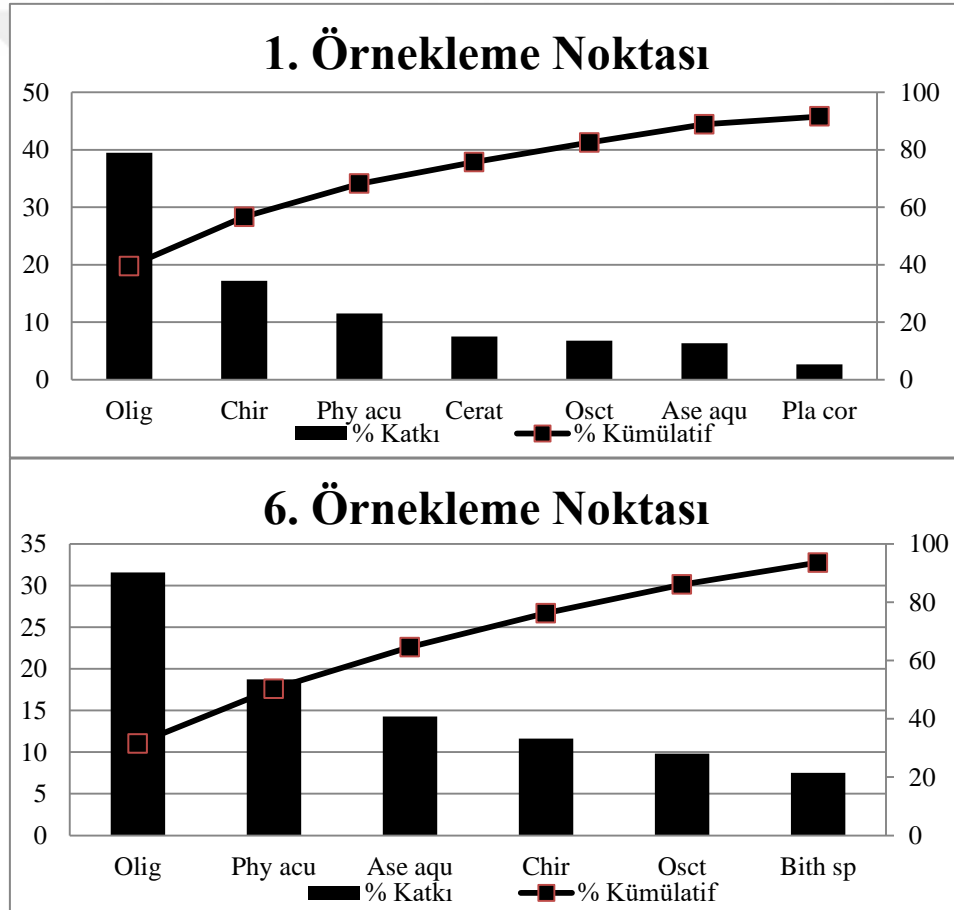
Şekil 4.39. Örnekleme noktalarındaki bentik omurgasız taksonlarının SIMPER içinde within analizine göre ortalama benzerlik (average similarity) yüzde değerleri

SIMPER içinde analizi sonuçları tüm örnekleme noktalarında 5 bentik omurgasız taksonunun önemli olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 4.40). Alanda tespit edilen 5 taksonun yüzde kümülatif katkı oranı yaklaşık % 92 olmuştur. Tüm sulakalarda benzerliğe en büyük katkıyı yaklaşık % 42 ile Ostracoda yapmıştır. Bunu yaklaşık % 20 ile Oligochaeta takip etmiştir. Yaklaşık % 10 katkı ile yüzde kümülatif orana katkı sağlayan taksonlar ise *Ecrobia ventrosa*, Gammaridae ve Chironomidae olmuştur.



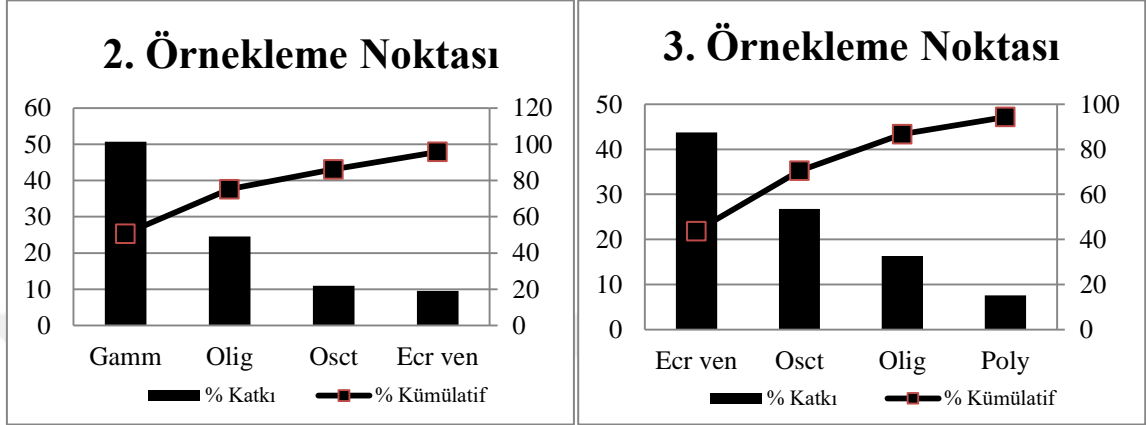
Şekil 4.40. Tüm örnekleme noktalarındaki omurgasız taksonlarının SIMPER içinde analizi benzerlik sonuçları

1. örnekleme noktasında SIMPER içinde analizi sonucunda 7 takson belirlenmiş ve % 39,46'lık katkı oranıyla Oligochaeta en baskın organizma olmuştur. Onu % 17,19'lık katkısı ile Chironomidae ve % 11,55'lik katkısı ile *Physella acuta* izlemiştir. Bu 7 baskın takson % kümülatif oranın % 91,54'ini oluşturmuştur (Şekil 4.41). 6. örnekleme noktası tatlı su karakterinde olup kümülatif oran % 90'nın üzerinde katkı sağlayan organizma grubu 6 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.41). En baskın organizma grubu % 31,56 katkı oranıyla Oligochaeta olurken, *Physella acuta* % 18,75, *Asellus aquaticus* % 14,30, Chironomidae % 11,64, Ostracoda % 9,84 ve *Bithynia* sp. % 7,53 katkı sağlamışlardır (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. 1. ve 6. örnekleme noktalarına katkı sağlayan taksonlar ve onların kümülatif etki oranları

2. örnekleme noktasında, Şekil 4.42’de görüldüğü gibi, kümülatif orana % 95’in üzerinde katkı sağlayan 4 tane takson belirlenmiştir. En baskın % 50’nin üzerinde katkı sağlayan Gammaridae olurken, bunu % 24,54 katkı oranıyla Oligochaeta izlemiştir. (Şekil 4.42).

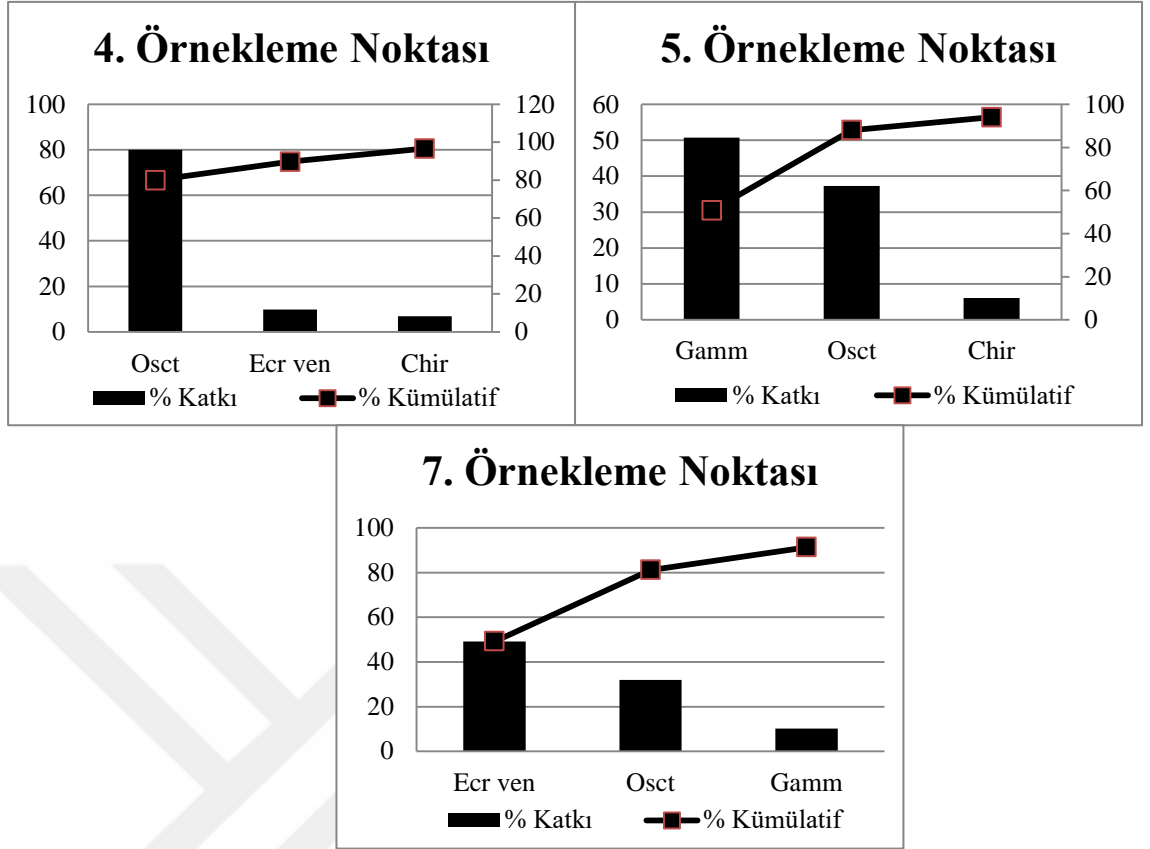


Şekil 4.42. 2. ve 3. örnekleme noktalarına katkı sağlayan taksonlar ve onların kümülatif etki oranları

3. örnekleme noktasında % 94,37’olarak tespit edilen toplam kümülatif oranına en fazla katkıyı % 43,71’lik katkı ile *Ecrobia ventrosa* sağlamıştır. Bunu % 26,76 katkı ile göl için önemli organizma gruplarından biri olan Ostracoda takip etmiştir (Şekil 4.42).

Göl ortası örnekleme noktası olan 4. örnekleme noktasında Ostracoda % 79,96 gibi yüksek bir katkı oranıyla en baskın organizma olmuştur. Onu % 9,76 ile *Ecrobia ventrosa* ve % 6,93 ile Chironomidae izlemiştir. Bu üç taksonun kümülatif yüzde oranı ise % 96’yı geçmiştir (Şekil 4.43).

