

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**İSRAFİL DERESİ'NİN (DENİZLİ) BENTİK
MAKROOMURGASIZ FAUNASI VE SU KALİTESİ
DURUMUNUN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET AKAR

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2023

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**



**İSRAFİL DERESİ'NİN (DENİZLİ) BENTİK
MAKROOMURGASIZ FAUNASI VE SU KALİTESİ
DURUMUNUN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET AKAR

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2023

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinatörlüğü tarafından 2022FEBE007 nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

MEHMET AKAR

ÖZET

**İSRAFİL DERESİ'NİN (DENİZLİ) BENTİK MAKROO MURGASIZ
FAUNASI VE SU KALİTESİ DURUMUNUN BELİRLENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MEHMET AKAR
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. Ü. GÜRÇAY KIVANÇ AKYILDIZ)**

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2023

Bu çalışmada, kar suları ile beslenen ve dik bir eğimle akan İsrail Deresi'nin (Denizli) su kalitesi bentik makroomurgasızlar kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Su kalitesinin değerlendirilmesi sürecinde bentik makroomurgasızların saprobiyotik koşulları ve mikrohabitat tercihleri de bütüncül bir yaklaşım içerisinde değerlendirilmiştir. İsrail Çayı'nda toplam 55 farklı bentik makroomurgasız türü tespit edilmiştir. Ortak olarak tüm örnekleme noktalarında en fazla tür Chironomidae ailesinden tespit edilmiştir. Bunlardan *Diamesa* türleri (*D. İnsignipes*, *D. tonsa*) özellikle karların erimesiyle akış kazanan kaynak bölgelerindedir. *Chironomus riparius* türü mansaba yakın yerlerde daha yoğun olarak tespit edilmiştir. *Chironomus* ile nispeten eşit seviyede en baskın diğer grup Gammaridae ailesi üyeleridir (*Gammarus anatoliensis*, *G. obnixus*). Yüksek rakımlı bölgelerde Plecoptera takımına ait olan türler (*Chloroperla* sp., *Nemoura* sp.) yoğun olarak görülmüştür ve tüm çay yatağı boyunca sayıları azalır. Ephemeroptera takımından Baetidae ailesi ait türler (*Baetis rhodani*, *B. vernus*, *Cloeon dipterum*, *C. simile*) çay boyunca yaygındır. Heptageniidae (*Epeorus alpicola*, *Rhithrogena germanica*, *Rhithrogena semicolorata*) ve Potamonthidae (*Potamonthus luteus*) ailesine ait türler bariz olarak yüksek rakımlı bölgelerde daha yoğun tespit edilmiştir. Biyolojik ve çevreler parametreler arasındaki ilişki Kanonik Uyum Analizi yaklaşımıyla ele alınarak %53'lük bir varyans odinasyon üzerinde gösterilebilmiştir. Biyotik indekslerin iklim değişikliği ve mevsimsel değişimleri yansıtmada nispeten yetersiz kaldığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Ekosistem yönetimi, Koruma stratejileri, Saprobiyotik koşullar, Mikrohabitat tercihleri

ABSTRACT

İSRAFİL DERESİ'NİN (DENİZLİ) BENTİK MAKROOORGANİZMALAR FAUNASI VE SU KALİTESİ DURUMUNUN BELİRLENMESİ

MSC THESIS

MEHMET AKAR

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

BİYOLOJİ

(SUPERVISOR: DR. ÖĞR. Ü. GÜRÇAY KIVANÇ AKYILDIZ)

DENİZLİ, AĞUSTOS 2023

In this study, the water quality of Israfil Stream (Denizli), which is fed by snowmelt and flows down a steep slope, was attempted to be determined using benthic macroinvertebrates. In the assessment of water quality, the saprobic conditions and microhabitat preferences of benthic macroinvertebrates were also evaluated within a holistic approach. A total of 55 different species of benthic macroinvertebrates were identified in Israfil Stream. Commonly, the most abundant species at all sampling points belong to the Chironomidae family. Among them, *Diamesa* species (*D. insignipes*, *D. tonsa*) are particularly found in source areas where snowmelt contributes to the flow. *Chironomus riparius* species were more densely detected in downstream areas closer to the mouth of the stream. Gammaridae family members, particularly *Gammarus anatoliensis* and *G. obnixus*, were equally dominant as Chironomids. Species belonging to the Plecoptera order, such as *Chloroperla* sp. and *Nemoura* sp., were predominantly observed in higher altitudes and decreased in number along the entire streambed. Species from the Baetidae family of the Ephemeroptera order (*Baetis rhodani*, *B. vernus*, *Cloeon dipterum*, *C. simile*) were widespread along the stream. Species from the Heptageniidae (*Epeorus alpicola*, *Rhithrogena germanica*, *Rhithrogena semicolorata*) and Potamonthidae (*Potamonthus luteus*) families were noticeably more abundant in higher altitude regions. The relationship between biological and environmental parameters was examined using Canonical Correspondence Analysis, showing a 53% variance in ordination. It was observed that biotic indices were relatively insufficient in reflecting climate change and seasonal variations.

KEYWORDS: Ecosystem management, Conservation strategies, Saprobic conditions, Microhabitat preferences

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
SEMBOLE VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Biyolojik İzleme ve Bentik Makroomurgasızlar	3
1.1.1 Bentik Makroomurgasızların İndikatör Tür Olarak Kullanılmasının Bazı Sebepleri.....	5
1.2 Biyotik İndeksler	6
1.3 Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Önemi.....	7
1.4 Kullanılan Programlar.....	8
1.5 Nehir Bentik Omurgasızların İncelenmesinden Elde Edilen Biyolojik Kalite Verilerinin Yorumlanması.....	9
1.6 Literatür Özeti	11
1.7 Çalışmanın Konusu ve Amacı	19
2. MATERYAL METOT	21
2.1 Araştırma Alanı	21
2.2 Örneklemeye Noktaları.....	22
2.2.1 İstasyon 1 Örneklemeye Noktası	23
2.2.2 İstasyon 2 Örneklemeye Noktası	24
2.2.3 İstasyon 3 Örneklemeye Noktası	25
2.2.4 İstasyon 4 Örneklemeye Noktası	25
2.2.5 İstasyon 5 Örneklemeye Noktası	26
2.2.6 İstasyon 6 Örneklemeye Noktası	27
2.2.7 İstasyon 7 Örneklemeye Noktası	27
2.3 Biyolojik ve Fiziksel-Kimyasal Verilerin Toplanması.....	28
2.3.1 Su Örneklerinde Fiziko-Kimyasal Analizler	28
2.3.2 Su Örneklerinde İnorganik Madde Analizi.....	29
2.3.3 Bentik Omurgasızları Örneklemeye, Muhafaza ve Değerlendirme Yöntemleri.....	30
2.3.4 Bentik Omurgasız Teşhis Yöntemleri	31
2.4 Kullanılan Biyotik İndeksler	32
2.4.1 Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi (H').....	32
2.4.2 Peilou'nun Eşitlik İndeksi (J).....	33
2.4.3 Biyolojik İzleme Çalışma Grubu (Biological Monitoring Working Party: BMWP) İndeksi.....	33
2.4.4 Saprobik İndeks.....	34
2.5 Mikrohabitatlar	35
2.6 Kullanılan Programlar ve İstatistikî Yöntemler	36
3. BULGULAR.....	37
3.1 Bentik Makroomurgasız Faunası.....	37

3.2	İsrafil Deresi Üzerinde Tespit Edilen Bentik Makroomurgasızların Dağılımları.....	39
3.3	İsrafil Deresi Üzerinde Belirlenen Örnekleme Noktalarına Ait Su Örneklerinde Fiziko-Kimyasal Analiz Sonuçları.....	41
3.3.1	Sıcaklık (°C).....	43
3.3.2	pH.....	44
3.3.3	Elektrik İletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$).....	45
3.3.4	Çözünmüş Oksijen (mg/L).....	46
3.3.5	Oksijen Doygunluğu (%).....	47
3.3.6	Toplam Çözünmüş Katı Madde (mg/L).....	48
3.4	İsrafil Deresi Üzerinde Belirlenen Örnekleme Noktalarına Ait Su Örneklerinde İnorganik-Kimyasal Analiz Sonuçları.....	49
3.5	Korelasyon Analiz Sonuçları.....	53
3.6	Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi (H') Sonuçları.....	54
3.7	Peilou'nun Eşitlik İndeksi (J) Sonuçları.....	55
3.8	Biyolojik İzleme Çalışma Grubu (BMWP) Puanlaması Sonucu.....	55
3.9	Mikrohabitatlar.....	56
3.9.1	PELAL (PEL).....	56
3.9.2	ARGYLLAL (ARG).....	57
3.9.3	PSAMMAL (PSA).....	58
3.9.4	AKAL (AKA).....	59
3.9.5	LITHAL (LIT).....	60
3.9.6	PHYTAL (PHY).....	61
3.9.7	Partiküler Organik Madde (POM).....	62
3.9.8	Diğer (OTH).....	63
3.10	Saprobic Durum.....	64
3.10.1	Xeno-Saprobic Durum.....	64
3.10.2	Oligo-Saprobic Durum.....	65
3.10.3	Beta-Meso-Saprobic Durum.....	66
3.10.4	Alfa-Meso-Saprobic Durum.....	67
3.10.5	Poly-Saprobic Durum.....	68
3.11	Ordinasyon Analiz Sonuçları.....	69
4.	TARTIŞMA.....	71
5.	SONUÇ.....	76
6.	KAYNAKLAR.....	79
7.	ÖZGEÇMİŞ.....	89

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: İsrafil Deresi kaynaklarının topografik haritada konumları ve uydu görüntüsü.....	22
Şekil 2.2: İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktaları. Vadi kesitlerine ait (İstasyon 2 ve İstasyon 3) örnek görseller.....	23
Şekil 2.3: İstasyon 1 örnekleme noktası.....	24
Şekil 2.4: İstasyon 2 örnekleme noktası.....	24
Şekil 2.5: İstasyon 3 örnekleme noktası.....	25
Şekil 2.6: İstasyon 4 örnekleme noktası.....	26
Şekil 2.7: İstasyon 5 örnekleme noktası.....	26
Şekil 2.8: İstasyon 6 örnekleme noktası.....	27
Şekil 2.9: İstasyon 7 örnekleme noktası.....	28
Şekil 3.1: İsrafil Deresi üzerinde tespit edilen Arthropoda, Mollusca ve Annelida üyelerinin dağılım oranları.....	40
Şekil 3.2: İsrafil Deresi üzerinde tespit edilen bentik makroomurgasız takımlarının dağılımları	40
Şekil 3.3: Su sıcaklığının İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi	44
Şekil 3.4: pH değerinin İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi.....	45
Şekil 3.5: Elektrik iletkenliğinin İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi.....	46
Şekil 3.6: Çözünmüş oksijenin, İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi.....	47
Şekil 3.7: Oksijen doygunluğu değerinin, İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi.....	48
Şekil 3.8: TDS değerinin, İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi	49
Şekil 3.9: Çevresel parametreler ait korelasyon tablosu	54
Şekil 3.10: Aylara göre PELAL mikrohabitat durumları.....	57
Şekil 3.11: Aylara göre ARGYLLAL mikrohabitat durumları.....	58
Şekil 3.12: Aylara göre PSAMMAL mikrohabitat durumları.....	59
Şekil 3.13: Aylara göre AKAL mikrohabitat durumları.....	60
Şekil 3.14: Aylara göre LITHAL mikrohabitat durumları.....	61
Şekil 3.15: Aylara göre PHYTAL mikrohabitat durumları.....	62
Şekil 3.16: Aylara göre POM mikrohabitat durumları	63
Şekil 3.17: Aylara göre OTH mikrohabitat durumları.....	64
Şekil 3.18: Aylara göre Xeno-saprobic durum değerleri	65
Şekil 3.19: Aylara göre Oligo-saprobic durum değerleri.....	66
Şekil 3.20: Aylara göre Beta-Meso-Saprobic durum değerleri.....	67
Şekil 3.21: Aylara göre Alfa-Meso-Saprobic durum değerleri	68
Şekil 3.22: Aylara göre Poly-Saprobic durum değerleri.....	69
Şekil 3.23: Kanonik Uyum Analizi: Örnekleme noktaları, tespit edilen indikatör türler, mikrohabitat ve saprobik tercihlerine ait çoklu ilişkinin ordinasyonu.	70