Kıyı örnekleme noktası olan 5. örnekleme noktasında 2. örnekleme noktasındaki gibi en çok katkı sağlayan grup Gammaridae olmuştur (% 50,69). Göl noktalarında yüksek katkı sağlayan Ostracoda’da % 37,31 ile ikinci baskın organizma grubu olmuştur. Bu noktada bu üç taksonun kümülatif orana katkısı toplam % 94,04 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. 4., 5. ve 7. örneklem noktalarına katkı sağlayan taksonlar ve onların kümülatif etki oranları

Arapçiftliği Gölü kıyı örneklem noktası olan 7. örneklem noktasında ise *Ecrobia ventrosa* en baskın organizma olmuş ve toplam kümülatif orana % 49,19'luk katkı sağlamıştır. Bu türü % 31,90 ile Ostracoda ve % 10,23 ile Gammaridae taksonları takip etmiştir. Bu üç taksonun bu örneklem noktasındaki toplam kümülatif orana katkısı % 91'in üzerinde belirlenmiştir (Şekil 4.43).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Marmara Denizi, endüstri alanlarının etkisiyle ve denize boşalan kirlilik yükü taşıyan tatlı su girdileriyle yüksek oranda kirlenmektedir (Akçaalan vd., 2022). Kocaçay Deltası Susurluk Havzası'nın tüm su kütlelerinin getirdiği kirliliğin Marmara Denizi'ne boşaldığı noktadır. Nilüfer Çayı, Uluabat ve Manyas gölleri çıkış suları ve Simav Çayı 6. örnekleme noktası olarak belirlediğimiz Kocaçay (Çapraz) Deresi'yle birleşmektedir.

Nilüfer Çayı ve kolları evsel, endüstriyel (deri ve organize sanayi) ve tarımsal atıklardan (hayvancılık, gübre ve ilaç kullanımı) kaynaklanan organik ve inorganik kirleticilerle kirlenmektedir (Akay vd., 2019; Karacaoğlu & Dalkıran, 2017; Karaer & Küçükbalı, 2006). Kocaçay Deresi aynı zamanda Uluabat Gölü'nün çıkış suyunu da bünyesine katarak Marmara Denizi'ne dökülmektedir. Uluabat Gölü'nün en önemli kirlilik kaynağı, Susurluk Alt Havzasında bulunan ve gölü besleyen Mustafakemalpaşa Çayı'dır (Kolları Orhaneli ve Emet çayları). Bu akarsuların etrafındaki sanayi ve yerleşim alanlarından kaynaklı çeşitli atıklar göle kadar ulaşmaktadır. Bu kirletici kaynaklar arasında Tunçbilek Termik Santrali atığı, Garp Linyit İşletmelerinin atığı ve çeşitli sanayi (deri işleme, peynir işletmesi, mezbaha) kuruluşlarının atıkları sayılabilir (Dalkıran vd., 2006; Zünbülçil, 2015). En önemli kirletici kaynağı olarak ise madencilik faaliyetlerinin tüm havzayı ve buna bağlı olarak Kocaçay Deltası'nı etkilediği görülmektedir. Ayrıca Susurluk Havzasının jeolojik özellikleri de su kalitesi üzerinde etki yapmaktadır (Dalkıran vd., 2020). Susurluk Havzasındaki tüm kirletici kaynakların [Uluabat Gölü (Kesmez & Dalkıran, 2021; Semiz, 2014; Yurtseven & Randhir, 2020) Emet Çayı (Benzer, 2017; Omwene vd., 2019; Tokatlı vd., 2016) Mustafakemalpaşa Çayı (Dalkıran vd. 2020), Manyas Gölü (Çiçek vd., 2009), Simav Çayı (Gündüz vd., 2010)] etkileri daha önceki çalışmalarda ortaya konmuştur.

Yapılan bu çalışmada da bentik omurgasız faunası üzerine etki eden Bor mineralinin kaynağı Kütahya-Emet ve Mustafakemalpaşa-Kestelek'de bulunan Bor madenlerinden kaynaklanmaktadır. Kestelek maden işletmesi artık faaliyetine devam etmemektedir. Ancak işletildiği dönemlerde Bor madenciliğinin Orhaneli Çayı üzerine olumsuz etkileri tespit edilmiştir (Dalkıran, 2006; Semiz, 2014). Emet'teki Eti Maden Emet Bor İşletme

Müdürlüğü tarafından işletilen Bor madeninden kaynaklı Bor kirliliğinin yanında As'nin de Emet ve Orhaneli çaylarına (Omwene vd., 2019) ve Mustafakemalpaşa Çayı'na (Dalkıran vd., 2020) etkisi araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur. Bu akarsularda As'in tespit edilmesinin en temel sebebi bazı As-borat minerallerinin (terrujit ve kahnit) Kütahya-Emet Bor yataklarında bulunmasından kaynaklanmaktadır (Helvacı, 1984).

CCA analizinde, Bor ve As'in Kocaçay Deltası bentik omurgasızlarıyla ilişkili olduğu tespit edilmiştir (bkz. Şekil 4.38). Bor, korelasyon analizine göre MTS ve Diptera takson metrikleri ile negatif korelasyon gösterirken, Gastr [%] ile pozitif bir korelasyon sergilemiştir (bkz. Çizelge 4.7). Maier ve Knight (1991) yaptıkları mesocosm deneyinde artan Bor konsantrasyonlarının (20 mg/L) *Chironomus decorus* larvaları üzerine olumsuz etkilerini göstermişlerdir. Bor konsantrasyonu 6 mg/L'den fazla olduğunda suda yaşayan omurgasızlar üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu tahmin edilmektedir (Gersich, 1984). Mustafakemalpaşa Çayı'nda yapılan bir çalışmada Bor maksimum 20,86 mg/L, yıllık ortalama ise 9,32 mg/L olarak belirlenmiştir (Dalkıran vd., 2020). Kesmez ve Dalkıran (2021), Uluabat Gölü'nde yaptıkları çalışmada Bor derişiminin 0,17 - 8,62 mg/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise Bor, maksimum 3,57 mg/L, ortalama 1,23 mg/L (YO-ÇKS üzerinde) olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular Kocaçay Deltası sulakalanına giren Bor miktarını giderek artış gösterme nedenlerini açıklamaktadır.

Kocaçay Deltası'nda Bor kirliliği ulusal yönetmeliklerde belirlenen seviyenin üzerinde tespit edilmiş olmasına rağmen, bazı metriklerle Bor'un pozitif korelasyon göstermesi ve CCA analizinde Bor'un bentik omurgasızlarla ilişkili çıkması bize Kocaçay Deltası'nda Bor konsantrasyonlarının organizmalar üzerinde toksik etki yapmadığını hatta büyüme ve gelişmeleri üzerinde pozitif etki yaptığını düşündürmektedir. Bor'un bitkiler, hayvanlar ve hatta insanlar için esansiyel bir mikroelement olduğu bilinmektedir (Pizzorno, 2015). Kemik gelişimi, yara iyileşmesi, vücudun östrojen, testosteron ve D vitamini kullanımını olumlu yönde etkileri, Mg emilimini artırması gibi birçok faydası yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Hakki vd., 2010; Nielsen vd., 1987; Nzietchueng vd., 2002; Zofková vd., 2013). Ancak Emet Çayı'ndan kaynaklı Bor

kirliliği yıllara göre giderek artış göstermektedir (Omwene vd., 2019). İleriki yıllarda Bor kirliliği ile ilgili tedbirler alınmazsa Kocaçay Deltası'nda da Bor'un canlıların üzerine olumsuz etki yapabileceği düşünülmektedir. Ayrıca ilerleyen dönemlerde Bo'run deltada yaşayan canlılar üzerinde oluşturacağı etkilerin araştırılması da önem arz etmektedir.

As'nin bentik omurgasız indeksleriyle yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre olumsuz bir etkisinin görülmediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada bulunan maksimum As değeri (0,27 mg/L) yönetmelikte önerilen MAK-ÇKS (0,053 mg/L) değerlerinin üstünde belirlenmiştir. Ancak As yıllık ortalama değerine bakıldığında (0,04 mg/L) YO-ÇKS altında olduğu tespit edilmiştir (Resmi Gazete, 2016). Türkiye mevzuatında içme suları için sınır değer 10 µg/L olarak belirlenmiştir (Resmi Gazete, 2005). Su ürünleri yönetmeliğine göre ise As için belirlenmiş kabul edilebilir değer 100 µg/L mg/L'dir (Resmi Gazete, 1995). Atıksu arıtma tesisleri teknik usuller tebliğine göre arıtılmış atık suların sulama suyu olarak kullanılması halinde izin verilen maksimum konsantrasyon sınırı 100 µg/L olarak belirlenmiştir (Resmi Gazete, 2010). Ancak Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansına (IARC) göre As 1. grup kanser etmeni (Deri, karaciğer ve akciğer kanseri) olarak kabul edilmektedir (International Agency for Research on Cancer, 2011). As yüksek konsantrasyonlarının bentik omurgasız ve balıklar gibi sucul canlılarda yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yaptığı çeşitli çalışmalarda belirlenmiştir (Ahmet vd., 2013; Kumari vd., 2017). Kocaçay Deltası'nda belirlenen As seviyeleri ulusal mevzuata göre belirlenen sınır değerleri aşmadığı için Kocaçay Deltasındaki bentik omurgasızların üzerine şu an için olumsuz etkisi olmadığı düşünülmektedir.

Uluabat Gölü'nde son 20 yılda yapılmış çalışmalar gölün trofik seviyesinin ötrofikten (Dalkıran vd., 2006; Elmacı vd., 2007; Güneralp & Barlas, 2003) hiperötrofiğe (Elmacı vd., 2009; Kesmez & Dalkıran, 2021; Zünbülçil, 2015) doğru kaydığını göstermektedir. Manyas Gölü'nde yapılan son çalışmalar da gölün hiperötrofik karakterde olduğunu göstermektedir (Dorak vd., 2017; Köklü & Alkış, 2021; Özbayram vd., 2021). Hem 6. örnekleme noktasının hem de üç lagün gölünün TN ve TP'ye bağlı olarak ortalama Carlson TSI İndeksi sonuçlarınının 62'den büyük olması alanın hipertrofik seviyede

olduğunu göstermektedir. Susurluk havzasının altı alt havzasından (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018) kaynaklı yüksek N ve P besin tuzları yüklerinin havzanın tüm suyunun boşaldığı Kocaçay Deltası trofik seviyesini yüksek oranda etkilediği düşünülmektedir. Ayrıca Marmara Denizi'nde yapılan çalışmalar, Kocaçay Deresi'nin getirdiği kirlilik yükünün olumsuz etkilerini ortaya koymuştur (Akçaalan vd., 2022; Balkıs vd., 2012; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018; Tuğrul vd., 2015; Yüksek, 2016)

Bu çalışmada yüksek yüzdelerde bulunan Gastropoda taksonlarının (bkz. Şekil 4.23a) organik kirliliğe toleranslı olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (Alhejoj vd., 2017; Çabuk vd., 2004; Streble & Krauter, 1988). CCA analizine göre NO₃-N ve PO₄-P besin tuzlarıyla, 6. örnekleme noktasından örneklenen kirliliğe toleranslı gruplar *Bithynia* sp., *Physella acuta*, *Erpobdella punctata*, Nematoda ve Nematomorpha ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (bkz. Şekil 4.37). Alhejoj vd. (2017) yaptıkları çalışmada, *Physella acuta*'nın orta düzeyli kirliliğe ve düşük oksijen seviyelerine tolerans gösterdiğini ancak yüksek tuzluluk seviyelerinde yaşayamadıklarını tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada, bu taksonun 1. örnekleme noktasında her örnekleme döneminde (düşük ÇO seviyelerinde bile) bulunması ve tuzluluğun yükseldiği yaz aylarında m²/org sayısının azalması bu görüşü desteklemektedir. Yapılan çalışmalar uzun vadeli ötrofikasyon, su ve sediman kalitesinin bozulması, trofik değişiklik, sucul makrofitlerin kaybolması ve yaygın alg çoğalması gibi bir dizi süreçlerin göllerin bentik çeşitliliğini ve yapısını büyük oranda değiştirdiğini göstermiştir (Cai vd., 2011; Tews vd., 2004; Zhang vd., 2020). Birleşik Krallık hükümetinin gelecek 25 yıllık Paris raporunda, perifiton ve makroomurgasız topluluklarında su sütunlarındaki fosfor konsantrasyonları mevcudiyeti ile ekolojik yanıt arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur (Defra, 2008). Bu araştırmacılar çalışmalarında fosfor konsantrasyonları arttıkça taksonomik çeşitliliğin azaldığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, ortalama PO₄-P değerleri OECD kriterlerine göre IV., TP değerleri ise OECD kriterine göre III. sınıfa karşılık gelmektedir. Ancak bazı metriklerle PO₄-P arasındaki korelasyon ilişkisine bakıldığında (bkz. Çizelge 4.7) birçok indeksin PO₄-P ile anlamlı pozitif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bulgular çalışma döneminde alandaki fosfor değerlerinin bentik omurgasız faunası üzerinde destekleyici seviyede olduğunu göstermektedir. Ancak ilerleyen yıllarda fosfor konsantrasyonları artmasının fauna üzerinde olumsuz etki yapabileceği göz önüne

alınarak alanın ötrofikasyon ve fosfor seviyelerinin düzenli izlenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bu çalışmada tuzluluk ve Elektriksel İletkenliğin, (bkz. Çizelge 4.7) birçok tolerans ve çeşitlilik metrikleriyle, aynı zamanda takson sayısı ve birçok göl metrikleriyle negatif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Tuzluluğun bentik omurgasız kompozisyonu ve takson çeşitliliği üzerine etkileri birçok çalışmada ortaya konmuştur (Brucet vd., 2012; Piscart vd., 2005; Williams vd., 1990). Kipriyanova vd. (2007), bir gölde yaptıkları çalışmada tuzluluk arttıkça takson sayısının azaldığını ve zoobentik türlerin elimine olduğunu, ancak tuzluluk toleransı yüksek organizmalardan Polychaeta gibi eurybiontik türlerin yeni koşullara adapte olduğunu tespit etmişlerdir. Dalyan ve Arapçiftliği göllerinde Polychaeta kompozisyon yüzdelerinin fazla olması ve Poly [%], Crus [%] kompozisyon metriklerinin de tuzluluk ile pozitif korelasyon göstermesi bu bulguyu desteklemektedir.

Bu çalışmada birçok bentik omurgasız metriğiyle SO₄ ve Mg arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir. Özellikle tolerans ve çeşitlilik metriklerinde tespit edilen anlamlı negatif korelasyon dikkat çekici olmuştur. Bu negatif ilişkinin nedeninin SO₄ ve Mg'nin tuzluluk ve elektriksel iletkenliğe yaptıkları katkı olduğu düşünülmektedir. Çünkü deniz suyunda en çok bulunan altı iyon sırasıyla Cl⁻, Na⁺, SO₄²⁻, Mg²⁺, Ca²⁺ ve K⁺ iyonlarıdır (Mackenzie vd., 2022). SO₄ denizlere akarsu girişleriyle taşınmaktadır (Canfield, 2004). Ağırlık olarak bu iyonlar, tüm deniz tuzlarının yaklaşık yüzde 99'unu oluşturmaktadır. Aynı zamanda bu iki iyonun sadece Poly [%] ve Crus [%] metrikleri ile anlamlı pozitif korelasyon göstermesi (bkz. Çizelge 4.7) bu görüşümüzü desteklemektedir.

SIMPER içinde analizi sonuçlarına göre, yaptıkları katkı oranına göre sırasıyla Ostracoda, Oligochaeta, *Ectocyclops venterosus*, Gammaridae ve Chironomidae'nin alandaki en önemli bentik omurgasız taksonları oldukları sonucunu ortaya koymuştur (bkz. Şekil 4.41). Alanda tespit edilen bu beş taksonun yüzde kümülatif katkı oranı yaklaşık % 92 olmuştur. En büyük katkıyı yaklaşık % 42 ile Ostracoda yapmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda hayvanlar arasından sulakalan sağlığı indikatörlerinin % 70'inin omurgasızlar olduğunu tespit etmiştir (Sidding vd., 2016). Ostracodaların magnezyumlu kalsit kabuklu yapısıyla kolayca fosilleşmesi ve geçmiş bilgilerini korumasıyla, okyanuslardan geçici iç sulara ve yarı karasal habitatlara kadar tüm su kütlelerinde bulunabilmeleriyle, iyi gelişmiş yüzücü kıllarıyla değişen ortam şartlarından ve avcılarından kaçmak için yüzebilmeleriyle en önemli indikatör gruplardan olduğu düşünülmektedir (Yavuzatmaca, 2020). Bu çalışmada Ostracoda'nın m²/org sayısı aylara ve örnekleme noktalarına göre değişkenlik göstermiştir. Ostracoda, Şekil 4.38'de gösterilen ordinasyon eğrisinde T ve pH ile aynı ekseninde temsil edilmiştir. Aynı zamanda tuzluluk ile de yakın bir ilişki göstermiştir. Korelasyon analizi sonucunda Crus [%] ile tuzluluk pozitif bir ilişki göstermesi bunu kanıtlar nitelikindedir (bkz. Şekil 4.5). Çalışma dönemi boyunca birkaç istisna haricinde en sık görülen tür *Cyprideis torosa*, örnekleme periyodu boyunca hemen hemen tüm örneklerde tespit edilmiştir (Külköylüoğlu vd., 2023). *C. torosa*, çoğunlukla yüksek tuzlu (eurysaline), acı ve/veya deniz habitatlarında (Bronstein, 1947) ve daha az sıklıkla tatlı su habitatlarında (Hartmann, 1964) yaşamaktadır. *C. torosa* türünün çok geniş tuzluluk aralıklarında (19-34 ppt) (Cabral vd., 2016) yaşayan veya bunları tercih eden popülasyonları nedeniyle iyi bir indikatör tür olarak kullanılabileceği önerilmiştir (Frenzel vd., 2012). *C. torosa* ülkemiz ve birçok yurtdışı lagün gölerinde dominant tür olarak tespit edilmiştir (Altınsaçlı vd., 2018; Mischke vd., 2012; Percin-Pacal, 2019; Pint & Frenzel, 2017).

2. ve 5. örnekleme noktalarının tuzluluk oranları, kış döneminde itibaren (20.12.2018-04.04.2019) 5 ppt'nin altına düşmesiyle birlikte Ostracoda bireylerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Arapçiftliği Gölü'nden belirlenen 7. örnekleme noktasında yaz döneminde artan su sıcaklığı ve tuzluluk oranlarıyla Ostracoda birey sayısının da arttığı belirlenmiştir. Altınsaçlı vd. (2018) lagün gölünde yaptıkları çalışmalarında, *C. torosa* ile Eİ ve tuzluluğun pozitif korelasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. Poyraz ve Dalyan Göllerinin orta noktaları olan 3 ve 4 numaralı örnekleme noktalarında ise diğerlerinden istisnai bir durum ortaya çıkmıştır. Dönemsel olarak sıcaklık ve tuzluluk değerleri azalmış olsa da Ostracoda taksonlarının arttığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, Heip'in (1976)

artan sıcaklık (ve tuzluluk) ile ergin sayısının arttığı yönündeki genel görüşünü değiştirmez, ancak bunun ayrıntılı araştırılması gerektiği düşünülmektedir.

Tüm örnekleme noktalarında tespit edilen Oligochaeta (bkz. Şekil 4.24a), SIMPER içinde analizi sonucunda % 92'lik yüzde kümülatif katkı oranının yaklaşık % 20'sini sağlamıştır. Oligochaeta 1. ve 6. örnekleme noktaları içinde en çok katkı sağlayan organizma grubu olmuştur (> % 30). Oligochaeta taksonları organik kirliliği ve düşük oksijen seviyelerini tolere etme kabiliyetleriyle çok geniş habitat aralığında yaşayabilmektedir (Balian vd., 2008). Çalışmada yaz döneminde düşen ÇO seviyelerinde (1. örnekleme noktası 1,9 mg/L) alanda baskın gruplardan olması (bkz. Şekil 4.7) bu görüşü desteklemektedir. Çalışmada yüksek yüzdelerde bulunan Oligochaeta'nın organik kirliliğe karşı yüksek tolerans gösterdiği birçok çalışmada rapor edilmiştir (Mahmoud vd., 2018; Martins vd., 2008; Schenková & Helešic, 2006). Oligochaeta CCA ordınasyon grafiğinde Bor ve tuzlulukla aynı ekseninde temsil edilmiştir (bkz. Şekil 4.38). Bor'un belirli bir seviyeye kadar canlılar üzerinde pozitif etkisi olduğu için ve/veya Oligochaeta taksonlarının toleransı yüksek canlılar olduğu için ilişkili çıktığı düşünülmektedir. Berezina (2003), Oligochaeta taksonlarının geniş bir tuzluluk yelpazesine karşı toleranslı euryhaline türleri olduğunu bildirmiştir. Çalışmada Oligochaeta tüm lagün göllerinde tespit edilmiş olmasına rağmen özellikle 2. ve 3. örnekleme noktalarında kümülatif orana en çok katkıyı yapan taksonlardan olmuştur (> % 20).

Ecrobia ventrosa, The International Union for Conservation of Nature [IUCN] listesine göre asgari endişe altındaki türler (LC-Least concern) sınıfında bulunan (IUCN, 2022) nehir ağzı, lagün, acı su ve deniz habitatlarını (Jokinen, 1992) tercih eden çamurlu ve alg ortamlarında yaşayan bir türdür (Jeffreys & Sowerby, 2017). *E. ventrosa* ağırlıklı olarak lagün örnekleme noktalarında tespit edilmiş olsa da 1. ve 6. örnekleme noktalarında da bulunmuştur. Denizden yükselen su seviyelerinde veya ilkbahar gelgitlerinde aktığı göletlerde de yaşamaktadır (Jeffreys & Sowerby, 2017). 1. örnekleme noktasında 28.05.2018 ve 17.01.2019 tarihlerinde lagünlerde yükselen su seviyesiyle örnekleme alanına ulaştığı düşünülmektedir. 6. örnekleme noktasında da sadece 02.08.2018 1 birey ile temsil edilmiş olması buraya dışardan bir etkenle

taşınabileceğini düşündürmektedir. SIMPER içinde analizi sonucunda alana en çok katkı (% 10) sağlayan taksonlardan olmasıyla çalışma için önem arz eden taksonlardan biri olmuştur. Bu türün CCA ordinasyon grafiğinde pH ve tuzluluk ile yakın ilişki içinde olduğu da görülmektedir (bkz. Şekil 4.38). *E. ventrosa* bireylerinin alkali pH'yı tercih ettikleri bilinmektedir (Jokinen, 1992). Çalışma alanının ortalama pH'ı 8,28 ile hafif alkali olarak belirlenmiştir (bkz. Çizelge 4.1). Fenchel (1975), *E. ventrosa* türlerinin geniş tuzluluk aralığında yaşadığını (2–26 ppt) bildirmişlerdir. Çalışma alanında bulunan lagün göllerindeki tuzluluk 1-29 ppt arasında değişmiştir (bkz. Şekil 4.4). Bu veriler lagün göllerindeki tuzluluğun *E. ventrosa* için ideal bir yaşama ortamı sunduğunu düşündürmektedir. Lagün göl ortası örneklemelerinde sonbahar döneminde (05.09.2018-24.10.2018) artan tuzluluk değerleriyle birlikte m²/org sayılarının azaldığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, Gast [%]'nın tuzlulukla negatif korelasyon göstermesini de anlamlı kılmaktadır (bkz. Çizelge 4.7). *E. ventrosa*, lagünlerin kıyı bölgeleri göl ortası örnekleme noktalarına göre nispeten daha düşük m²/org sayılarında tespit edilmiştir (7. örnekleme hariç). Kış döneminde ise tüm kıyı örneklemelerinde düşük m²/org sayılarında tespit edilmiştir.