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: TS EN ISO 8689-1'e göre bentik makroomurgasızların kalite sınıflandırmaları.	11
Tablo 2.1: Örnekleme noktalarına ait enlem, boylam ve rakım bilgileri	23
Tablo 2.2: Arazi ortamında fiziksel-kimyasal analiz parametreleri ve kullanılan cihazlar	29
Tablo 2.3: Uygulanan su kimyası analiz testleri, yöntemleri ve ranjları	29
Tablo 2.4: BMWP su kalite sınıfları, skor, kategori ve tanımları	34
Tablo 3.1: İsrail Deresi'nden tespit edilen bentik makroomurgasızlar ve abudas değerleri	37
Tablo 3.2: İsrail Deresi üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerinin ortalama ve standart sapma fiziksel-kimyasal madde analiz sonuçları. (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2016) kıta içi su kaynaklarına göre değerlendirilmiştir)	43
Tablo 3.3: İsrail Deresi üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerinin ortalama ve standart sapma inorganik-kimyasal madde analiz sonuçları	53
Tablo 3.4: Örnekleme noktalarına ait Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi (H') sonuçları	55
Tablo 3.5: Örnekleme noktalarına ait Peilou'nun Eşitlik İndeksi (J) sonuçları.	55
Tablo 3.6: İsrail Deresi üzerinde belirlenen istasyonların BMWP indeksine göre sınıflandırılması	56

SEMBOL VE KISALTMALAR LİSTESİ

°C	:	Derece Santigrat (Temperature in Celsius)
%	:	Yüzde
µm	:	Mikron (Micrometer)
m	:	Metre (Meter)
mV	:	Milivolt (Millivolt)
ORP	:	Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli (Oxidation-Reduction Potential)
BMO	:	Bentik makroomurgasız
EC	:	Elektriksel iletkenlik

ÖNSÖZ

Bu çalışma, İsrafil Deresi'nin (Denizli) bentik makroomurgasız faunası ve su kalitesi durumunun belirlenmesine yönelik yapılmıştır. Su ekosistemlerinin sağlığı ve sürdürülebilirliği, çevre yönetimi ve koruma stratejilerinin geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, bu çalışma, doğal bir su kaynağı olan İsrafil Deresi'nin ekolojik durumunu ve su kalitesini anlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bentik makroomurgasız canlılar, su ekosistemlerinin sağlığının belirlenmesi için önemli biyoindikatörlerdir. Bu organizmaların tür çeşitliliği ve miktarı, su kalitesi hakkında değerli bilgiler sunar. Ayrıca, saprobiyotik koşullar ve mikrohabitat tercihleri gibi faktörler, su ekosistemlerinin durumunu anlamak için göz önünde bulundurulması gereken önemli etkenlerdir.

Bu çalışma, İsrafil Deresi'nin ekolojik durumu ve su kalitesinin anlaşılmasına katkı sağlamayı hedeflemektedir. Elde edilen bulgular, bölgedeki ekosistem yönetimi ve koruma stratejilerinin belirlenmesine ve uygulanmasına yönelik önemli bir temel oluşturacaktır. Çalışmanın sonuçları, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve korunması için yapılan çabalara ışık tutacaktır.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bana her konuda göstermiş olduğu ilgi, destek, anlayış ve yardımı için sayın danışman hocam Dr. Öğr. Ü. Gürçay Kıvanç AKYILDIZ'a teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunuyorum.

Arazi ve Laboratuvar çalışmalarım süresince her türlü yardım ve desteğini, bilgilerini esirgemeyen değerli abim Recep BAKIR'a teşekkür ve şükranlarımı sunuyorum.

Yüksek lisans tez yazım aşamasında işyerinde bana kolaylıklar sağlayan değerli abilerim Özkan TEKECİ ve Ekrem ÖZDEMİR'e teşekkür ve şükranlarımı sunuyorum.

Yüksek lisans eğitimim esnasında tezimin her aşamasında göstermiş oldukları maddi ve manevi desteklerinden dolayı canım eşim Gülçin AKAR ve oğlum Mehmet Emir AKAR'a şükranlarımı ve sevgilerimi sunuyorum.

1. GİRİŞ

Dünyanın %71'i sularla kaplı olup bu suyun %97'si denizlerde ve okyanuslardaki tuzlu sulardan oluşmaktadır. Miktar olarak ise yeryüzü yaklaşık 1,4 milyar km³ su hacmine sahiptir (Gökalp ve Karaman 2010). Ancak bunun yalnızca % 2,6'sı tatlısu niteliğindedir (Klee 1991). Antarktika hariç, dünyanın kara yüzeyinin % 45,3'ünü kaplayan tahmini 263 Uluslararası nehir havzası olduğu bilinmektedir (AAAS 2001). Yeryüzünde yaşamın devamlılığı için suyun önemi ortadayken, nüfusun sürekli hızlı bir şekilde artması, yaşam kalite standartlarının günden güne yükselmesi, doğal kaynakların şüursuzca kullanımı, özellikle de su kullanımını her geçen gün daha çok artırmaktadır (Karaer ve Kırtorun 2018). Günümüzde, yeryüzündeki su kaynaklarının sanki hiç bitmeyecek gibi artan talebi karşılayacak şekilde sınırsız olarak kullanabileceği bir durum ile hareket edilmektedir (Lama ve Paul 2019). Dünya Doğal Kaynaklar Enstitüsü (WRI)'nin 2019 yılında hazırladığı "su riski" atlasında (WRI 2019), su kıtlığı ve kuraklık görülen bölgeleri gösteren kapsamlı bir harita yayımlanmıştır. Buna göre Dünya nüfusunun en az dörtte birinin aşırı derecede susuzluk çektiği, birçok ülkede çeşme suyunun dahi verilemeyecek derecede kuraklık yaşandığı açıklanmıştır. Verilere göre Dünyada 17 ülkede aşırı düzeyde su sıkıntısı yaşandığı belirtilmiştir.

Türkiye, bilinenin aksine, su zengini bir ülke değildir (Karaaslan ve Selek 2019). Kişi başına düşen 1.519 m³'lük su miktarı ile "su sıkıntısı çeken" bir ülke kabul edilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK), Türkiye nüfusunun 2030 yılında yaklaşık 20 milyon kişi daha artarak 100 milyona ulaşacağını öngörmektedir. Gerçekleşmesi durumunda, WWF-Türkiye Doğal Hayatı Koruma Vakfının yaptığı açıklayama göre (WWF 2014) kişi başına düşen su miktarının 1.120 m³/yıl olacaktır. Farklı bir ifadeyle, sürekli artan nüfusu, gelişen ekonomisi ve büyüyen kentleriyle ülkemiz, "su fakiri" olma yolunda ilerlemektedir.

Türkiye tür zenginliği bakımından Dünyadaki ülkeler arasında ender görülebilecek bir öneme sahiptir. Fakat Anadolu'nun birçok bölgesindeki omurgasız faunasının zenginliği henüz tam olarak keşfedilmemiştir (Duran ve diğ. 2003).

Türkiye’de sulak alanların zenginliği ve su kalitesi ile ilgili araştırmalar yaklaşık son 20 yıldır yapılmaktadır. Ülkedeki fauna zenginliklerinin ve su kalitesinin ortaya konmasında bölgesel çalışmalar önemlidir ve bu alanlarda yapılacak bilimsel çalışmaların daha çok olması gerekmektedir. Avrupa’da akuatik ekosistemlerin rehabilitasyonu ve ekolojik iyileştirme çalışmaları birçok devlet kuruluğu tarafından düzenli olarak yapılmaya başlanmıştır (De Pauw ve Hawkes 1993). Avrupa Birliği-Su Çerçeve Direktifi’ne (WFD, 2000/60/EC, 23 Ekim 2000) göre de Biyolojik parametrelerin düzgün kullanımı için her şeyden önce bölgedeki fauna yapısının doğru olarak belirlenmesi, gereken en önemli faktördür. Bunun yanında, biyotik indeksler, faunanın uygun bölgesel üyeleri ile düzenlenmelidir. Akarsular çevre kirliliğinden ilk başta etkilenen ekosistemlerdir.

Evsel, tarımsal ve endüstriyel aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmaktadır. İnsan nüfusunun az yoğun olduğu dönemlerde akarsulara karışan atık maddeler kısa bir mesafede seyreltilip doğal yollardan parçalanabilmekteydi fakat kalkınma ile beraber gelen aşırı derecedeki nüfus artışı ve sanayileşme ile evsel, endüstriyel atıklar da daha çok artmış ve akarsular kendi kendini temizleyemez duruma gelmiştir (Dökmen 2000). Özellikle, tüm canlıların yaşamı için mecburi ama hızla tüketilmekte olan sucul kaynaklar bir o kadar da hızla kirletilmektedir.

Günümüzde iklim değişikliği ve çevre kirliliği, doğal su kaynakları üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır. Özellikle dağ akarsuları, içme suyu olarak kullanılan önemli kaynaklardır ve bu değişikliklerden doğrudan etkilenirler. Bu sebeple, bu değerli su kaynaklarının korunması ve takip edilmesi, sağlıklı bir çevre ve sürdürülebilir içme suyu kaynağı temin etme açısından kritik önem taşımaktadır. İklim değişikliği, dünyanın çeşitli bölgelerinde sıcaklık, yağış miktarı, buzulların erimesi ve deniz seviyesi gibi önemli faktörlerde önemli değişikliklere neden olmaktadır. Bu etkiler, özellikle dağlık bölgelerde, akarsuların debisini ve akış rejimini etkilemektedir. Daha düşük yağışlar, kuraklık ve su kaynaklarının azalması gibi sorunlara yol açabilirken, ani ve yoğun yağışlar sel riskini artırabilir. Bu durum, su kaynaklarının planlı bir şekilde yönetilmesini ve biyolojik izleme ile takibini gerektirir. Çevre kirliliği de dağ akarsularının sağlığını tehdit eden bir başka önemli faktördür. Tarım ilaçları, sanayi atıkları, evsel atıklar ve diğer kirleticiler, akarsularda

bulanıklığa, toksik maddelerin birikmesine ve su yaşamının olumsuz etkilenmesine yol açar. Sucul alanlara deşarj edilen atık sular içerdikleri ağır metaller, toksik bileşikler, azotlu ve karbonlu organik ve inorganik bileşikler bazı canlı türlerinin ölümüne, toleranslı türlerde ise fizyolojik ve morfolojik değişimlere neden olmaktadır. Bu tür kirlilikler, içme suyu kalitesini düşürerek insan sağlığını riske atar.

Biyolojik izleme, dağ akarsularının sağlığını değerlendirmek ve değişen koşullara uyum sağlamak için güçlü bir araçtır. Bu izleme, sucul ekosistemde yaşayan organizmaların (örneğin, balıklar, böcekler, yosunlar, bentik organizmalar) biyolojik çeşitliliğini, dağılımını ve durumunu inceler. Bu organizmalar, su kalitesi ve ekosistem sağlığı hakkında önemli bilgiler sağlar. Örneğin, sudaki bazı türlerin yok olması veya popülasyonlardaki belirli değişiklikler, çevre koşullarındaki bozulmaların bir göstergesi olabilir. Ayrıca, sucul ekosistemlerin biyolojik izlenmesi, su kalitesi ve akarsu ekosistemlerinin iyileştirilmesi için alınan önlemlerin etkinliğini değerlendirmede de yardımcı olur. Bu sayede, su kaynaklarındaki olumsuz etkilerin belirlenmesi ve buna yönelik çözümler üretilmesi mümkün olur.

Sonuç olarak, içme suyu olarak kullanılan dağ akarsuları, iklim değişikliği ve çevre kirliliği nedeniyle tehdit altındadır. Bu nedenle, bu su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı için biyolojik izleme ve su kalitesi takibi önemlidir. Bu çabalar, gelecek nesillerin temiz içme suyu kaynaklarına erişimini sağlamak ve doğal ekosistemleri korumak için hayati önem taşır.

1.1 Biyolojik İzleme ve Bentik Makroomurgasızlar

Su ekosistemleri, doğal dengeyi koruyan, pek çok canlı türünün bir arada yaşadığı ve birbirine bağlı bir yapıya sahip olan değerli alanlardır. Bu ekosistemlerdeki biyolojik çeşitlilik, su kalitesi ve ekosistem sağlığı açısından büyük önem taşır. Biyolojik izleme, su ekosistemlerindeki organizmaların takip edilerek ekosistem sağlığı hakkında bilgi elde edilen bir yöntemdir. Bentik makroomurgasızlar (BMO), su ekosistemlerinde yapılan biyolojik izlemede özellikle dikkate alınan önemli gruplardan biridir.

Bentik makroomurgasızlar, sucul ekosistemlerin dibinde, yani bentik zonda yaşayan, büyük boyutlu (>500 µm) ve çıplak gözle görülebilen organizmalardır. Bu organizmalar arasında çeşitli böcek larvaları, yumuşakçalar, solucanlar ve diğer omurgasızlar bulunur. Bentik makroomurgasızlar, su ekosistemlerindeki su kalitesini, ekosistem sağlığını ve kirlilik düzeyini belirlemek için önemli göstergeler (indikatörler) olarak kabul edilirler. Bu nedenle, biyolojik izleme çalışmalarında sıkça kullanılırlar. Bentik makroomurgasızlar, su kalitesini değerlendirmede etkili birer göstergedir çünkü sucul ekosistemlerdeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlere hızlı bir şekilde tepki verebilirler. Çoğu bentik makroomurgasız türü, belirli su kalitesi parametrelerine (örneğin oksijen seviyesi, pH, sıcaklık, tuzluluk) hassasiyet gösterir ve bu parametrelerdeki değişikliklerden olumsuz etkilenirler. Dolayısıyla, bentik makroomurgasızlarının varlığı, su ekosistemlerindeki su kalitesi hakkında önemli bilgiler sağlar ve potansiyel kirlilik kaynaklarının tespit edilmesine yardımcı olur.

Biyolojik izleme çalışmaları, su ekosistemlerinin sağlığını ve ekosistem içindeki organizmaların durumunu anlamak için çok önemlidir. Bu çalışmalar, olumsuz etkilerin tespit edilmesini ve uygun önleyici ve düzeltici tedbirlerin alınmasını sağlar. Bentik makroomurgasızların izlenmesi, ekosistemdeki kirlilik kaynaklarının ve su kalitesi sorunlarının belirlenmesinde kritik bir rol oynar.

Su ekosistemlerinin korunması ve iyileştirilmesi için şu adımlar atılabilir:

Koruma Alanları Oluşturmak: Biyolojik çeşitliliği korumak için su ekosistemleri için koruma alanları oluşturulabilir ve bu alanlar sıkı bir şekilde korunabilir.

Su Kirliliği Kontrolü: Kirlilik kaynaklarının belirlenmesi ve azaltılması için sıkı denetimler ve düzenlemeler uygulanabilir.

Rehabilitasyon Projeleri: Kirlenmiş ekosistemlerin onarımı için rehabilitasyon projeleri başlatılabilir ve ekosistemlerin yeniden canlanması desteklenebilir.

Bilinçlendirme ve Eğitim: Halkın su kaynaklarının korunması ve önemi konusunda bilinçlendirilmesi için eğitim programları düzenlenebilir.

Sonuç olarak, biyolojik izleme ve bentik makroomurgasızlar, su ekosistemlerinin sağlığını değerlendirmek ve iyileştirmek için g¼c¼l¼ bir araçtır. Bu t¼r izleme çalışmaları, su ekosistemlerinin s¼rd¼r¼lebilirlięi ve içme suyu kaynaklarının korunması için hayati ¼nem taşır.

1.1.1 Bentik Makroomurgasızların İndikat¼r T¼r Olarak Kullanılmasının Bazı Sebepleri

Biyolojik teknikler, uzun s¼reli bilgiler sağlayarak ve basit yapılı organizmaların kullanımıyla, çevresel değişimlerin ¼st d¼zeyli organizmaları olumsuz etkilemesine izin vermeden ¼nlemler alınabilir. B¼lgesel t¼rler, kozmopolit t¼rler dışında tercih edilir. Bu bağlamda, en uygun ve en yaygın kullanılan organizmalar, bentik makroomurgasızlarıdır (Hellawell, 1986). Bentik makroomurgasızları, genel olarak aşağıdaki ¼zelliklerden dolayı tercih edilir:

- Habitat tercihleri ve hareket yetenekleri sınırlıdır.
- Çevrede meydana gelecek olumsuzluklar karşısında yer değiştirme kapasiteleri sınırlıdır.
- Materyallerin (¼rneklerin) toplanması ve sayımları, mikroorganizmalardan, fitoplanktonlardan ve bir h¼crelilerden kolaydır.
- Saklanması ve teşhisleri kolaydır.
- T¼r d¼zeyinde teşhisleri zor olabilir, ancak cins ve bazen de ailya d¼zeyinde doğru sonuçlar verirler.
- Her d¼nemde her ortamda bulunurlar.
- Hayat d¼ng¼leri ortamdaki değişikliklerin anlaşılmasını sağlayacak kadar uzundur.
- Çeşitli kirlilik kaynaklarına karşı değişik d¼zeyde duyarlılık g¼stererek hızlı tepki verebilirler.

•Düşük ekolojik ve genetik çeşitliliğe sahip olmaları ve ekolojik ihtiyaçlarının az olması.

Sonuç olarak, bentik makromurgasızlar, çeşitli ortamlarda saprobik ve trofik düzeyleri belirleme, akarsuyun ve durgun su ortamlarının kirlilik durumlarını tespit etme, çeşitli habitatların kirlenmesini nicel ve nitel olarak belirleme, kirliliklerin geçici veya kalıcı olma eğilimlerini anlama ve kirliliğin kaynağını belirleme gibi izleme araçları olarak kullanılabilir. Bu sayede, su ekosistemlerinin sağlığını değerlendirmek ve korumak için etkili bir yöntem sunarlar.

1.2 Biyotik İndeksler

Su ekosistemleri, çeşitli bentik makroomurgasızlar ve diğer organizmaların bir arada yaşadığı, sucul canlıların hayatlarını sürdürdüğü zengin ekosistemlerdir. Bu su ekosistemlerinin sağlığının değerlendirilmesi, içme suyu kalitesinin belirlenmesi ve su ekosistemlerinin korunması için büyük önem taşır. Biyotik indeksler, bentik makro omurgasızların su kalitesini belirlemek ve su ekosistemlerinin sağlığını izlemek için kullanılan değerli araçlardır. Bir biyotik indeks, ortamın temsili bir örneğinde bulunan organizmaların türlerini ve bolluklarını belirterek bir ortamın kalitesini gösteren bir ölçektir ve metrik bir yaklaşımdır. Genellikle deniz ve tatlı su ekosistemlerinde su kalitesini değerlendirmek için kullanılır (Mandaville 2002).

Geçmişten günümüze çeşitli biyotik indeksler geliştirilmiştir. İndeks yaklaşımları, familyadan tür seviyelerine kadar detaylı olabileceği gibi, kirlilik tipini (organik kirlenme, ötrofikasyon vb.) ve seviyesini, habitat tercihi, beslenme gibi özellikleri belirlemek üzere çeşitlendirilmiştir. Örneğin, Family Biotic Index (RBP II) (Plafkin ve diğ. 1989) familya seviyesinde taksa skorlarını (Hilsenhoff 1988) kullanırken, Hilsenhoff Biyotik İndeksi (RPB III) (Plafkin ve diğ. 1989) tür seviyesinde taksa skorlarını (Hilsenhoff 1987) kullanmaktadır. Biyolojik İzleme Çalışma Grubu (Biological Monitoring Working Party, BMWP) indeksinin Türkiye'de dahil olmak üzere pekçok Avrupa ülkesi için uyarlanmış versiyonları bulunmaktadır (Ertaş ve diğ. 2021; Kazancı ve diğ. 2016). Biyotik indeks sınıflandırmaları, su kalitesini "çok iyi, iyi, orta, kötü, çok kötü" şeklinde değerlendiren kalite sınıflarını içerirken, Saprobik indeks gibi organik materyallerin

ayrışması ve katabolitlerin çıkarılmasından kaynaklanan su ekosistem durumları (Tagliapietra ve diğ. 2012), “xenosaprobic, oligosaprobic, β -mesosaprobic, α -mesosaprobic, polysaprobic” şeklinde sınıflandırılabilir.

1.3 Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerin Önemi

Biyolojik izleme çalışmaları, çevresel değişimleri anlamak, ekosistem sağlığını değerlendirmek ve doğal kaynakların korunmasına yönelik stratejiler geliştirmek için önemli araçlardır. Bu tür çalışmalarda, biyolojik verilerin yanı sıra su ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin de ölçülmesi ve değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu parametrelerin önemi şu şekilde sıralanabilir:

Ekosistem Sağlığının Değerlendirilmesi: Fiziksel ve kimyasal parametreler, su ekosistemlerinin sağlığını anlamak için kritik öneme sahiptir. Örneğin, çözünmüş oksijen, suyun solunum için ne kadar uygun olduğunu belirlemeye yardımcı olur. pH değeri, suyun asidite veya alkalinitesini gösterir ve çeşitli organizmaların yaşamını etkileyebilir. Amonyum azotu, fosfat ve diğer besin tuzları, sucul bitki örtüsü ve alglerin aşırı büyümesine neden olabilir ve su ekosistemini olumsuz etkileyebilir. Bu parametrelerin düzenli ölçümü, ekosistemdeki olumsuz değişiklikleri tespit etmek ve zamanında önlem almak için kritik öneme sahiptir.

Su Kalitesinin İzlenmesi: Fiziksel ve kimyasal parametreler, su kalitesinin izlenmesi ve değerlendirilmesi için kullanılır. Su kalitesi, insan sağlığı, sucul ekosistemler ve çevresel sürdürülebilirlik için hayati öneme sahiptir. Özellikle içme suyu sağlamak veya su ekosistemlerini korumak için su kalitesinin düzenli olarak izlenmesi, su kaynaklarının korunmasında ve yönetilmesinde önemli bir rol oynar.

Doğal Kaynakların Sürdürülebilirliği: Fiziksel ve kimyasal parametrelerin ölçülmesi, doğal kaynakların sürdürülebilirliği için kritik bir adımdır. Su kaynakları, tarım, endüstri ve insanların günlük ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir rol oynar. Ancak, doğal kaynakların aşırı kullanımı ve kirlenmesi, su kaynaklarının gelecekteki sağlığını tehdit edebilir. Bu nedenle, bu parametrelerin düzenli izlenmesi, su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak ve gelecek nesiller için korumak için hayati öneme sahiptir.

Su Ekosistemlerinin Korunması: Fiziksel ve kimyasal parametreler, su ekosistemlerinin korunması için alınacak önlemlerin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Örneğin, aşırı besin tuzlarının sucul bitki örtüsünü ve alglerin aşırı büyümesini tetikleyebileceği bölgelerde, besin tuzlarının düzeyleri düzenli olarak izlenerek alınacak önlemler belirlenebilir. Bu, su ekosistemlerinin dengesini koruyarak biyolojik çeşitliliği ve su kaynaklarının kalitesini korumak için kritik öneme sahiptir.

Çevresel Değişimlerin İzlenmesi: Fiziksel ve kimyasal parametrelerin sürekli olarak izlenmesi, çevresel değişikliklerin erken tespit edilmesini sağlar. Doğal kaynakların kullanımında veya iklim değişikliği gibi doğal olaylarda meydana gelen değişiklikler, su ekosistemlerini etkileyebilir. Bu parametrelerin düzenli olarak ölçülmesi, ekosistemlerdeki potansiyel değişimleri izlemek ve önlem almak için kritik öneme sahiptir.

1.4 Kullanılan Programlar

Biyolojik izleme ve çevresel parametrelerin toplandığı projelerde, genellikle büyük miktarda veri elde edilir. Bu verileri istatistiksel olarak analiz etmek, doğru sonuçlar çıkarmak ve anlamlı yorumlar yapmak için önemlidir. İstatistik, bu verileri organize etmek, görselleştirmek ve sonuçlarını anlamak için güçlü bir araçtır. Biyolojik izleme ve çevresel parametreler arasında korelasyonları veya nedensel ilişkileri belirlemek, ekosistemlerin nasıl işlediğini ve değişikliklere nasıl tepki verebileceğini anlamak açısından önemlidir. İstatistiksel analizler, bu ilişkileri ortaya çıkarmak için kullanılır ve doğal çevrenin anlaşılmasına yardımcı olur. İstatistiksel yöntemler, gelecekteki eğilimleri ve çevresel değişkenlerin olası etkilerini tahmin etmek için modellerin oluşturulmasına yardımcı olur. Bu modeller, su ekosistemlerinin gelecekteki durumunu tahmin etmede ve uygun önlemleri almak için planlamada faydalıdır.