Gammaridae tatlı su, acı su ve denizel habitatlara kadar geniş bir dağılım gösteren euryhaline bir organizma grubudur. Littoral zonda bulunan, profundal zonda yaşamayan ancak bu alanlara sürüklenebilen canlılardır. Çalışmada göl ortası örneklemelerinde birkaç dönemde düşük m²/org'da tespit edilmiştir. Ancak Gammaridae, lagün göllerinin kıyı örnekleme noktalarında kümülatif orana en çok katkı sağlayan gruplardan olmuştur (bkz. Şekil 4.41 ve Şekil 4.42). Gammaridae çok çeşitli kimyasal strese karşı hassas oldukları için toksisite deneylerinde sıklıkla kullanılan bir organizma grubudur. Davolos (2015), yaptıkları çalışmada As değerlerinin etkisini incelemiştir. Arsenat'a 240 saat maruz kaldıktan sonra *Gammarus elvirae* için (LC₅₀ değeri 1000 µg/L) % 1 mortalite gözlenirken, maruz kalma süresi uzatıldığında As toksisitesinin arttığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmada da CCA ordinasyon grafiğinde Gammaridae ile As arasında negatif ilişkili olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 4.38). Ayrıca Crus [%] metriği, Eİ ve tuzluluk ve tuzlulukla ilişkili olan Mg ve Ca elementleriyle pozitif korelasyon göstermiştir (bkz. Çizelge 4.7). CCA grafiğinde tuzluluğun Gammaridae ile aynı

eksende olmasında ve lagün kıyı noktalarında dönem dönem $m^2/organ$ sayılarının bir hayli artmasında tuzluluğun rolü olabileceğini düşündürmektedir.

Yaklaşık % 10 katkı ile yüzde kümülatif orana katkı sağlayan taksonlardan biri de Chironomidae olmuştur. Tatlı su karakterindeki 1. ve 6. örnekleme noktalarında en önemli katkı sağlayan taksonlar olarak belirlenmişlerdir (Sırasıyla % 17 ve % 12). Lagün göllerinde ise sadece 4. örnekleme noktasında (% 7) ve 5. örnekleme noktasında (% 6) katkı sağladıkları tespit edilmiştir. Chironomidae, 5 600 m yükseklikteki Himalayalar'daki su kaynaklarından, sıfırın altındaki glasier göllere, yüksek tuzluluktaki hypersaline göllerine kadar çok geniş habitat aralıklarında yaşayan ve yüksek bolluklara ulaşan organizmalardır (Huang & Cheng, 2011; Kohshima, 1984; Sæther, 1987). 7. örnekleme noktasında çalışma döneminin maksimum (29 ppt) görüldüğü tuzluluk oranlarında bile tespit edilmesi bu görüşü desteklemektedir.

Bentik omurgasızların işlevleri, hidrolojik koşullar ve deniz suyunun kontrolsüz girme derecesi ile yakından ilişkilidir (Netto vd., 2012). Dönem dönem açılan veya kapalı olan lagünlerde meydana gelen çevresel değişiklikler omurgasız kolonizasyonunu etkileyebilir. Ancak özellikle tatlı su karakterindeki 1. ve 6. örnekleme noktalarında yaz döneminde artan tuzluluk oranlarında (bkz. Şekil 4.4) takson sayılarında azalma görülmektedir. Lagün göllerinde ise en yüksek tuzluluk oranları birkaç istisna haricinde 05.09.2018 ve 27.09.2018 aylarında (bkz. Şekil 4.4) kaydedilmiş ve düşük takson sayıları gözlenmiştir (bkz. Şekil 4.25). Bu tarihlerde yağış oranı yüksek (bkz. Şekil 4.3) olduğu için alandaki debi yükselmesini engellemek için kanalın açılmış olması da buradaki bentik omurgasız yapısını etkileyebileceğini düşündürmektedir. Değişen iyon konstrasyonları canlılardaki üremeyi sınırlayabilir ve hatta uygun morfolojik ve/veya anatomik adaptasyon eksikliği nedeniyle ölümlerine de sebep olabileceği söylenmiştir (Obolewski vd., 2018).

Artan tuzluluğun, toleransı düşük olan Trichoptera (Piscart vd., 2005), Plecoptera (Timpano vd., 2018), Ephemeroptera (Castillo vd., 2018) gibi taksonların biyo / ekolojik yapısını etkilediğini gösteren çalışmalarla kanıtlanmıştır. Tatlı su karakterindeki sadece 1. ve 6. örnekleme noktalarında tespit edilmiş olan toleransı

düşük Trichoptera ve Ephemeroptera taksonlarının tuzluluğun arttığı yaz dönemlerinde alanda görülmemesi ve Plecoptera gibi taksonların hiç tespit edilmemesinin sebeplerinin bu nedenler olabileceğini düşündürmektedir. Sucul böcek larvalarının denizlerde ya da tuzlu sularda bulunmamasının en önemli nedeni tuz konsantrasyonunun ‰ 2,5 üzerine çıktığında bu canlılara toksik etki yapmasından kaynaklanmaktadır. Tatlı su Mollusca türlerinin acı su karakterinde haliçlerde bulunduğu, *Physa* gibi bazı cinslerin tuzluluğa dirençli olduğu çeşitli araştırmalarda gösterilmiştir (Cieplak & Spyra, 2020; Kefford & Nuggeoda, 2005). Bazı Hemiptera ve Coleoptera türlerinin, bazı Diptera larva ve pupaları ile bazı Trichoptera larvalarının denizel ortamlarda yaşadığı çeşitli araştırmalarda rapor edilmiştir.

Yaz aylarında buharlaşmanın çok olması ve Arapçiftliği ve Dalyan Gölü kıyı setlerinde iş makinalarıyla açılan kanallar sebebiyle göllerde tuzluluğun arttığı görülmüştür. Arapçiftliği Gölünde tuzluluk seviyelerinin 28 ppt'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Alandaki lagün göllerinde, dönem dönem artan tuzlulukla birlikte (bkz. Şekil 4.4) Sphaeromatidae, Balanidae ve Medusozoa (deniz anası) gibi denizel türler gözlenmiş ve Polychaeta taksonlarının önemli sayıda m²/org ulaştığı tespit edilmiştir (bkz. Şekil 4.23b).

Poliketler, acı su bentik fauna arasında, uzun zamandır tür bolluğu ve biyokütle açısından önemli bir bileşen olarak kabul edilmektedir (Cognetti, 1972; Sordino vd., 1989; Cottiglia vd., 1983). Sordino vd. (1989), Polychaeta taksonlarının yaz döneminde önemli ölçüde sayılarının azaldığını söylemişlerdir. Yapılan çalışmada da lagün göllerinde yaz döneminde birkaç istisna haricinde bu bulgu desteklenmiştir (Dalyan Gölü 02.08.2018 ve 05.09.2018 hariç). Polychaetalar tuzlu ortamlarda yaşayan osmoconformer (vücut sıvılarının ozmolaritesi deniz suyuna benzer) özellikte canlılar olarak bilinir (Freitas vd., 2015). Bu çalışmada Polychaeta'nın Eİ, Ca, Mg ve tuzlulukla pozitif korelasyon göstermesi (bkz. Çizelge 4.7) bu bulguları desteklemektedir.

Dügel (2016), Tatlı Sularda (Nehir-Göl) Bentik Makroomurgasız Kılavuz Dokümanında göller için 2 metrik önerilmiştir. Bunlar BMWP-SP ve Margalef Çeşitlilik İndeksi'dir. Yapılan çalışmada göl örnekleme noktalarında BMWP-SP'ye göre su kalite sınıfı 7.

örnekleme noktası hariç (IV. sınıf) hepsinde V. sınıf su kalitesinde hesaplanmıştır. 1. örnekleme noktası ise en yüksek skor değerlerine ulaşmış ve ortalama II. sınıf; 6. örnekleme noktası ise III. sınıf su kalitesinde belirlenmiştir. Margalef Çeşitlilik İndeksi sonucu ne kadar yüksekse bir alan o kadar yüksek tür zenginliğine sahip demektir (Margalef, 1958). Margalef Çeşitlilik İndeksi sonuçları ortalamalarının 1. örnekleme noktasında en yüksek sayılara ulaştığı tespit edilmiştir (bkz. Şekil 4.27b). Göllerde ise Margalef İndeksinin 1'in üzerine çıkmadığı görülmüştür (5. örnekleme noktası 30.03.2018 hariç). Bu kılavuz dokümana göre 8 havzada indeks geliştirme çalışmaları tamamlanmış ve diğer havzalarda çalışmalar tamamlanana kadar nehirler için önerilen indekslerin kullanılabilmesi belirtilmiştir. Çalışma alanı Susurluk Havzasında henüz bir indeks çalışması olmadığı için kılavuzda verilen tabloda Kuzey Ege Havzası verilerinin kullanılabilmesi söylenmiştir. Kuzey Ege Havzası nehirler için önerilen indeksler ise BMWP-SP, Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi ve EPT Taxa (%)'dir. Çalışmada, 6. örnekleme noktasında BMWP-SP 7-34 skorları arasında değişmiş ortalama 11 ile IV. sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir. H' değeri ise ortalama 1,36 hesaplanmıştır (En yüksek 05.09.2018'de 1,73). EPT [%] ve EPT takson sayısı çalışmada değerlendirilmiş ancak Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera taksonları çok az veya hiç tespit edilememiştir. Bu sebeple anlamlı çıkmamıştır.