Bu çalışmada ağırlıklı olarak R istatistik yazılımı kullanılmıştır. R, ücretsiz ve açık kaynak kodlu bir istatistiksel programlama dilidir ve bilim dünyasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyolojik izleme ve çevresel parametrelerin analizinde R'in bazı önemli avantajları şunlardır:

Geniş Kapsamlı İstatistiksel İşlevselliği: R, çeşitli istatistiksel analiz yöntemlerini uygulamak için zengin bir kütüphane sunar. İstatistiksel testler, regresyon analizleri, varyans analizleri, zaman serisi analizleri ve daha pek çok istatistiksel yöntem R ile kolayca gerçekleştirilebilir.

Grafiksel Görselleştirme Yetenekleri: R, verileri görsel olarak anlamak için etkileyici grafikler oluşturabilir. Bu, biyolojik izleme sonuçlarını, çevresel parametrelerin değişimini ve bentik makroörgütüsüzlerin dağılımını anlamak için önemli bir araçtır.

Kolay Veri İşleme ve Manipülasyonu: R, verileri düzenlemeyi, dönüştürmeyi ve filtrelemeyi kolaylaştıran işlevler sağlar. Büyük veri kümeleriyle çalışırken, veri hazırlığı süreci R ile oldukça etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Reprodüktif Araştırma: R, analiz işlemlerinin belgelendirilmesini ve paylaşılmasını kolaylaştırır. Araştırmacılar, analizleri ve sonuçları doğrulamak veya diğerlerinin çalışmalarına katkıda bulunmak için R kodlarını açıkça sunabilir.

Gelişmiş Topluluk Desteği: R, geniş bir kullanıcı topluluğu tarafından desteklenir. Sorunların çözümü için çevrimiçi forumlardan, kitaplardan ve öğreticilerden yararlanılabilir. Ayrıca, sürekli olarak güncellenen ve geliştirilen bir dizi paket ve eklenti mevcuttur.

Çalışma kapsamında kullanılan diğer bir program ASTERICS 4.04 programıdır. AQEM nehir değerlendirme programı ASTERICS, makroomurgasız takson listelerine dayalı olarak, Avrupa ülkelerindeki akarsu türlerinin Ekolojik Kalitesini değerlendirmek için tasarlanmış bir hesaplama programıdır.

1.5 Nehir Bentik Omurgasızların İncelenmesinden Elde Edilen Biyolojik Kalite Verilerinin Yorumlanması

Nehirler, su ekosistemlerinin önemli bir parçasıdır ve çeşitli organizmaların yaşam alanıdır. Bu organizmalardan bir grup olan "bentik makroomurgasızlar," nehirlerin ekosistem sağlığı ve su kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar. Bu nedenle, TS EN ISO 8689-1 standardı, nehir bentik

makroomurgasızlarının incelenmesi ve elde edilen biyolojik kalite verilerinin yorumlanması için bir kılavuz sağlar. Bentik makroomurgasızlar, sucul ekosistemlerin çeşitli kademelerinde bulunan ve ekosistem sağlığı hakkında değerli bilgiler sağlayan organizmalardır. Bu organizmaların çeşitliliği, su kalitesinin değerlendirilmesinde ve su ekosistemlerinin genel durumunun izlenmesinde önemli bir gösterge olarak kabul edilir.

Kılavuz, bentik makroomurgasızlarını incelerken izlenmesi gereken yöntemleri ve elde edilen verilerin nasıl yorumlanacağını ayrıntılı bir şekilde açıklar. Bu incelemeler, bentik omurgasızların tespiti ve sayımı ile birlikte, farklı familya ve türlere ait bireylerin tespitini içerir. Bu veriler, ekosistemdeki potansiyel kirlilik kaynaklarını tespit etmede ve su kalitesini belirlemek için kullanılır. Bentik makroomurgasızlar, sucul ekosistemlerin sağlığını değerlendirmek için biyolojik kalite ölçütleri olarak kullanılır. Bu organizmaların tür çeşitliliği, popülasyon yoğunluğu ve endeks değerleri gibi özellikler, su kalitesi hakkında değerli bilgiler sağlar. Örneğin, yüksek tür çeşitliliği ve popülasyon yoğunluğu, ekosistemin genel olarak iyi durumda olduğuna işaret ederken, düşük tür çeşitliliği ve düşük popülasyon yoğunluğu, olumsuz etkilerin varlığını gösterebilir. Bentik makroomurgasızların kalite sınıflandırılması, örneklemelerin yapıldığı nehirlerin su kalitesinin izlenmesi ve değişikliklerin tespit edilmesi için önemli bir araçtır. Kalite sınıflandırmaları, nehirlerin çeşitli bölümleri arasındaki farkları vurgulayarak, potansiyel riskleri belirlemede ve su ekosistemlerinin korunmasında rehberlik sağlar.

Sonuç olarak, TS EN ISO 8689-1 standardı, nehir bentik makroomurgasızlarının incelenmesi ve elde edilen biyolojik kalite verilerinin yorumlanması için önemli bir kılavuz sunar (Tablo 1. 1). Bu standart, su ekosistemlerinin izlenmesi ve su kalitesinin değerlendirilmesi süreçlerine rehberlik ederek, su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve korunması için önemli bir araç olarak kabul edilir.

Tablo 1.1: TS EN ISO 8689-1'e göre Bentik Makroomurgasızların kalite sınıflandırmaları.

Bentik makroomurgasız Kalite Sınıflandırmaları	TS EN ISO 8689-1 Nehir Bentik Omurgasızların İncelenmesinden Elde Edilen Biyolojik Kalite Verilerinin Yorumlanması İçin Kılavuz Yorumları
Yüksek	Gözlenen topluluğun insan eliyle yapılan baskının olmadığı veya önemsiz olduğunun kabul edildiği (bozulmamış) şartlara tamamen veya yaklaşık olarak tamamen karşılık geldiği şartlardaki sınıf
İyi	Gözlenen topluluğun referans topluluk ile karşılaştırıldığında küçük değişikliklerin bulunduğu sınıf
Orta	Gözlenen topluluğun bileşiminin referans topluluktan oldukça farklı olduğu sınıf. Bu sınıfta referans topluluğun büyük taksonomik grupları yoktur.
Zayıf	Gözlenen topluluğun bileşiminin referans topluluktan önemli oranda farklı olduğu sınıf. Bu sınıfta referans topluluğun birçok taksonomik grupları yoktur.
Kötü	Referans topluluk ile karşılaştırıldığında gözlenen topluluğun çok farklı olduğu sınıf. Yanlızca aşırı boulmuş şartlarda yaşama yeteneğininie sahip taksonomik gruplar

1.6 Literatür Özeti

Dalaman Çayı'nın su kalitesinin fiziko-kimyasal ve biyolojik (bentik makroinvertebrat) açıdan değerlendirilmesi (Yorulmaz 2000) konulu çalışma; Temmuz 1998 ve Temmuz 1999 tarihleri arasında Dalaman çayı üzerinde seçilen 7 istasyonda yapılmıştır. Belirlenen istasyonlarda fiziko-kimyasal ölçümler yapılmış ve biyolojik veriler toplanmıştır. Çalışma sonucunda Arthropoda şubesinde, Crustacea sınıfından 2 ordo ve bunlara ait 2 takson, Insecta sınıfında 7 ordo ve bunlara ait 37 takson tespit edilmiştir. Bu taksonlar kullanılarak Saprobi İndeks ve Belçika Biyotik İndeks tespit edilerek, istasyonların su kalite sınıfları belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre; Dalaman Çayı'nda henüz yoğun bir kirlilik söz konusu değildir. Bunda çay civarında sanayi tesislerinin bulunmaması ve yerleşim birimlerinin az olması etkili olmuştur. Ancak Yapraklı, Suçatı ve Fevziye'de vasat bir kirlilik söz konusudur. Ege bölgesinin önemli akarsularından biri olan Dalaman Çayı'nın korunması hususundaki çalışmaların teşvik edilmesi gerekmektedir.

Dipsiz-Çine Çayı'nın bentik makro omurgasızlarının belirlenmesi (Bırol 2007) konulu çalışma; Mart 2006 ve Şubat 2007 tarihleri arasında, Dipsiz-Çine Çayı'nın bentik makro omurgasızlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Ayrıca bu

çalışmada akarsuyun su kalite özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Bu amaçla seçilen 7 örnekleme noktasında, su örnekleri fiziko-kimyasal açıdan incelenmiş ve bentik makro omurgasız örnekleri toplanmıştır.

Toplanan, bentik makro omurgasızların incelenmesi sonucu, Turbellaria sınıfına ait 1, Gastropoda sınıfına ait 9, Bivalvia sınıfına ait 3, Hirudinea sınıfına ait 4, Arachnida sınıfına ait 15, Crustacea sınıfına ait 6 ve Insecta sınıfına ait 113 takson, takson teşhis edilmiştir. Dipsiz-Çine Çayı'nın su kalitesini belirlemek üzere, 7 farklı su kalitesi tayin yöntemi (ikisi fiziko-kimyasal, beşi biyolojik) uygulanmış ve hem fiziko-kimyasal hem de biyolojik yöntemlerin sonuçlarının birbirini desteklediği görülmüştür.

Sonuç olarak; Dipsiz-Çine Çayı, saprobi indekse değerlerine göre az kirlenmiş su kalite sınıfına, FBA'a göre kritik derecede kirlenmiş su kalite sınıfına, BMWP ve ASPT'ye göre az kirlenmiş su kalite sınıfına, BBI'a göre Hafif kirli su kalite sınıfına SKKY değerlerine göre ise az kirlenmiş su kalite sınıfına, Klee'ye göre ise Orta derecede kirlenmiş su kalite sınıfına dahil edilmiştir.

Işıklı gölü bentik faunasının mevsimsel değişimi (Akbaba 2015) konulu çalışma; Denizli ili sınırları içinde bulunan Işıklı Gölü'nün bentik omurgasızlarını ve dağılımlarını belirlemek amacıyla Mayıs 2014 - Nisan 2015 tarihleri arasında yapılmıştır. Işıklı Gölü, belirlenen 7 istasyonda mevsimsel dönemde fiziko-kimyasal açıdan incelenmiş ve bentik omurgasız örnekleri toplanmıştır. Çalışma sonucunda, gölün bentik faunasının Gastropoda, Crustacea, Oligochaeta, Hirudinea ve Insecta'ya ait 35 taksondan oluştuğu saptanmıştır. Toplanan bentik omurgasız örnekleri tür veya cins seviyesinde teşhis edilerek bunların sıklık ve baskınlık analizleri yapılmıştır.

Sonuç olarak; Işıklı Gölü'nün limnolojik değerleri evsel ve tarımsal kullanımlardan dolayı olumsuz yönde etkilenmektedir. Işıklı Gölü'nü kirleten en önemli kaynak, Dinar'dan gelen sanayi ve evsel atıklar olabilir. Işıklı Gölü'nde tarımsal faaliyetler sonucu oluşan tarımsal kirlilik ve B. Menderes ile çevre derelerden gelen yağış sularının sebep olduğu organik kirlilik etkilidir.

Bu yüzden, Işıklı Gölü ile ilgili olarak alınması gereken tedbirler arasında; yerleşim merkezlerinde atık arıtma tesislerinin kurulması, zirai mücadele ve gübre kullanımı gibi tarımsal faaliyetlerin daha bilinçli olarak yapılması sayılabilir.

Bafa Gölü'nün makrobentik omurgasızlarının ve su kalitesinin belirlenmesi (Akzıypak 2015) konulu çalışma; Nisan 2013 ve Mart 2014 tarihleri arasında Muğla-Aydın sınırları içerisinde yer alan Bafa Gölü'nde yapılmıştır. Bafa Gölü'nde belirlenen 5 istasyonda aylık olarak alınan su örneklerinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri ve gölden aylık olarak toplanan bentik makro omurgasızların taksonomisi ve dağılımları incelenmiştir. Bu çalışmada, Bentik makro omurgasızlar seçilen istasyonlarda Crustacea, Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, Arachnida ve Insecta sınıflarına ait 6 cins, 12 tür düzeyinde olmak üzere 18 takson ve 26509 birey olarak belirlenmiştir. Çalışma sonunda Bafa Gölü'nün bentik canlılar yönünden zengin olduğu ve 2.sınıf su kalitesine sahip ötrof bir göl olduğu anlaşılmıştır.

Namnam çayı su kalitesinin fiziko-kimyasal ve biyolojik (bentik makro omurgasız ve balıklar) parametrelere göre belirlenmesi (Yılmaz 2016) konulu çalışma; Kasım 2012 ile Eylül 2013 tarihleri arasında Namnam Çayı'nın su kalitesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Namnam Çayı'nın su kalitesi özelliklerini belirlemek için beş örnekleme noktası seçilmiş ve altı arazi çalışması yapılmıştır. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda her bir örnekleme noktasının su kalitesi parametreleri incelenmiş, bentik makro omurgasız ve balık örnekleri toplanmıştır. Namnam Çayı su kalitesini belirlemek için fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler (bentik makro omurgasızlar ve balıklar) indekslere uygulanmıştır. Biyolojik parametre olarak 40 bentik makro omurgasız ve 13 balık taksonu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre fiziko-kimyasal ve biyolojik su kalitesi sınıfları birbirini desteklemektedir.

Sonuç olarak, akarsuyun üst havzasında bulunan ilk üç örnekleme noktası birbirine yakın nispeten yüksek kalite sınıflarında, akarsuyun alt havzasında bulunan diğer iki örnekleme noktası ise daha düşük kalite sınıflarında belirlenmiştir. Namnam Çayı üzerinde belirgin bir kirlilik baskısı bulunmamasına rağmen, akarsuyun alt havzasındaki nispeten yüksek kirlilik baskısı izlenmeli ve kirlilik yükünün azaltılması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Köyceğiz gölü'nün makro-bentik omurgasızlarının ve su kalitesinin belirlenmesi (Akman 2011) konulu çalışma; Ekim 2009 ve Temmuz 2010 tarihleri arasında, Muğla il sınırları içinde yer alan Köyceğiz Gölü'nde yapılmıştır. Köyceğiz Gölü üzerinde belirlenen 7 istasyonda mevsimsel periyotlarla su örnekleri fiziko-kimyasal açıdan incelenmiş ve bentik makroomurgasız örnekleri toplanmıştır. Çalışma sonucunda Köyceğiz Gölü'nün II. sınıf su kalitesinde ve Ötrofik göl olduğu belirlenmiştir.

Bentik makroomurgasızlardan Crustacea sınıfına ait 6, Gasropoda sınıfına ait 11, Bivalvia sınıfına ait 3, Polychaeta sınıfına ait 2, Hirudinea sınıfına ait 1 ve Insecta sınıfına ait 9 takson tespit edilmiştir. Toplanan bentik makroomurgasız örnekleri tür veya cins seviyesinde teşhis edilerek bunların sıklık, baskınlık, çeşitlilik ve benzerlik analizleri yapılmıştır.

Bu çalışma sonunda elde edilen fiziko-kimyasal veriler değerlendirilerek Köyceğiz Gölü'nde belirlenen istasyonlarda su kalite sınıfı tespit edilmiş ve biyolojik verilerin değerlendirilmesiyle de göldeki bentik makroomurgasızlar belirlenmiştir.

Denizli ili sınırlarındaki Büyük Menderes Nehri ve yan kolu Çürüksu Çayı'nın su kalitesinin belirlenmesi (Akyıldız 2008) konulu çalışma; Denizli İli sınırlarındaki Büyük Menderes Nehri ve yan kolu Çürüksu Çayı'nın su kalitesini belirlemek amaçlı toplam 14 istasyondan, Ocak 2006 – Aralık 2007 tarihleri arasında aylık olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik veriler toplanmıştır.

Su kalitesi tayini için, Saprobi İndeks, BBI, ETBI, Rev. BMWP, CS, Klee (1991) ve Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliği (1988) kullanılmıştır. İstasyonlardan alınan biyolojik verilerin Temel Bileşen Analizi ve Kanonik Uyum Analizi ile ordınasyon analizleri yapılmıştır. Biyoindikatör türleri belirleme ve sınıflandırma tekniği olarak İki Yollu İndikatör Tür Analizi (TWINSPAN) kullanılmıştır. Ayrıca fiziko-kimyasal veriler arasındaki korelasyonu belirlemek üzere MINITAB istatistik programı kullanılmıştır.

Bu çalışma süresince elde edilen 15661 birey Taban Büyük Omurgasızlarından; Büyük Menderes Nehri (Denizli) ana kolu üzerinde, Mollusca şubesine ait 18 taksa, Platyhelminthes şubesine ait 1 taksa, Annelida şubesine ait 8

taksa, Crustacea şubesine ait 7 taksa, Insecta (Hexapoda) sınıfından Pterygota alt sınıfına ait ise 6 takım bulunmuştur. Bu takımlardan Ephemeroptera'ya ait 19 taksa, Odonata'ya ait 17 taksa, Hemiptera'ya ait 11 taksa, Trichoptera'ya ait 11 taksa, Diptera'ya ait 58 taksa ve Coleoptera'ya ait 6 taksa olmak üzere toplam 156 taksa tespit edilmiştir. Çürüksu Çayı ve yan kolu Sarıçay üzerinde ise; Mollusca şubesine ait 6 taksa, Annelida şubesine ait 2 taksa, Crustacea şubesine ait 3 taksa, Insecta (Hexapoda) sınıfından Pterygota alt sınıfına ait ise 6 takım bulunmuştur. Bu takımlardan Ephemeroptera'ya ait 8 taksa, Odonata'ya ait 8 taksa, Hemiptera'ya ait 4 taksa, Trichoptera'ya ait 7 taksa, Diptera'ya ait 38 taksa ve Coleoptera'ya ait 1 taksa olmak üzere toplam 77 taksa tespit edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda, Taban Büyük Omurgasızlarından toplam 184 taksa tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmada 109 tür, Büyük Menderes Nehri için yeni kayıt olarak tespit edilmiştir.

Akçay (Muğla-Denizli)'in fiziko-kimyasal bentik makroinvertebrata yönünden incelenmesi (Kiriş 2003) konulu çalışma; Haziran 2001 ile Eylül 2002 tarihleri arasında Akçay nehri üzerinde seçilen 6 istasyonda yapılmıştır.

Akçay'ın fiziko-kimyasal özellikleri ile birlikte bentik makroinvertebratların mevsimsel değişimleri incelenmiş olup fiziko-kimyasal veriler ile incelenen organizmalar arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Bentik makroinvertebratlardan Mollusca, Annelida ve Arthropoda şubelerine ait olmak üzere toplam 76 takson tespit edilmiştir. Insecta, belirlenen bentik makroinvertebratlar içerisinde en baskın gruptur. Su kalitesi, her istasyon için fiziko-kimyasal verilere ve bentik makroinvertebratlara göre belirlenmiş ve birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak; Akçay'da belirlenen organizmaların sıklık, baskınlık, çeşitlilik ve benzerlik analizleri de yapılarak su kalitesi sonuçlarıyla değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma Akçay ile ilgili ilk limnofaunistik çalışma olduğu için, tespit edilen taksonlar bölge için ilk kayıttır.

Melen Nehri ve kollarında bentik makroinvertebratlar ile kimyasal parametreler arasındaki ilişkinin modellenmesi (Öz 2004) konulu çalışmada; Büyük

Melen Nehri ve kollarında 11 noktada Ekim 2000 - Eylül 2001 tarihleri arasında her ay bentik makroinvertebrat ve su örnekleri alınmıştır. Alınan bentik makroinvertebrat örnekleri teşhis edildikten sonra Trent Biyotik İndeks (TBI), Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP), Belçika Biyotik İndeksi (BBI), Average Score Per Taxon (ASPT), Simpson İndeksi, Margalef İndeksi, Shannon ve Weaver İndeksi'ne göre değerlendirilmiş ve kalite sınıfları belirlenmiştir. Alınan su örneklerinin belirlenen fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametreleri de S.K.K.Y. "Kıta İçi Su Kaynakları Kalite Kriterleri" ve "Avrupa Topluluğu Üye Devletlerde İçme Suyu Elde Edilmesi Amaçlanan Yerüstü Sularında Aranılan Kalite Standartları" na göre değerlendirilip kalite sınıflarına ayrılmıştır. Daha sonra biyotik indeks kalite sınıfları ile fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametrelerin kalite sınıfları arasındaki uyum araştırılmıştır.

Çalışmada belirlenen 11 örnekleme noktasından alınan bentik makroinvertebrat örnekleri ve KOİ, BOİ, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, Fenol parametrelerinin değerleri kullanılarak Çoklu Regresyon ve Lojistik Regresyon Çözümlemesi ile modelleme yapılmıştır. Ayrıca Yapay Sinir Ağları (YSA) ile aynı kimyasal parametrelerin değerleri tahmin edilmiştir.

Fırınz Çayı (Kahramanmaraş)'nın Fiziko-Kimyasal ve Bazı Biyolojik (Bentik Makroinvertebrat) Özellikleri (Yıldırım 2006) konulu çalışma; Fırınz Çayı (Kahramanmaraş)'nda Mart 2002 ve Şubat 2003 tarihleri arasında yapılmıştır. Çalışma süresince tespit edilen iki istasyondan her ay su örnekleri alınmış ve ortalama değerler her iki istasyonda sırasıyla pH (8.54-8.50), çözünmüş oksijen (5.32-5.23 mg/l), Na (0.93- 0.92 mg/l), Cl (7.34-7.41 mg/l), NH₄-N (0.053-0.036 mg/l), NO₂-N(0.023-0.018 mg/l), NO₃-N (0.854-0.665 mg/l), Mg (8.46-8.66 mg/l), Ca (34.68-33.36 mg/l) olarak bulunmuştur. Su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre Fırınz Çayı'nın yüksek kaliteli su standardında olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda, Fırınz Çayı'nda 14 makroskobik omurgasız takson tanımlanmış ve bunların Coleoptera, Tricoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Decapoda, Bivalvia ve Gastropoda gruplarına ait olduğu belirlenmiştir. Sıklık ve baskınlık analiz sonuçlarına göre ise her üç istasyonda *Hydropsyche* sp., *Perla* sp. ve *Gammarus* sp. en sık ve baskın olan taksonlardır. Benzerlik analiz sonuçları, Fırınz

Çayı'ndaki her üç istasyondaki organizma gruplarının benzer olduğu sonucuna varılmıştır.

Eşen çayı (kocaçay) su kalitesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan incelenmesi (Yorulmaz 2006) konulu çalışma; Haziran 2003 ve Haziran 2005 tarihleri arasında, Eşen Çayı'nın (Kocaçay) su kalitesinin, fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerinin belirlemesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla seçilen 7 örnekleme noktasında, su örnekleri fiziko-kimyasal açıdan incelenmiş ve bentik makroomurgasız örnekleri toplanmıştır.

Eşen Çayı'ndan toplanan, bentik makroomurgasızların incelenmesi sonucu, Turbellaria, Gastropoda, Bivalvia, Hirudinea, Crustacea ve Insecta sınıflarına ait 48'i cins, 63'ü tür düzeyinde toplam 111 takson tehiş edilmiştir. Tehiş edilen taksonların %86,84'ü (96 takson) Insecta sınıfına aittir. Kırkpınar, Çaygözü, Yakapark ve Saklıkent örnekleme noktalarında *Gammarus* sp., Ören, Alaçat ve Ovaköy örnekleme noktalarında *Chironomus* sp. baskın olduğu saptanmıştır.

Eşen Çayı örnekleme noktalarından, Çaygözü ve Yakapark, en yüksek benzerlik oranına sahiptir. En düşük benzerlik oranı ise Ovaköy ve Yakapark örnekleme noktalarında belirlenmiştir. Örnekleme noktalarından, Kırkpınar, Çaygözü, Ören, Yakapark ve Saklıkent birbirine daha yakın oranlarda benzerlik gösterirken, Alaçat ve Ovaköy ise diğer örnekleme noktalarından ayrılmış ve birbirlerine yüksek oranda benzerlik göstermişlerdir. Bentik makroomurgasızların çeşitlilik verilerinin ortalamaları incelendiğinde ise en yüksek ortalama değer Ören, en düşük ortalama değer ise Ovaköy örnekleme noktasında belirlenmiştir. Bentik makro-omurgasız çeşitliliği ile fiziko-kimyasal parametreler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunamamıştır.