Tuzluluk, dünya çapında sulardaki biyolojik çeşitliliği şekillendiren temel çevresel parametrelerden biridir (Reid vd., 2019). Antropojenik faaliyetler (örneğin, tarım, su ve kaynak kullanımı, yol tuzlama, iklim değişikliği) tatlı su ekosistemlerinin tuzluluğunun artmasına sebep olarak su topluluklarının yapısını ve işleyişini değiştirme potansiyeline sahiptir (Cunillera-Montcusí vd., 2022). Yapılan çalışmada belirlenen tuzluluğun birçok bentik metrikle negatif korelasyon göstermesi ve CCA analizinde anlamlı bir çevresel değişken olması tuzluluğun bize çalışma alanı için en önemli çevresel değişken olduğunu göstermektedir. Ayrıca Kocaçay Deresi'ne boşalan Susurluk Havzası orijinli kirleticilerinin alandaki tüm örnekleme noktalarının hiperötrofik seviyede olmasına etki ettiği düşünülmektedir. Bu doğrultuda alandaki tuzluluk değişiminin ve Kocaçay Deresi'ndeki kirletici miktarlarının düzenli takip edilmesi gerektiğini düşünülmektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda alanın korunması için önerilen bazı hususlar aşağıda sıralanmıştır. Kocaçay Deresi'ne boşalan Susurluk Havzası kaynaklı kirleticilerin

düzenli takibi ve bu baskıların azaltılması için gerekli önlemler alınmalı, Kocaçay Deltası çevresindeki yerleşim yerlerinde bilinçlendirme çalışmaları yapılmalı, Arapçiftliği Gölü ve Dalyan Gölü'nde kaçak kanal açılmasını engellenmelidir. Kocaçay Deltası çok fazla biyolojik çalışmaya ev sahibi olması gereken eşsiz bir bölgedir. Arazi koşullarının zor ve maliyetin fazla olması çalışmaların önündeki en önemli engellerdendir. Ancak bu engeller ortak projelerle, multidisipliner çalışmalarla çözümlenerek çok daha kapsamlı çalışmalar yapılabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda Tarım ve Orman Bakanlığı 2. Bölge Müdürlüğü tarafından düzenlenen Kocaçay Deltası Sulak Alan Yönetim Planına tüm tarafların harfiyen uyması gerektiği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Akay, E. (2015). *Yalakdere (Yalova) Bentik Makroomurgasızlarının Biyolojik Su Kalitesinin Değerlendirilmesinde Kullanılması* [Yüksek Lisans Tez, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Bursa.
- Akay, E., & Dalkıran, N. (2020). Assessing biological water quality of Yalakdere stream (Yalova, Turkey) with benthic macroinvertebrate-based metrics. *Biologia*, 75(9), 1347-1363.
- Akay, E. , Kander, S., & Topaç Şağban, F. O. (2019). Ayvalı Deresinin kirlilik potansiyelinin belirlenmesi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 5(2), 142-146. <https://doi.org/10.17216/limnofish.469252>
- Akbulut, N., & Tavşanoğlu, Ü. N. (2018). Impacts of environmental factors o zooplankton taxonomic diversity in coastal lagoons in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 42(1), 68-78.
- Akçaalan, R., Kaleli, A., & Köker, L. (2022). Distribution of marine benthic diatoms on the coasts of the sea of Marmara and their responses to environmental variables. *Journal of Marine Systems*, 234, 103780. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2022.103780>
- Akyildiz, G. K., & Duran, M. (2021). Evaluation of the impact of heterogeneous environmental pollutants on benthic macroinvertebrates and water quality by long-term monitoring of the buyuk menderes river basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(5), 280.
- 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.
- Alhejoj, I., Bandel, K., & Salameh, E. (2017). *Aquatic mollusks: occurrences, identification and their use as bioindicators of environmental conditions (salinity, trace elements and pollution parameters) in Jordan*. In *Water Resources in Arid Areas: The Way Forward* (s. 295-318). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51856-5_17
- Almas, F. F., Bezirci, G., Çağan, A. S., Gökdağ, K., Çırak, T., Kankılıç, G. B., Paçal, E., & Tavşanoğlu, Ü. N. (2022). Tracking the microplastic accumulation from past to present in the freshwater ecosystems: A case study in Susurluk Basin, Turkey. *Chemosphere*. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135007>
- Altınşaçlı, S., Yardımcı, C. H., Altınşaçlı, S., & Paçal, F. P. (2017). The species list belonging to some benthic invertebrate groups in a coastal lagoon: Kamil Abduş Lagoon (Istanbul, Turkey). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(6), 307-313.
- Altınşaçlı, S., Paçal, F. P., & Altınşaçlı, S. (2018). Assessments of environmental variables affecting the spatiotemporal distribution and habitat preferences of living Ostracoda (Crustacea) species in the Enez Lagoon Complex (Enez-Evros Delta, Turkey). *Ecologica Montenegrina*, 19, 130-151. <https://doi.org/10.37828/em.2018.19.14>
- American Public Health Association (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (20th ed.). Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation, 3-37.

- AnimalBase Project Group, (2022, 27 Kasım). *AnimalBase*. Early zoological literature online. - World wide web electronic publication. www.animalbase.uni-goettingen.de
- AQEM / STAR Ecological River Classification System, (2002). <http://www.fliessgewaesserbewertung.de/>. 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.
- Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J. F., & Furse, M. T. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water research*, 17(3), 333-347. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(83\)90188-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(83)90188-4)
- Arslan, A. B. (2015). *Su Çerçeve Direktifine Göre Biyolojik Kalite Unsuru: Bentik Makroomurgasız* [Uzmanlık tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı].
- Aslan, H., Gönülal, O., Can-Yılmaz, E., Elipek, B., Baytut, Ö., Tosunoğlu, M., Karabacak E., & Kurt, Y. (2018). Species diversity in lentic, lotic, marine and terrestrial biotopes of Gokceada Salt Lake wetland (Canakkale, Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5).
- Atalay, I., Ekinci, D., & Bayrak, A. G. M. (2015). Türkiye Kıyılarındaki Bazı Sulak Alanların Antropojenik Süreçlere Bağlı Ekolojik Sorunları Ecological Problems Based on Anthropogenic Process of Some Coastal Wetlands in Turkey. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu: Samsun, Turkey*.
- Aydın, G. B., Gürevin, C., & Öterler, B. (2022). The Determination of Trophic Level of Küçükçekmece Lagoon Lake (İstanbul, Türkiye) by Using Some Environmental Variables with Indicator Benthic Macroinvertebrates Findings. *Acta Aquatica Turcica*, (1),13-14. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1113769>
- Balian, E.V., Lévêque, C., Segers, H., & Martens, K. (2008). Freshwater Animal Diversity Assessment. *Springer Science & Business Media*. s. 119.
- Balkıs, N., Toklu-Aliçli, B., & Balcı, M. (2012). Evaluation of ecological quality status with the Trophic Index (TRIX) values in the coastal waters of the Gulfs of Erdek and Bandırma in the Marmara Sea. *In Ecological water quality-water treatment and reuse*. <https://doi.org/10.5772/33698>
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological monographs*, 81(2), 169-193. <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, 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. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.*
- Başçınar, N. S., Gözler, A. M., Jafarova, E. E., Erbay, M., Akpınar, İ. Ö., Atıgan, E., Aytan, Ü., Misira, D. S., & Zengin, B. (2020). Spatial and temporal variations in the species composition and abundance of benthic macroinvertebrates along the coast of the Eastern Black Sea. *Marine Biology Research*, 16(6-7), 480-493. <https://doi.org/10.1080/17451000.2020.1805469>
- Baytaşoğlu, H., & Gözler, A. M. (2021). Evaluation of water quality of Çoruh River Basin (Turkey) using some biotic indices. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(4), 399-409. <https://doi.org/10.12714/egejfas.38.4.01>

- BS (2012). Water quality — Guidance on pro-rata Multi-Habitat sampling of benthic macroinvertebrates from wadeable rivers. The British Standards Institution. BS EN 16150:2012.
- Berezina, N. A. (2003). Tolerance of freshwater invertebrates to changes in water salinity. *Russian Journal of Ecology*, 34(4), 261-266. <https://doi.org/10.1023/A:1024597832095>
- Borja, A., Franco, J., & Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine pollution bulletin*, 40(12), 1100-1114. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00061-8](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00061-8)
- Böhmer, J., Rawer-Jost, C., Zenker, A., Meier, C., Feld, C. K., Biss, R., & Hering, D. (2004). Assessing streams in Germany with benthic invertebrates: Development of a multimetric invertebrate based assessment system. *Limnologica*, 34(4), 416-432. [https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(04\)80010-0](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(04)80010-0)
- Brucet, S., Boix, D., Nathansen, L. W., Quintana, X. D., Jensen, E., Balayla, D., Meerhoff, M., & Jeppesen, E. (2012). Effects of temperature, salinity and fish in structuring the macroinvertebrate community in shallow lakes: implications for effects of climate change. *PloS one*, 7(2), e30877. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030877>
- Cabral, M. C., Lord, A. R., Dambeck, R., & Kunst, M. (2016). Ostracod evidence for the Neolithic environment of Rio Sizandro, Portugal: part 2. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 96(4), 541-557. <https://doi.org/10.1007/s12549-016-0240-5>
- Cai, Y., Gong, Z., & Qin, B. (2011). Influences of habitat type and environmental variables on benthic macroinvertebrate communities in a large shallow subtropical lake (Lake Taihu, China). *In Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 47(1), 85-95. <https://doi.org/10.1051/limn/2010028>
- Canfield, D. E. (2004). The evolution of the Earth surface sulfur reservoir. *American Journal of Science*, 304, 839–861. <https://doi.org/10.2475/ajs.304.10.839>
- Carlson R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 361-369. <https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361>
- Castillo, A. M., Sharpe, D. M. T., Ghalambor, C. K. & De Leon, L. F. (2018). Exploring the effects of salinization on trophic diversity in freshwater ecosystems: a quantitative review. *Hydrobiologia*, 807, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3403-0>
- Chandler, J. R. (1970). A biological approach to water quality management. *Water Pollution Control*, 69, 415-22
- Cognetti, G. (1972). Distribution of polychaeta in polluted waters. *Review Oceanography Médi.*, 25, 23-34.
- Cottiglia, M., Tagliasacchi Masala, M. L., & Serra, E. (1983). Relations trophiques dans une lagune littorale tyrrhenienne. *The Mediterranean Science Commission*, 28, 151-153.
- Cunillera-Montcusí, D., Beklioğlu, M., Cañedo-Argüelles, M., Jeppesen, E., Ptačnik, R., Amorim, C. A., ... & Matias, M. (2022). Freshwater salinisation: a research agenda for a saltier world. *Trends in Ecology & Evolution*, (37),5, 440-453. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.12.005>
- Çabuk, Y., Arslan, N., & Yılmaz, V. (2004). Species composition and seasonal variations of the Gastropoda in Upper Sakarya River System (Turkey) in relation

- to water quality. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 32(6), 393-400. <https://doi.org/10.1002/ahch.200300544>
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2018). *Marine Quality Bulletin Marmara Sea*. Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2019, 10 Haziran). *Bursa İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu*. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/bursa_2018_cdr_son-20190726135329.pdf
- Cieplik, A., & Spyra, A. (2020). The roles of spatial and environmental variables in the appearance of a globally invasive *Physa acuta* in water bodies created due to human activity. *Science of the Total Environment*, 744, 140928. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140928>
- Çınar, M. E., Bakır, K., Öztürk, B., Katağan, T., Dağlı, E., Şermin, A., Doğan, A., & Bakır, B. B. (2015). TUBI (Turkish Benthic Index): A new biotic index for assessing impacts of organic pollution on benthic communities. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 21(2), 135-168.
- Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., & Arslan, N. (2009, 1-5 Kasım). *Heavy metal concentration in fish of Lake Manyas*. 13th World Lake Conference, China.
- Dalkıran, N. (2006). *Orhaneli Çayı'nın epilitik diyatomeleleri ile bentik omurgasızlarının ilişkilendirilmesi yoluyla kirlilik düzeyinin saptanması*. [Doktora Tez, Uludağ Üniversitesi]. Bursa.
- Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Dere, Ş., Şentürk, E., & Torunoğlu, T. (2006). Factors affecting the current status of a eutrophic shallow lake (Lake Uluabat, Turkey): Relationships between water physical and chemical variables. *Chemistry and Ecology*, 22(4), 279-298. <https://doi.org/10.1080/02757540600856229>
- Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Mestik, D. T., Karabayırlı, G., Sevil, A., Koşucu, A. T. N., Firuze, C., & Akay, E. (2020). Mustafakemalpaşa Çayı'nın (Bursa) su kalitesinin faktör analizi kullanılarak değerlendirilmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 16(1), 124-137. <https://doi.org/10.22392/actaquat.610888>
- Davolos, D., Chimenti, C., Ronci, L., Setini, A., Iannilli, V., Pietrangeli, B., & De Matthaeis, E. (2015). An integrated study on *Gammarus elvirae* (Crustacea, Amphipoda): perspectives for toxicology of arsenic-contaminated freshwater. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(20), 15563-15570. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4727-9>
- De Pauw, N., & Vanhooren, G. (1983). Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100, 153-168. <https://doi.org/10.1007/BF00027428>
- Defra (2008). *Linking agricultural land use and practices with a high risk of phosphorus loss to chemical and ecological impacts in rivers* (Project code: PE0116). Department for Environment, Food & Rural Affairs.
- Dorak, Z., Koker, L., Sağlam, O., Akcaalan, R., & Albay, M. (2017). Determination of zooplankton community structure, biomass and trophic state of a shallow turbid lake. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(1-A), 834-845.
- Dorum, A., Yazar, A., Sevimli, M. F., & Onüçyıldız, M. (2010). Modelling the rainfall-runoff data of Susurluk Basin. *Expert Systems with Applications*, 37(9), 6587-6593. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.02.127>
- 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.
- Egessa, R., Pabire, G. W., & Ocaya, H. (2018). Benthic macroinvertebrate community structure in Napoleon Gulf, Lake Victoria: effects of cage aquaculture in eutrophic lake. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(3), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6498-5>
- Elliot, J. M., & Mann, K. H. (1998). *A key to the British freshwater leeches*. Freshwater Biological Association.
- Elmacı, A., Özençin, N., Teksoy, A., Topaç Şağban, F., & Baskaya, H. (2009). Evaluation of trophic state of lake Uluabat, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 30(5), 757-60.
- Elmacı, A., Teksoy, A., Topac, F. O., & Özençin, N. (2007). Assessment of heavy metals in Lake Uluabat, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 6(19).
- Ertan, K. T. (1996). The birds of Kocaçay Delta. *Birds of Turkey*, 12, 1-44.
- Ertas, A., Boz, T., & Tüney Kızılkaya, I. (2021a). Comparative analysis of benthic macroinvertebrate-based biotic and diversity indices used to evaluate the water quality of Kozluoluk Stream (West Anatolia of Turkey). *Community Ecology*, 22(3), 381-390. <https://doi.org/10.1007/s42974-021-00061-8>
- Ertas, A., Yaşartürk, M., Tuğba, B., & Kızılkaya, İ. T. (2021b). Evaluation of the water quality of Karabal Stream (Gediz River, Turkey) and comparative performance of the used indices. *Acta Aquatica Turcica*, 17(3), 334-349. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.819579>
- Ertas, A., Yaşartürk, M., Yorulmaz, B., & Sayim, F. (2022). Evaluation of the Water Quality of the Ilke Stream According to Biotic Indices Based on Benthic Macroinvertebrates (West Anatolia, Turkey). *Contemporary Problems of Ecology*, 15(5), 541-551. <https://doi.org/10.1134/S199542552205002X>
- Etemi, F. Z., Bytyçi, P., Ismaili, M., Fetoshi, O., Ymeri, P., Shala–Abazi, A., Muja-Bajraktari, N., & Czikkely, M. (2020). The use of macroinvertebrate based biotic indices and diversity indices to evaluate the water quality of Lepenci river basin in Kosovo. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 55(6), 748-758. <https://doi.org/10.1080/10934529.2020.1738172>
- European Commission, (2007). *LIFE Focus / LIFE and Europe's wetlands: Restoring a vital ecosystem*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. <https://doi.org/10.2779/22840>
- Fenchel, T. (1975). Character displacement and coexistence in mud snails (Hydrobiidae). *Oecologia*, 20, 19-32. <https://doi.org/10.1007/BF00364319>
- Fierro, P., Hughes, R. M., & Valdovinos, C. (2021). Temporal Variability of Macroinvertebrate Assemblages in a Mediterranean Coastal Stream: Implications for Bioassessment. *Neotropical Entomology*, 50(6), 873-885. <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00900-3>
- Fouad, M., Bessi, H., Benhra, A., & Bouhallaoui, M. (2019). The benthic community used as bioindicator for assessment of the quality of a Moroccan coastal ecosystem: Moulay Bouselham Lagoon. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8, 127-13. <https://doi.org/10.17577/IJERTV8IS030068>
- Freitas, R., Pires, A., Velez, C., Almeida, Â., Wrona, F. J., Soares, A. M., & Figueira, E. (2015). The effects of salinity changes on the Polychaete *Diopatra neapolitana*:

- impacts on regenerative capacity and biochemical markers. *Aquatic Toxicology*, 163, 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.04.006>
- Frenzel, P., Schulze, I., & Pint, A. (2012). Noding of *Cyprideis torosa* valves (Ostracoda)—a proxy for salinity? New data from field observations and a long term microcosm experiment. *International Review of Hydrobiology*, 97, 314-329. <https://doi.org/10.1002/iroh.201211494>
- Gersich, F. M. (1984). Evaluation of a static renewal chronic toxicity test method for *Daphnia-magna* Straus using boric-acid. *Environmental Toxicology & Chemistry*, 3(1), 89-94. <https://doi.org/10.1002/etc.5620030111>
- Ghetti, P. F. (1997). Manuale di applicazione Indice Biotico Estesio (IBE). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. *Provincia Autonoma di Trento, Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente*, 1-22.
- 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.
- 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, Göttingen
- Glöer, P. (2019). The freshwater gastropods of the West-Palaeoarctis. Volume I. Fresh- and brackish waters except spring and subterranean snails: Identification key, anatomy, ecology, distribution. Hetlingen: Biodiversity Research Lab.
- Gök, C. (2014). *Su Çerçeve Direktifine Göre Kimyasal İzleme ve Türkiye'deki Uygulamaların Değerlendirilmesi* [Uzmanlık tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü]. Ankara.
- Grall, J., & Glémarec, M. (1997). Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44(1), 43-53. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(97\)80006-6](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(97)80006-6)
- Gül, E. (2021). *Farklı İki Lagün Sisteminde (Samsun, Gıcı ve Karacabey, Dalyan) Fizikokimyasal Parametrelere Bağlı Olarak Zooplankton Biyokütle Değişiminin İncelenmesi*. [Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi]. Ankara.
- Gündüz, O., Şimsek, C., & Hasozbek, A. (2010). Arsenic pollution in the groundwater of Simav Plain, Turkey: its impact on water quality and human health. *Water, Air, and Soil Pollution*, 205(1), 43-62. <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0055-3>
- Güneralp, B., & Barlas, Y. (2003). Dynamic modelling of a shallow freshwater lake for ecological and economic sustainability. *Ecological Modelling*, 167(1-2), 115-138. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(03\)00172-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00172-8)
- Hakkı, S. S., Bozkurt, B. S., & Hakkı, E. E. (2010). Boron regulates mineralized tissue-associated proteins in osteoblasts (MC3T3-E1). *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 24(4), 243-250. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2010.03.003>
- Hartmann, G. (1964). Das Problem der Buckelbildung auf Schalen von Ostracoden in ökologischer und historischer Sicht (Mit Bemerkungen zur Fauna des Trasimenischen Sees). *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut (Kosswig-Festschrift)*, 61, 59-60.

- Heip, C. (1976). The life-cycle of *Cyprideis torosa* (Crustacea, Ostracoda). *Oecologia*, 24, 229-245. <https://doi.org/10.1007/BF00345475>
- Hellawell, J. M. (1978). *Biological surveillance of rivers*. Water Research Center, Stevenage, England.
- Helvacı, C. (1984). Occurrence of rare borate minerals: Veatchite-A, tunellite, teruggite and cahnite in the Emet borate deposits, Turkey. *Mineralium Deposita*, 19 (3), 217-226. <https://doi.org/10.1007/BF00199788>
- Hering, D., Moog, O., Sandin, L., & Verdonschot, P. F. (2004). Overview and application of the AQEM assessment system. *Hydrobiologia*, 516, 1-20. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000025255.70009.a5>
- Hering, D., Johnson, R. K., Kramm, S., Schmutz, S., Szoszkiewicz, K., & Verdonschot, P. F. (2006). Assessment of European streams with diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish: a comparative metric-based analysis of organism response to stress. *Freshwater Biology*, 51, 1757–1785. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01610.x>
- Hilsenhoff, W. L. (1987). An improved biotic index of organic stream pollution. *Great Lakes Entomologist*, 20, 31–40.
- Hilsenhoff, W. L. (1988). Rapid field assessment of organic pollution with a family-level Biotic Index. *Journal of the North American Benthological Society*, 7, 65–68.
- Hisli, O., Balkıs, H., & Mülayim, A. (2022). Macrobenthic Invertebrates of the Hersek Lagoon (Marmara Sea, Turkey) under Pollution Pressure. *Acta Zoologica Bulgarica*, 1-9.
- Huang, D., & Cheng, L. (2011). The flightless marine midge *Pontomyia* (Diptera: Chironomidae): ecology, distribution, and molecular phylogeny. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 162(2), 443-456. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2010.00680.x>
- Hyangya, B. L., Kankonda, A. B., Dusabe, M. C., Murhimanya, J. D. K., Kaningini, B. M., & Masilya, P. M. (2021). Choice of benthic macroinvertebrate-based metrics for assessing water quality in the littoral zone under anthropogenic disturbance in southern Lake Kivu (East Africa). *Ecohydrology*, 15 (8), e2468. <https://doi.org/10.1002/eco.2468>
- Integrated Taxonomic Information System. (2022, 27 Kasım). *ITIS. Integrated Taxonomic Information System*. <https://www.itis.gov/>
- International Agency for Research on Cancer. (2011). Arsenic, metals, fibres, and dusts: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, volume 100C.
- Irtem, E., & Saçın, Y. (2012). Investigation of Lagoon lakes in Kocacay delta by using remote sensing method. *Journal of Environmental Biology*, 33(2), 487-492.
- IUCN. (2022, 20 Aralık). *Ecrobia ventrosa*. The International Union for Conservation of Nature (IUCN). <https://www.iucnredlist.org/species/155734/4834019>
- İncedayı, N. (2015). *Kocasu Çayı Deltası ve Yakın Çevresinin Ekolojik Açından Değerlendirilmesi*. [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi]. İstanbul.
- Jayachandran, P. R., Jima, M., Philomina, J., & Bijoy Nandan, S. (2020). Assessment of benthic macroinvertebrate response to anthropogenic and natural disturbances in the Kodungallur-Azhikode estuary, southwest coast of India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(10), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08582-x>