Sonuç olarak, Eşen Çayı'nın su kalitesini belirlemek üzere, yedi farklı su kalitesi tayin yöntemi (ikisi fiziko-kimyasal, beşi biyolojik) uygulanmış ve hem fiziko-kimyasal hem de biyolojik yöntemlerin sonuçlarının birbirini desteklediği görülmüştür. Çalışma dönemi boyunca elde edilen sonuçlara göre, en yüksek su kalitesi Saklıkent örnekleme noktasında, en düşük su kalitesi ise Alaçat örnekleme noktasında belirlenmiştir. Örnekleme noktalarında elde edilen EPT/*Chironomus* sp. oranları, su kalite sınıfları ile paralellik göstermektedir. Elde edilen bulgulara göre,

Eşen Çayı üzerinde yoğun bir kirlilik baskısı bulunmadığı gözlemlenmiştir. Ancak akarsuyun alt havzalarında bulunan örnekleme noktalarında orta dereceli bir kirlilik söz konusudur.

Danamandıra gölü (Silivri-İstanbul) yaygın bentik omurgasızları (Albayrak 2011) konulu çalışma; Kasım 2010, Ocak, Mart, Mayıs 2011 tarihlerinde 15 farklı istasyonda yürütülmüştür. Bu çalışma sonucunda 3 Filum, (Mollusca, Annelida, Arthropoda), 5 Klasis, (Gastropoda, Oligochaeta, Ostracoda, Malacostraca, Insecta), 9 Ordo, (Basommatophora, Lumbriculida, Cyclopoida, Podocopida, Isopoda, Odonata, Coleoptera, Megaloptera, Diptera) 15 Familya (Physidae, Lumbriculidae, Tubificidae, Cyclopidae, Cyprididae, Candonidae, Asellidae, Coenagrionidae, Cordulidae, Aeshnidae, Hydrophilidae, Dytiscidae, Sialidae, Chironomidae, Tipulidae) ve bu familyalara ait 18 Tür bulunmuştur. Bu türler *Physella acuta*, *Lumbriculus* sp., *Chaetogaster* sp., *Heterocypris incongruens*, *Fabaeformiscandona fabaeformis*, *Cyclopoida* sp., *Asellus* sp., *Coenagrion* sp., *Cordulia* sp., *Anax* sp., *Berosus* sp., *Helophorus* sp., *Enochrus* sp., *Hydrobius fuscipes*, *Laccophilus* sp., *Sialis lutaria*, *Chironomus* sp., *Erioptera* sp.'dir.

Çalışma alanında bentik makroomurgasızların taksonomisine yönelik çalışmanın yanı sıra, gölün bazı fizikokimyasal parametreleri (pH, elektriksel iletkenlik, su sıcaklığı vb.) de ölçülmüş, makroomurgasızların nümerik analizi için Shannon-Weaver çeitlilik indeksi ve benzerlik indeksi kullanılmıştır.

Mudurnu nehrinde su kalitesinin bentik makroinvertebratlar ile belirlenmesi (Özkan 2017) konulu çalışma; Mudurnu Nehri üzerinde belirlenen altı noktadan 2016 yılının Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında, altı ay boyunca ayda iki kez olmak üzere, bentik makroinvertebrat örnekleri alınarak Mudurnu Nehrinin su kalitesinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Alınan bentik makroinvertebratlar örnekleri tür ve familya bakımından teşhis edilmiştir. Bentik makroinvertebratlar, Trent Biyotik İndeks (TBI), Belçika Biotik İndeks (BBI) Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP), Her Taksonun Ortalama Değeri (ASPT), Chandler Biyotik Skor İndeksi ve Shannon İndeksine göre değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirilerek su kalite sınıfları tespit edilmiştir. Sonrasında, teşhisleri yapılan Bentik makroinvertebratlar ile kirlilik arasındaki ilişki araştırılmış, SPSS Statistics (Statistical Package for the Social

Science) 21/2012 kullanılarak t-testi yöntemi ile analiz edilmiştir. İndeksler incelendiğinde Mudurnu Nehri için kullanıma en uygun indeksin Belçika Biyotik İndeks olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Mudurnu Nehri'in çevresindeki endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerden etkilendiği tespit edilmiştir.

1.7 Çalışmanın Konusu ve Amacı

Yoğun eğimli bölgeler doğal sistemler için çevresel açıdan kritiktir ve açık alan ağlarına önemli katkıda bulunurlar. Bu tür bölgelerde eğimler genellikle ormanlarla kaplıdır ve bu ormanlar havza için doğal bir kaynak olarak hayati bir rol oynar (Aguirre ve diğ. 2014). Ormanlığın dağ eğimlerinin su kaynaklarına bağlanması son derece önemlidir. Dağ eğimlerinden kaynaklanan akarsular havzaların kaynak sularını oluşturur. Ormanlık dağlar doğal filtreleme sistemleri sağlayarak yüzey suyunun yenilenmesine ve su kalitesinin korunmasına yardımcı olur (Dudley ve Stolton 2003). Dağlık ve doğal ekosistemlerin iç içe olduğu böyle alanlarda, su kalitesini belirlemek için çeşitli göstergeler (balıklar, makrofitler, fitobentos, bentik makro omurgasızlar, vb.) kullanılır (Güçlü ve diğ. 2020; Özbay ve diğ. 2019; Solak ve Acs 2011). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, bentik makro omurgasızların bu göstergeler arasında en önemli gruptan biri olduğu düşünülmektedir (Guerrero-Jimenez ve diğ. 2021; Kenney ve diğ. 2009; Özbek ve diğ. 2016; Öztürk ve diğ. 2022).

Araştırmanın konusu olan İsrafil Deresi, yaklaşık 4,5 kilometrelik bir mesafede 2100 metreden 700 metreye kadar inen ormanlık bir patikadan izlemektedir ve bu durum, kentin ana içme suyu kaynaklarından biri olarak önemini artırmaktadır. İsrafil Deresi, Denizli şehir merkezine yaklaşık 7 km mesafede, Merkezefendi ilçesinde bulunan Başkarcı mahallesi sınırlarında bulunmaktadır. Derenin kaynaklarını üzerinde barındıran Başkarcı Dağı, Denizli'nin güneyinde Babadağ'ın devamı şeklinde uzanır. En yüksek yeri Gökbel Tepesi olarak (~2300 metre) bilinir. Başkarcı Dağı ile Honaz Dağı arasında Akdeniz ve Ege bölgelerini birbirine bağlayan Kazıklıbeli Geçidi (1250 metre) bulunur. Bu bölgelerde yılın büyük bir bölümü sürekli kar bulunmaktadır.

Zaman içinde küresel ısınmanın (IPCC 2022) etkileri, dere suyunun miktarında ve akış hızında azalan bir eğilimle açıkça gözlemlenebilir. Bu durum, İsrafil Deresi'nin neredeyse tüm içme suyu ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yönetilmesine yol açar. Bu gibi durumlarda, derin vadide ani değişiklikler yaşanır. Bu noktada, dere suyunun sürdürülebilirliği ve su kalitesinin belirlenmesi çevresel etki, kaynak yönetimi, iklim değişikliği uyum, yasal ve politika açısından büyük önem taşır (WFD 2000).

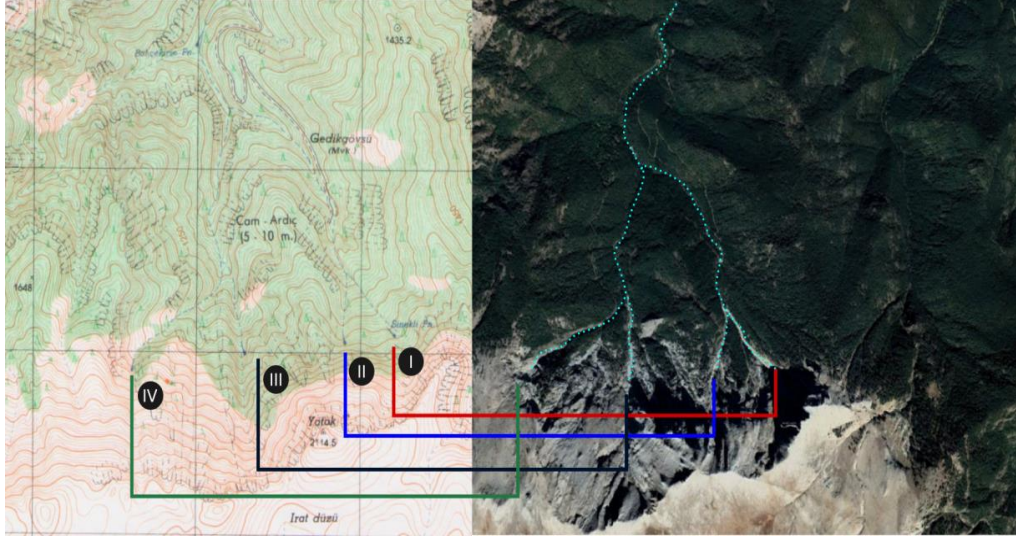
Bu çalışmada, ormanlık bir alanda nispeten dik bir yamaçtan akan İsrafil Deresi'nin su kalitesi, bentik makro omurgasızlar kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Çevrede bulunan bentik makro omurgasızların saprobik koşullarının ve mikrohabitat tercihlerinin belirlenmesi, su kalitesi ile birlikte ekosistem yönetimi ve koruma stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük öneme sahiptir (Lee ve diğ. 2023; Paiva ve diğ. 2023). Bu nedenle, su kalitesi değerlendirilirken, çalışma kapsamında belirlenen bentik makro omurgasızların saprobik koşulları ve mikrohabitat tercihleri de bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Derenin kaynağındaki su kalitesinin referans niteliklerinden dolayı, yerleşim yeri yönünde eğimli olması ve kentsel etkilere maruz kalması nedeniyle dikkat gerektiren bir dere olarak değerlendirilmektedir. İsrafil Deresi'nin su kalite durumu ile ilgili lisans üst seviyede yapılan ilk çalışma niteliğindedir.

2. MATERYAL METOT

2.1 Araştırma Alanı

İsrafil deresi, Babadağ'ın doğusunda, dağın devamı niteliğinde bulunan Karcı Dağı'nın (zirve: 2308 metre, Gökbel Tepe) iki önemli vadilerinden İsrafil vadisi üzerinde bulunmaktadır. Alanda bulunan diğere önemli bir vadi Ornaz vadisidir. Zirve kesimlerde, kar kütleleri oldukça uzun sürelerde mevcudiyetlerini korumaktadır. Son yıllarda kar kütlelerinde azalmalar görülmüştür. İsrafil Deresi'nin bulunduğu vadi, çoğunlukla çalı, orman ve yüksek dağ bitki örtüsü ile kaplıdır. Bölgede Kızılcım (*Pinus brutia*), Kestane (*Castanea sativa*), Kermes Meşesi (*Quercus coccifera*) ve Adi Ardıç (*Juniperus communis*) birlikleri yaygın olarak gözlenmektedir.

İsrafil Deresi'ni besleyen temel dört kaynak yer almaktadır (Şekil 2. 1). Bunlardan sadece bir tanesi Sinekli pınarı (İst1) olarak isimlendirilmiş, diğere üç kaynak için bir isimlendirme tespit edilememiştir. Su kaynakları yaklaşık 1850 – 1900 metreden çıkmaktadır. Bu kaynakların hemen güneyinde (sirtında) Karcı Dağı zirvelerinden biri olan Yatak Tepe (2114,5 metre) bulunmaktadır. Bu dört kaynaktan gelen sular öncelikle ikili şekilde birleşir, devamında bu kollar da birleşerek İsrafil deresini meydana getirir. Dere yatağı boyunca İsrafil deresini besleyen bazı diğere kaynaklar (Bahçekirse pınarları) da bulunmaktadır. Ancak bu kaynaklar sürekli akış göstermemektedir. Zirveden aşağıya yaklaşık 4,5 km bir mesafeyi kat eden dere, Şirinköy tarafından gelen Karaçay Deresi ile birleşerek, Denizli ilinin Bereketli, Hallaçlar olarak bilinen mevkiinde birleşerek Akçay Deresi adını alır ve Çürüksu Havzasına doğru akışına devam eder.

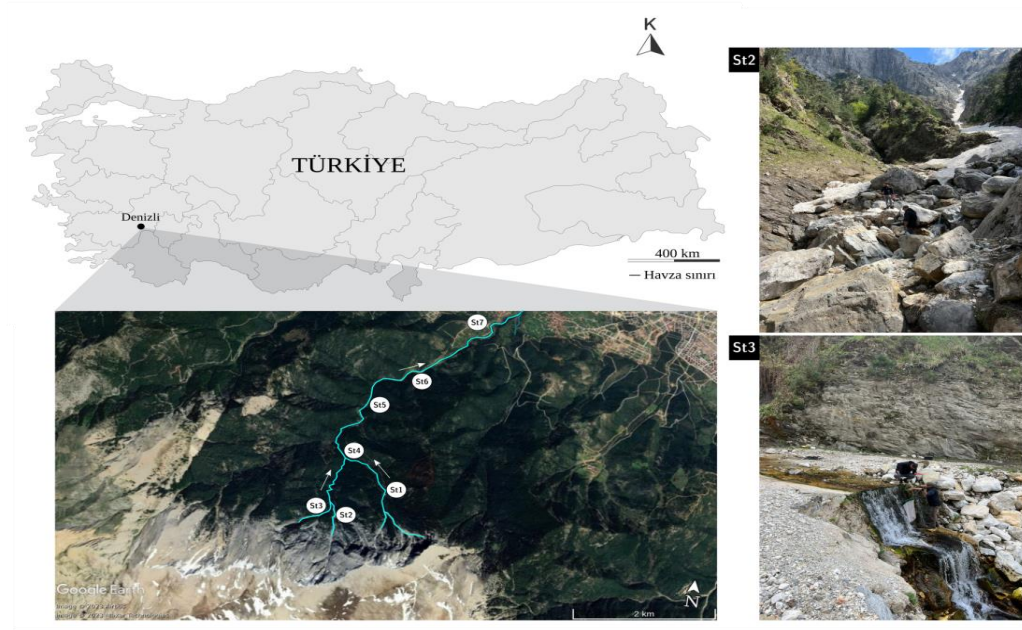


Şekil 2.1: İsrail Deresi kaynaklarının topografik haritada konumları ve uydu görüntüsü.

2.2 Örneklem Noktaları

Çalışma alanı olan İsrail deresi üzerinde, membadan mansaba kadar 7 örneklem noktası belirlenmiştir. (Şekil 2. 2 ve Tablo 2. 1). Bu örneklem noktalarında İsrail deresinin bentik makroomurgasız faunası ve su kalitesi durumunun, uygun biyotik indeksler kullanılarak elde edilen çevresel (fiziksel-kimyasal) verilerle ilişkilendirilip belirlenmesi sağlanmıştır.

İlk üç örneklem noktası, kar ve buz örtüsüyle kaplı vadilerden gelen ve akışın geri kalanını besleyen kaynaklardır. Geriye kalan dört örneklem noktası, kaynakların birleşerek son noktaya ulaştığı akış kolunun üzerinde yer almaktadır. Dördüncü örneklem noktası, ilk üç kaynağın başlangıçtaki birleşiminde yer almaktadır. İlk dört istasyonla benzer şekilde, beşinci örneklem noktası insan etkisinden nispeten etkilenmemiştir. Altıncı örneklem noktası, insan aktivitelerine (yürüyüş ve piknik yapma gibi) ve hayvan ağılı varlığına maruz kalan bir bölgedir. Yedinci örneklem noktası ise yerleşim alanlarına yakındır. Bu konumda, dere yatağı genişler ve su seviyesi sığlaşır, bu bölgede akış hızı durguna yakındır.



Şekil 2.2: İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktaları. Vadi kesitlerine ait (İstasyon 2 ve İstasyon 3) örnek görseller.

Tablo 2. 1: Örnekleme noktalarına ait enlem, boylam ve rakım bilgileri.

Örnekleme Noktası	Enlem	Boylam	Rakım (m)
İst 1	37.728515°	28.983391°	1234
İst 2	37.725371°	28.976216°	1238
İst 3	37.725349°	28.975262°	1240
İst 4	37.736832°	28.973892°	990
İst 5	37.743900°	28.977982°	890
İst 6	37.750563°	28.986221°	792
İst 7	37.758507°	28.997223°	707

2.2.1 İstasyon 1 Örnekleme Noktası

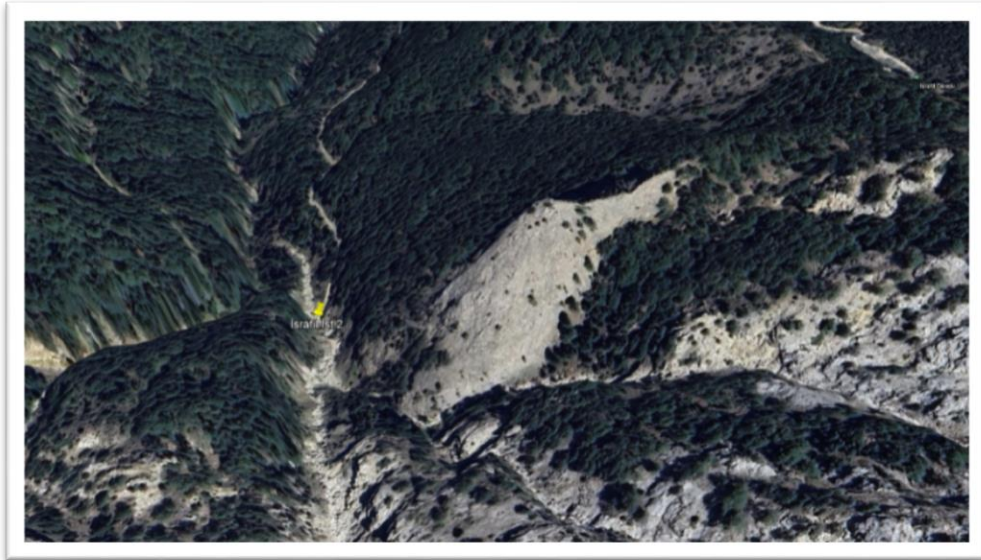
İsrafil Deresi'nin kaynaklarından olan İstasyon 1 örnekleme noktası Sinekli pınarından ve dağ sularından beslenmektedir. Bölgede rakımı 1234 metre, yatak genişliği 1 metre olup, Başkarcı mahallesine yaklaşık 8 km uzaklıktadır (Şekil 2. 3).



Şekil 2. 3: İstasyon 1 örnekleme noktası.

2.2.2 İstasyon 2 Örnekleme Noktası

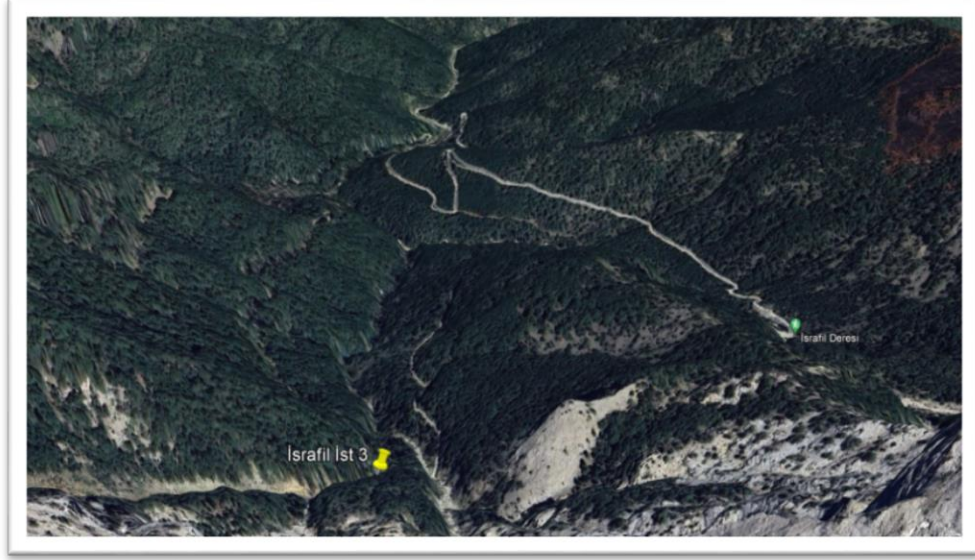
Sinekli pınarının hemen batısında kalan vadiden gelen kaynaktır. İsrafil Deresi'ne bağlanan kollarından biri olan İstasyon 2 örnekleme noktasında rakım 1238 metredir. Vadi ağızlı genişliği yaklaşık 4,5 metre olup, İstasyon 1 örnekleme noktasına yaklaşık 500 metre uzaklıktadır (Şekil 2. 4).



Şekil 2. 4: İstasyon 2 örnekleme noktası.

2.2.3 İstasyon 3 Örnekleme Noktası

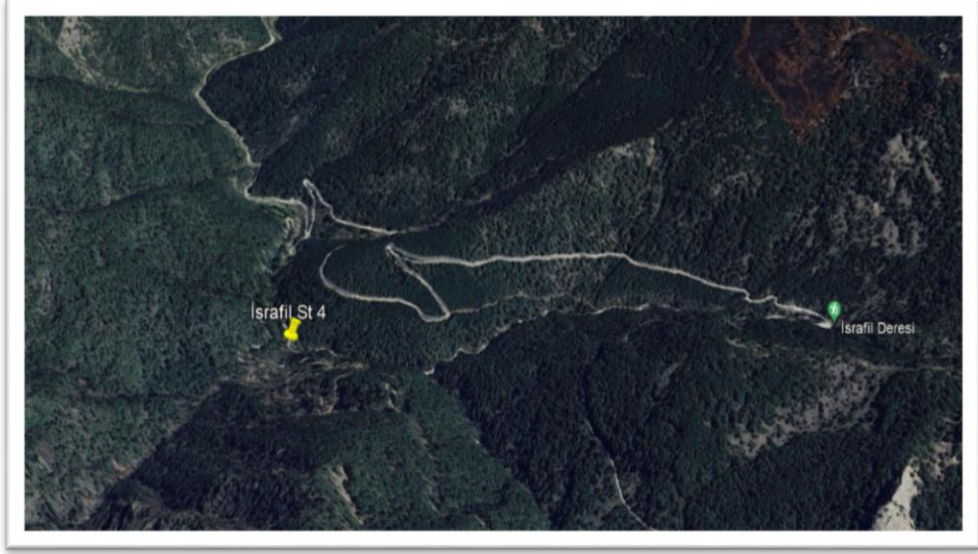
İsrafil deresini besleyen III ve IV no'lu kaynakların (bkz. Şekil 2. 1) birleşmesiyle oluşan İstasyon 3 örnekleme noktasında rakım 1240 metredir. Vadi ağzı genişliği yaklaşık 5 metredir (Şekil 2. 5).



Şekil 2. 5: İstasyon 3 örnekleme noktası.

2.2.4 İstasyon 4 Örnekleme Noktası

İsrafil Deresi'ne bağlanan İst. 1, İst. 2 ve İst. 3 kollarının tek bir yerde bulunduğu İst. 4 örnekleme noktası Başkarcı mahallesine yaklaşık 6 km. uzaklıktadır. Rakım 990 metre olup yatak genişliği yaklaşık 4 metredir (Şekil 2. 6).



Şekil 2. 6: İstasyon 4 örnekleme noktası.

2.2.5 İstasyon 5 Örnekleme Noktası

İsrafil Deresi'nin orta kısmında bulunan İstasyon 5 örnekleme noktasında rakım 890 metre ve yatak genişliği yaklaşık 2,5 metredir (Şekil 2. 7). İnsan etkisi ve otlatmaya kısmi olarak maruz kalan bir bölgedir.



Şekil 2. 7: İstasyon 5 örnekleme noktası.