- Jeffreys, J. G., & Sowerby, G. B. (2017). British conchology (Vol. 1, s. 470). Hansebooks.
- Jokinen, E. H. (1992). The freshwater snails (mollusca: gastropoda) of New York State. University of the State of New York, State Education Dept., New York State Museum, Biological Survey.
- Karacaoğlu, D., & Dalkıran, N. (2017). Epilithic diatom assemblages and their relationships with environmental variables in the Nilüfer Stream Basin, Bursa, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, 227. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5929-z>
- Karaer, F., & Küçükballı, A. (2006). Monitoring of water quality and assessment of organic pollution load in the Nilüfer Stream, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 114(1), 391-417. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-5029-y>
- 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.
- Keçeli, T., & Ursavaş, S. (2017). *Kocaçay Deltası, İğneada ve Acarlar Longoz Ormanlarının Briyofit Florası*. (TÜBİTAK KBAG-115Z364.1-202). Çankırı Karatekin Üniversitesi.
- Keçeli, T., & Ursavaş, S. (2019). Kocaçay Deltası Longoz Ormanı (Karacabey-Bursa) Ciğerotu ve Boynuzotu (Marchantiophyta ve Anthocerotophyta) Florasına Katkıları. *Anatolian Bryology*, 5(1), 45-55. <https://doi.org/10.26672/anatolianbryology.528831>
- Kefford, B. J., & Nuggeoda, D. (2005) No evidence for a critical salinity threshold for growth and reproduction in the freshwater snail *Physa acuta*. *Environmental Pollution*, 134:377–383. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.09.018>
- Kesmez, C. Ö., & Dalkıran, N. (2021, 17-18 Aralık). *Uluabat Gölü Su Kalitesinin Faktör Analizi ile Değerlendirilmesi* [Kongre Sunum Özeti] 12. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi - Fen ve Mühendislik Bilimleri. http://www.utsakcongress.com/kitaplar/ubak12_fen_%C3%B6zet.pdf
- Khedhri, I., Afli, A., & Aleya, L. (2017). Structuring factors of the spatio-temporal variability of macrozoobenthos assemblages in a southern Mediterranean lagoon: How useful for bioindication is a multi-biotic indices approach?. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 515-527.
- Kılıçık, F. (2015). *Avrupa'da Sıklıkla Kullanılan Bazı Biyotik İndeksler ve Türkiye'deki Uygulamaları*, [Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. Isparta.
- Kipriyanova, L. M., Yermolaeva, N. I., Bezmaternykh, D. M., Dvurechenskaya, S. Y., & Mitrofanova, E. Y. (2007). Changes in the biota of Chany Lake along a salinity gradient. *Hydrobiologia*, 576(1), 83-93. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0295-9>
- Klemm, D. V., Lazorchak, J. M., & Peck, D. V. (2000). *Benthic macroinvertebrates. in: environmental monitoring and assessment program-surface waters: field operations and methods for measuring the ecological condition of non-wadeable rivers and streams*. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati.
- Knoben, R. A. E., Roos, C., & van Oirschot, M. C. M. (1995). *Biological assessment methods for watercourses*. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment. [Report No. 95.066]. AA Lelystads, The Netherlands.
- Kohshima, S. (1984). A novel cold-tolerant insect found in a Himalayan glacier. *Nature*, 310(5974), 225-227. <https://doi.org/10.1038/310225a0>

- Köklü, R., & Alkış, A. (2021). A New Statistical Perspective on Trophic Indexes for Shallow Lakes. *Water Resources*, 48(2), 324-330.
- Krivosheina, M. G. (2012). *Key to the palaearctic families and genera of nematoceros larvae (Diptera, Nematocera)*. KMK Scientific Press, Moscow
- Kumari, B., Kumar, V., Sinha, A. K., Ahsan, J., Ghosh, A. K., Wang, H., & DeBoeck, G. (2017). Toxicology of arsenic in fish and aquatic systems. *Environmental chemistry letters*, 15(1), 43-64.
- Kurt, S. (2016). Marmara Denizi Güney Kıyılarında Kıyı Çizgisi ve Kıyı Alanda Meydana Gelen Zamansal Değişim Analizi. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(3), 899-924. <https://doi.org/10.21547/jss.256696>
- Külköylüoğlu, O., Yavuzatmaca, M., Akay, E., & Dalkıran, N. (2023). Cyprideis Torosa (Ostracoda, Crustacea): Occurrence Patterns, Carapace Type and Its Relationship to Physicochemical Variables in Kocaçay Delta (Turkey). *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*.
- Lapedes, D. N. (1978). *McGraw-Hill Dictionary of scientific and technical terms*. Second edition, McGraw-Hill Book Company.
- Lehmkuhl, D. M. (1979). *How to know the aquatic insects*. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa.
- Li, F., Tonkin, J. D., & Haase, P. (2020). Local contribution to beta diversity is negatively linked with community-wide dispersal capacity in stream invertebrate communities. *Ecological Indicators*, 108, 105715. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105715>
- Liebmann, H. (1962). *Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie*. Vol. I. 2nd ed. R. Oldenburg, Munchen.
- Macan T. T. (1979) *A key to the nymphs of the British species of Ephemeroptera*. Freshwater Biological Association, Cumbria
- Macan T. T. (1959). *A guide to freshwater invertebrate animals*. Longman, England.
- Macedo, D. R., Hughes, R. M., Ferreira, W. R., Firmiano, K. R., Silva, D. R., Ligeiro, R., Kaufmann P. R., & Callisto, M. (2016). Development of a benthic macroinvertebrate multimetric index (MMI) for Neotropical Savanna headwater streams. *Ecological Indicators*, 64, 132-141. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.019>
- Mackenzie, F. T., Duxbury, A. C., & Byrne, R. H. (2022, 9 Aralık). *Seawater*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/seawater>.
- Mahmoud, K., Sayed, S. S., & Habib, M. R. (2018). Ecological assessment of the river Nile status around Gizert El-Warrak using phytoplankton and macroinvertebrates assemblages. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 22(4), 13-24.
- Maier, K. J., & Knight, A. W. (1991). The toxicity of waterborne boron to *Daphnia magna* and *Chironomus decorus* and the effects of water hardness and sulfate on boron toxicity. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 20(2), 282-287. <https://doi.org/10.1007/BF01055917>
- Margalef R. (1958). Information theory in ecology, *General Systems*, 3, 36-71.
- Martins, R. T., Stephan, N. N. C., & Alves, R. G. (2008). Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) as an indicator of water quality in an urban stream in southeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20(3), 221-226.
- Mason, C. F. (1983). *Biology of freshwater pollution*. Longman Group Limited, England.

- Metcalf, J. L. (1989). Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60(1-2), 101–139. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(89\)90223-6](https://doi.org/10.1016/0269-7491(89)90223-6)
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2022). *Karacabey/17673 ve Bandırma/717114 Nolu Meteorolojik İstasyonlarının 2018-2019 yıllarına ait aylık Sıcaklık, Nem ve Yağış verileri*. Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Mischke, S., Schudack, U., Bertrand, S., & Leroy, S. A. (2012). Ostracods from a Marmara Sea lagoon (Turkey) as tsunami indicators. *Quaternary International*, 261, 156-161. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.11.013>
- Nahli, A., Oubraim, S., & Chlaida, M. (2022). Application of the biotic indices for water quality and resilience assessment of a disturbed stream (Casablanca, Morocco). *Biologia*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11756-022-01193-6>
- Netto, A. S., Domingos, A. M., & Kurtz, M. (2012) Effects of artificial breaching of a temporarily open/closed estuary on benthic macroinvertebrates (Camacho Lagoon, Southern Brazil). *Estuaries and Coasts*, 35,1069–1081. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172366>
- Nielsen, F. H., Hunt, C. D., Mullen, L. M., & Hunt, J. R. (1987). Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women 1. *The FASEB journal*, 1(5), 394-397. <https://doi.org/10.1096/fasebj.1.5.3678698>
- Nzietchueng, R. M., Dousset, B., Franck, P., Benderdour, M., Nabet, P., & Hess, K. (2002). Mechanisms implicated in the effects of boron on wound healing. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 16(4), 239-244. [https://doi.org/10.1016/S0946-672X\(02\)80051-7](https://doi.org/10.1016/S0946-672X(02)80051-7)
- Obolewski, K., Glińska-Lewczuk, K., Szymańska, M., Mrozińska, N., Bąkowska, M., Astel, A., Lew, S., & Paturej, E. (2018). Patterns of salinity regime in coastal lakes based on structure of benthic invertebrates. *PLoS One*, 13(11), e0207825.
- Odabaşı, D. A., Odabaşı, S., Ergül, H. A., Özkan, N., Boyacı, Y. Ö., Bayköse, A., Kayal, M., Ekmekçi, F., Dağdeviren, M., Güzel, B., Canlı, O., & Dügel, M. (2022). Development of a macroinvertebrate-based multimetric index for biological assessment of streams in the Sakarya River Basin, Turkey. *Biologia*, 77(5), 1317-1326. <https://doi.org/10.1007/s11756-022-01041-7>
- Omwene, P. I., Öncel, M. S., Çelen, M., & Kobya, M. (2019). Influence of arsenic and boron on the water quality index in mining stressed catchments of Emet and Orhaneli streams (Turkey). *Environmental monitoring and assessment*, 191(4), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7337-z>
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2018). *Kocaçay Deltası Sulak Alan Alt Havzası Biyolojik Çeşitlilik Araştırma Alt Projesi*, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Hassas Alanlar Daire Başkanlığı Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü. Ankara.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2013). *Sulak Alanlar*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü. Ankara.
- Özbayram, E. G., Koker, L., Akçaalan, R., Aydın, F., Ertürk, A., Ince, O., & Albay, M. (2021). Contrasting the water quality and bacterial community patterns in shallow and deep lakes: Manyas vs. İznik. *Environmental Management*, 67(3), 506-512. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01357-7>

- Özbek, M., Tasdemir, A., Cil, E. A., Somek, H., & Yildiz, S. (2018). Assessing the trophic level of a Mediterranean Stream (Nif Stream, İzmir) using benthic macroinvertebrates and environmental variables. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(3), 179-190. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_3_01
- Özşahin, E. (2015). Examination of Gönen and Kocasu River Deltas in Terms of Land Use and Changes in Shoreline (NW Turkey). *International Journal of Innovative Environmental Studies Research*, 3(1), 1-13.
- Pehlivan, H. (2017). *Marmara Denizi Güneyi (Kocasu Deltası) Sedimentlerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi], Ankara.
- Percin-Pacal, F. (2019). Spatiotemporal Distribution and Habitat Preferences of Ostracods in the Coastal Karagol Lagoon, Enez, Edirne, Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, (71)4, 589-596.
- Pickwell, A., Constable, D., Chadd, R., Extence, C., & Little, S. (2022). The development of a novel macroinvertebrate indexing tool for the determination of salinity effects in freshwater habitats. *River Research and Applications*, 38(3), 522-538. <https://doi.org/10.1002/rra.3914>
- Pinna, M., Janzen, S., Franco, A., Specchia, V., & Marini, G. (2017). Role of habitats and sampling techniques on macroinvertebrate descriptors and ecological indicators: An experiment in a protected Mediterranean lagoon. *Ecological Indicators*, 83, 495-503. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.022>
- Pint, A., & Frenzel, P. (2017). Ostracod fauna associated with *Cyprideis torosa*—an overview. *Journal of Micropalaeontology*, 36(1), 113-119. <https://doi.org/10.1144/jmpaleo2016-010>
- Pinto, P., Rosado, J., Morais, M., & Antunes, I. (2004). Assessment Methodology for Southern Siliceous Basins in Portugal. *Hydrobiologia*, 516: 191-214. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0993-5_12
- Piscart, C., Lecerf, A., Usseglio-Polatera, P., Moreteau, J. C. & Beisel, J. N. (2005). Biodiversity patterns along a salinity gradient: The case of net-spinning caddisflies. *Biodiversity & Conservation*, 14, 2235–2249. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-4783-9>
- Pitacco, V., Reizopoulou, S., Sfriso, A., Sfriso, A., Mistri, M., & Munari, C. (2019). The difficulty of disentangling natural from anthropogenic forcing factors makes the evaluation of ecological quality problematic: A case study from Adriatic lagoons. *Marine environmental research*, 150, 104756.
- Pizzorno, L. (2015). Nothing boring about boron. *Integrative Medicine: A Clinician's Journal*, 14(4), 35.
- Quigley, M. (1977). *Invertebrates of Streams and Rivers, A Key to Identification*. Edward Arnold Publishers, Third Edition, London. 84 p.
- Ramsar Convention Bureau. (2000). *Ramsar Handbookss for the wise use of wetlands*, Gland, Switzerland.
- Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T., & Cooke, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94(3), 849-873.
- Resmi Gazete. (1995). *Su Ürünleri Yönetmeliği*, Resmi Gazete Sayısı: 22223, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Resmi Gazete. (2005). *İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik*. Resmi Gazete Sayısı: 25730, T.C. Sağlık Bakanlığı, Ankara.

- Resmi Gazete. (2010). *Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği*. Resmi Gazete Sayısı: 27527, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Resmi Gazete. (2012). *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği*, Resmi Gazete Sayısı: 28483, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Resmi Gazete. (2016). *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik*, Resmi Gazete Sayısı: 29797, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Resmi Gazete. (2019). *Biyolojik izleme tebliği*. Resmi Gazete Sayısı: 30808, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Saçın, Y. (2010). *Kocaçay deltası ve Uluabat gölünün uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak incelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi]. Balıkesir.
- Sarı, E. (2008). Source and distribution of heavy metals in river sediments from the southern drainage basin of the sea of Marmara, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17, 2007-2019.
- Schenkova, J., & Helešic, J. (2006). Habitat preferences of aquatic Oligochaeta (Annelida) in the Rokytná River, Czech Republic-a small highland stream. In *Aquatic Oligochaete Biology IX* (pp. 117-126). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-5368-1_12
- Seaby, R. M., & Henderson, P. A. (2007). *Community Analyses Package (CAP 4.1.3)*. England (Lymington): Pisces Conservation Ltd.
- Sæther, O. A. (1987). Four new species of *Diamesa* Meigen, 1835 (Diptera, Chironomidae) from glaciers of Nepal. *Scandinavian Entomology*, 29, 189-203.
- Semiz, G. D. (2014). Sulama suyu açısından bor içeriğinin değerlendirilmesi: Uluabat Gölünü besleyen Orhaneli, Emet ve Mustafakemalpaşa Çayları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1), 98-105.
- Serdar, O., & Verep, B. (2018). The investigation of water quality of İyidere and Çiftekavak Streams using physico-chemical and biotic indexes. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 4(1), 61-71. <https://doi.org/10.29132/ijpas.398725>
- Shannon, C.E., & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois Press, Urbana, IL.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature* 163:688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Singh, A. K., Kumari, R., & Kumar, A. (2019). Diversity and composition of macroinvertebrate in floodplain lakes of North Bihar, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(5), 106-112.
- Solimini, A. G., Bazzanti, M., Ruggiero, A., Carchini, G. (2008). Developing a multimetric index of ecological integrity based on macroinvertebrates of mountain ponds in central Italy. *Hydrobiologia* 597, 109-123. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9226-7>
- Sordino, P., Gambi, M. C., & Carrada, G. C. (1989). Spatio-temporal distribution of Polychaetes in an Italian coastal lagoon (Lago Fusaro, Naples). *Cahiers de Biologie Marine*, 30, 375-391.
- Sreeja, J. (2018). Biomonitoring of Paravur Lake in Kerala Using Macro-Invertebrates. In: Singh, V., Yadav, S., Yadava, R. (eds) *Environmental Pollution. Water Science and Technology Library*, vol 77. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5792-2_38
- Streble, H., & Krauter, H. (1988). *Das Leben im Wassertropfen*. Frankhische Verlagshandlung. Franckh-Kosmos

- Su Çerçeve Direktifi. (2000). Water Frame Directive 2000/60/EC The European Parliament and The Council of The European Union.
- Sütünç, H. S. (2021). Evaluation of landscape connectivity between protected areas using pinch points. *Turkish Journal of Forestry*, 22(3), 331-341. <https://doi.org/10.18182/tjf.885993>
- Şahin, S. K., & Zeybek, M. (2019). Diversity and Species Composition of the Macroinvertebrates in Sürgü Stream (Malatya, Turkey). *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 60-67. <https://doi.org/10.29048/makufebed.529074>
- Şahin, Y. (1984). *Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri akarsu ve göllerindeki Chironomidae (Diptera) larvalarının teşhisi ve dağılımları*. Anadolu Üniversitesi Yayınları 57: 141 s.
- Tanon, Y. D., Camara, I. A., Kouadio, N. K., Doumbia, L., Ouattara, A., & Diomandé, D. (2020). Taxonomic diversity and structure of benthic macroinvertebrates of Taabo Lake (Basin of Bandama; Ivory Coast). *Journal of Environmental Science Studies*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.20849/jess.v3i1.734>
- Tarım ve Orman Bakanlığı 2. Bölge Müdürlüğü. (2020). *Bursa İli Kocaçay Deltası Sulak Alan Yönetim Planı Nihai Raporu (2021-2025)*. Tarım ve Orman Bakanlığı 2. Bölge Müdürlüğü. Ankara.
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2018). *Susurluk Nehir Havzası Yönetim Planı. Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havzası Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi için Teknik Yardım*. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Tatar, O. (1987). *Güney Marmara Bölgesi Karacabey lagünlerinde üretimi arttırıcı araştırmalar*. TÜBİTAK Projesi, VHAG-633.
- Tavsanoğlu, U. N., & Akbulut, N. E. (2019). Seasonal Dynamics of Riverine Zooplankton Functional Groups in Turkey: Kocaçay Delta as a Case Study. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(1), 69-77. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_1_07
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M. C., Schwager, M., & Jeltsch, F. (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31,79-92. <https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x>
- Theodoropoulos, C., Karaouzas, I., & Stubbington, R. (2021). Biotic indices of hydrological variability as tools to inform dynamic ecological status assessments in river ecosystems. *Journal of Environmental Management*, 295, 113124. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113124>
- Tırıl, A. (2006). *Sulak Alanlar*, Oran Yayıncılık San. ve Tic. Ltd. Şti., İzmir.
- Timpano, A. J., Schoenholtz, S. H., Soucek, D. J., & Zipper, C. E. (2018). Benthic macroinvertebrate community response to salinization in headwater streams in Appalachia USA over multiple years. *Ecological Indicators*, 91, 645-656. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.031>
- Tokatlı, C., Köse, E., Arslan, N., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A., & Dayıoğlu, H. (2016). Ecosystem quality assessment of an aquatic habitat in a globally important boron reserve: Emet Stream Basin (Turkey). *International Journal of Environment and Pollution*, 59(2-4), 116-141. <https://dx.doi.org/10.1504/IJEP.2016.10000736>

- Tuffery, G., & Vernaux, J. (1967). Méthode zoologique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biotiques. *Annales Scientifiques de l'Université de Besançon*, 3, 73-90.
- Tuğrul, S., Gürses, O., & Yüksek, A. (2015). MAREX: Turkish Straits System – Marmara Sea Experiments report, METU IMS, 33 pp
- Ursavaş, S., Keçeli, T., Uyar, G., & Ören, M. (2021). *Dicranella staphylina* (Dicranaceae), a new moss record from Turkey and South West Asia. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 155(3), 483-486. <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.1762778>
- Wang, L., Zhang, R., Yang, J., Chen, Q., He, M., & Wang, J. (2021). A method to determine water quality categories based on biotic index of macroinvertebrates in the Yangtze River Delta. *Ecological Informatics*, 66, 101484. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101484>
- Wheeler, W. C., Whiting, M., Wheeler, Q. D., & Carpenter, J. M. (2001). The phylogeny of the extant hexapod orders. *Cladistics*, 17(2), 113-169. <https://doi.org/10.1006/clad.2000.0147>
- Williams, W. D., Boulton, A. J. & Taaffe, R. G. (1990). Salinity as a determinant of salt lake fauna: a question of scale. *Hydrobiologia*, 197, 257–266. <https://doi.org/10.1007/BF00026955>
- Woodiwiss, F. S. (1980). *Biological monitoring of surface water quality*. Summary Report. Commission of the European Communities, Environment and Consumer Protection Service, 45 p.
- Woodiwiss, F. S., (1964). A biological system to stream classification used by Trent River Board. *Chemistry & Industry*, 11, 443-447.
- Yaman, E. (2008). *Kocacay Deltası Ornito Faunasının Tespiti ve Alanı Etkileyen Çevresel Faktörler*. [Doktora Tezi, Ege Üniversitesi]. İzmir.
- Yang, Y., Yi, Y., Zhou, Y., Wang, X., Zhang, S., & Yang, Z. (2020). Spatio-temporal variations of benthic macroinvertebrates and the driving environmental variables in a shallow lake. *Ecological Indicators*, 110, 105948. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105948>
- Yao, K. S., He, Y. J., Van den Brink, P. J., Dai, Y. N., Yang, Y., & Cui, Y. D. (2022). Multivariate approaches to assess the drivers of benthic macroinvertebrate communities and biotic indices in a highly urbanized fluvial-estuarine system. *Ecological Indicators*, 139, 108956. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108956>
- Yaşa, B., & Uzun, A. (2022). Ornithofauna of Kocacay Delta, Bursa, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 52, 1-8, 2022. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20210812100818>
- Yavuzatmaca, M. (2020). Species assemblages of Ostracoda (Crustacea) from west-site of Turkey: their indicator potential for lotic and lentic habitats. *Biologia*, 75(12), 2301-2314. <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00494-y>
- Yorulmaz, B., & Ertaş, A. (2021). Water quality assessment of Selendi Stream and comparative performance of the indices based on benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters. *Biologia*, 76(9), 2599-2607. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00756-3>
- Yurtseven, I., & Randhir, T. O. (2020). Multivariate assessment of spatial and temporal variations in irrigation water quality in Lake Uluabat watershed of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(12), 1-29.

- Yüksek, A. (2016). Biodiversity of the Sea of Marmara and the Affecting Factors. The Sea of, 570. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08723-2>
- Zeybek, M. (2017). Macroinvertebrate-based biotic indices for evaluating the water quality of Kargı Stream (Antalya, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 41(3), 476-486. <https://doi.org/10.3906/zoo-1602-10>
- Zeybek, M., Kalyoncu, H., Karakaş, B., & Özgül, S. (2014). The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 38(5), 603-613. <https://doi.org/10.3906/zoo-1310-9>
- Zhang, J., Wang, C., Jiang, X., Song, Z., & Xie, Z. (2020). Effects of human-induced eutrophication on macroinvertebrate spatiotemporal dynamics in Lake Dianchi, a large shallow plateau lake in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 13066-13080. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07773-w>
- Zofková, I., Nemcikova, P., & Matucha, P. (2013). Trace elements and bone health. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 51(8), 1555-1561. <https://doi.org/10.1515/cclm-2012-0868>
- Zünbülçil, B. (2015). *Uluabat Gölü sulakalan bölgesi epifitik diyatomeleleri ile su kalitesi arasındaki ilişkiler* [Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi]. Bursa.