2.2.6 İstasyon 6 Örnekleme Noktası

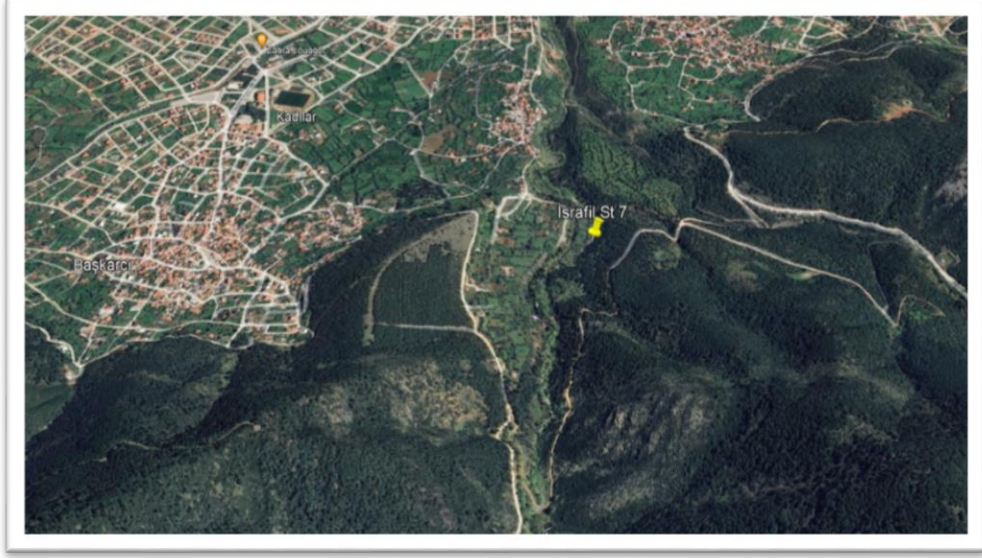
İsrafil Deresi'nin kıvılcım, ardıc ve kestane ağaçlarıyla kaplı olan İstasyon 6 Örnekleme Noktası'nın rakımı 792 olup yatak genişliği 2,28m.'dir. İnsan aktivitelerine (yürüyüş ve piknik yapma gibi) ve hayvan ağılı varlığına maruz kalan bir bölgedir (Şekil 2. 8).



Şekil 2. 8: İstasyon 6 örnekleme noktası.

2.2.7 İstasyon 7 Örnekleme Noktası

İsrafil Deresi mansabında bulunan İstasyon 7 örnekleme noktası son örnekleme alanıdır. Başkarcı mahallesine en yakın noktada bulunmaktadır. Rakımı 707 metre olup yatak genişliği 2,58 m.'dir (Şekil 2. 9).



Şekil 2. 9: İstasyon 7 örnekleme noktası.

2.3 Biyolojik ve Fiziksel-Kimyasal Verilerin Toplanması

Biyolojik ve Fiziksel-Kimyasal veriler; Denizli ili sınırları içerisinde bulunan İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarında Mart 2022 – Aralık 2022 tarihleri arasında toplanmıştır.

2.3.1 Su Örneklerinde Fiziko-Kimyasal Analizler

İsrafil Deresi üzerinden belirlenen örnekleme noktalarından Mart 2022 – Aralık 2022 tarihleri arasında su sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), pH değeri, elektrik iletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$), çözülmüş oksijen (çO_2 mg/l), oksijen doygunluğu (dO_2 %), toplam çözülmüş katı madde (TDS mg/l), tuzluluk (‰), oksidasyon reduksiyon potansiyeli (ORP), akış değerleri arazi sırasında ölçülmüştür. Fiziksel-Kimyasal analizler için kullanılan cihazlar Tablo 2. 2' de verilmiştir.

İstatistiksel analizlerde pH değeri Hidrojen iyonuna dönüştürülerek kantitatif olarak kullanılmıştır.

Tablo 2. 2: Arazi ortamında fiziksel-kimyasal analiz parametreleri ve kullanılan cihazlar.

PARAMETRELER	ÖLÇÜM CİHAZLARI
Su Sıcaklığı (°C)	WTW® pH 330i, WTW® Cond 330i, YSI® 550A
pH	YSI Ecosense pH 100A
ORP (mV)	
çO ₂ (mg/l)	YSI® 550A
TDS (mg/l)	Cond WTW 330i
Salinite (‰)	
İletkenlik (µs/cm)	

2.3.2 Su Örneklerinde İnorganik Madde Analizi

Bu çalışmada, su kimyası analizlerinde spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Arazi sürecinde örnekleme noktalarından alınmış ve karanlık ortamda +4°C'de bekletilen 500 mL'lik su örnekleri polikarbonat filtre tutucusundan (Sartorius stedim®) geçirilerek filtre edilmiştir. Filtreleme işlemi için Ø47 mm'lik cam mikrofiberli filtreler (Whatmann®) kullanılmıştır. Su kimyası analizleri, spektrofotometrik su kimyası analiz cihazı (HACH Lange® DR 2800) ve bu cihaza uygun kitler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler ve yöntemler Tablo 2. 3'te sunulmuştur. Analizler Pamukkale Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Hidrobiyoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. 3: Uygulanan su kimyası analiz testleri, yöntemleri ve ranjları.

Parametre	Yöntem	Ranj
Amonyum Azotu (NH ₃ -N)	Nessler yöntemi	0,02–2,50 mg/L
Demir (Fe)	1, 10 Fenantrolin yöntemi	0,02–3,0 mg/L
Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	Kadmiyum Redüksiyon yöntemi	0,3–30,0 mg/L
Nitrit Azotu (NO ₂ -N)	Diazotizasyon yöntemi	0,002 0,3 mg/L
Klor (Cl)	Merkürük Tiyosiyanat yöntemi	0,1–25,0 mg/L
Sertlik (Ca)	Kalsiyum ve Magnezyum; Kalkmagit Kolorimetrik yöntemi	0,05–4,00 mg/L CaCO ₃
Sertlik (Mg)	Kalsiyum ve Magnezyum; Kalkmagit Kolorimetrik yöntemi	0,05–4,00 mg/L CaCO ₃
Fosfor, Reaktif Ortofosfat (PO ₄ -P)	Askorbik asit yöntemi	0,02–2,50 mg/L

2.3.3 Bentik Omurgasızları Örnekleme, Muhafaza ve Değerlendirme Yöntemleri

Bentik makroomurgasızlarında örnekleme, muhafaza ve teşhis yöntemlerinde Biyolojik İzleme Tebliği dikkate alınmıştır. Mart 2022 - Aralık 2022 tarihleri arasında Denizli il sınırları içinde yer alan İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarından Bentik makroomurgasız örnekleri toplanmıştır. Bentik makroomurgasızlar, sığ sulardan el kepçesi ve tekmeleme tekniği kullanılarak toplanmıştır. Tekmeleme tekniğinde, 500 µm göz açıklığına sahip el kepçesinin ağız kısmı akıntıya karşı gelecek şekilde konumlandırılmış ve önünde kalan kısım yukarıdan aşağıya olmak üzere ayakla karıştırılarak, akıntının da etkisiyle ağın içine dolması sağlanmıştır. Akıntının az olduğu yerlerde ise kepçe karıştırılan bölge üzerinde sallanarak örneğin içeri girmesi sağlanmıştır. Örnek alınırken, istasyonda bulunan farklı habitatlar bulunma bolluklarına göre örneklenmiştir. Örneğin, taşlık alan kumluk alandan daha fazlaysa, taşlık alan daha fazla örneklenmiştir. Sığ akan nehirlerde boy çizmesi giyilerek akarsu yatağının tüm kesiti taranmaya çalışılmıştır.

Toplanan örnekler, ağ açıklığı ile aynı büyüklükteki (0,5-0,75 mm) elek kullanılarak kaba materyalden ayrılmıştır. Örnekler arazide %70'lik etil alkole alınarak, ışık geçirmeyen polietilen saklama kaplarında muhafaza edilmiştir. Laboratuvara götürülen örneklerden ayıklanması bitenler, ilk ayıklama işleminde familya seviyesine kadar teşhis edilmiştir. Bentik makroomurgasızların tayinleri, ordolara veya familyalara ait çeşitli tayin anahtarları kullanılarak yapılmıştır. Tespit edilen familyaların sayıları ve sistematik bilgileri kayıt defterine ve bilgisayar ortamında veri tabanına kaydedilmiştir. Teşhisleri biten örnekler içinde istasyon ismi, koordinatları, arazi tarihi olacak şekilde etiketlenmiş ve Pamukkale Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Hidrobiyoloji Araştırma Laboratuvarında ileride inceleme ve kullanma amaçlı muhafaza edilmiştir. Ayrıca teşhis için Stereo mikroskop (Olympus SZ51) ve araştırma mikroskobu (Olympus SZ2-ILST) kullanılmıştır.

2.3.4 Bentik Omurgasız Teşhis Yöntemleri

Denizli il sınırları içerisinde yer alan İsrafil Deresi'nden toplanan Bentik Omurgasız örneklerinin teşhis sürecinde kullanılan kaynaklar şunlardır:

- Ephemeroptera takımına ait familyaların teşhisinde Belfiore (1983), Belfiore ve diğ. (2000), Macan (1979), Tanatmış (1993), Tanatmış ve Demirsoy (1999), Elliott ve diğ. (1988).

- Oligochaete familyaların teşhisinde Cook (1971), Brinkhust (1974) ve Timm (1990).

- Gammarus familyaların teşhisinde Karaman ve Pinkster (1987), Karaman ve Pinkster (1977a), Karaman (1973), Karaman ve Pinkster (1977b).

- Diptera takımına ait familyaların teşhisinde Şahin (1984), Şahin (1991), Cranston ve diğ. (1987), Papp ve Darvas (1997), Rossaro ve Lencioni (2015a, b), Vallenduuk (2017), Schmid (1993).

- Hemiptera takımına ait familyaların teşhisinde Macan (1965), Hungerford (1948).

- Coleoptera takımına ait familyaların teşhisinde Nilsson ve Holmen (1995).

- Trichoptera takımına ait familyaların teşhisinde Wallace ve diğ. (1990).

- Odonata takımına ait familyaların teşhisinde Demirsoy (1982), Askew (1988).

Ayrıca, Brinkhust ve diğ. (1974), Boucherd (2004), Mandaville (2002), Kruse ve Pritchard (1982), Birmingham (2005), Macan (1977a), Macan (1977b), Nilsson (1995), Nilsson (1997) gibi kaynaklar da tüm sucul fauna öğelerinin teşhisi için başvurulan diğer önemli kaynaklardır.

2.4 Kullanılan Biyotik İndeksler

Aşağıda belirtilen indeks hesaplamaları ASTERICS 3.1 Yazılımı (AQEM Konsorsiyumu 2002) kullanılarak yapılmıştır.

2.4.1 Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi (H')

Shannon-Weiner çeşitlilik indeksi, bir ekosistemde bulunan tür çeşitliliğini ölçmek için kullanılan bir istatistiksel formüldür. Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi şu şekilde hesaplanır:

$$H = - \sum [p_i * \ln(p_i)]$$

Burada:

H = Shannon-Weiner çeşitlilik indeksi

Σ = toplam sembolü

p_i = her türün oransal sıklığı (yani, türün toplam birey sayısının toplam birey sayısına oranı)

$\ln(p_i)$ = p_i sayısının doğal logaritması

Formülde, tüm türlerin (i=1'den n'e) örneklemdaki oransal sıklığı (p_i) alınır, bu değerlerin doğal logaritması ($\ln(p_i)$) hesaplanır ve ardından tüm türlerin $p_i * \ln(p_i)$ değerleri toplanır. Toplam değer, Shannon-Weiner çeşitlilik indeksini temsil eder. Bu indeks, ekosistemdeki tür çeşitliliğinin yüksek veya düşük olmasını değerlendirmek için kullanılır. Yüksek bir çeşitlilik indeksi, ekosistemde zengin ve dengeli bir tür dağılımını gösterirken, düşük bir indeks değeri, tür çeşitliliğinin düşük olduğuna ve ekosistemin daha az dengeli olabileceğine işaret eder.

2.4.2 Peilou'nun Eşitlik İndeksi (J)

Türlerin eşitliği, bir ortamdaki dağılım gösteren her türün sayısının, birbirine ne kadar yakın olduğu anlamını ifade etmektedir. Bir bakıma bu da bir çeşitlilik indeksidir, ancak özellikle bir örnekleme noktasından tespit edilen farklı türlere ait abundans değerlerin toplam miktar içerisinde ne kadar eşit dağılım gösterdiği ile ilgilenir. Peilou'nun Eşitlik indeksi (J), çeşitlilik indeks değerinin (H'), taxa sayısının logaritmasına bölünmesiyle de elde edilebilir. Formülü aşağıdaki gibidir:

$$J = (1 / D) * \Sigma (pi^2)$$

Burada:

J = Peilou'nun Eşitlik İndeksi

D = Ekosistemde bulunan tür sayısı (tür çeşitliliği)

Σ = toplam sembolü (sum symbol)

pi = her türün oransal sıklığı (yani, türün toplam birey sayısının toplam birey sayısına oranı)

Formülde, tüm türlerin (i=1'den N'e) örneklemeindeki oransal sıklıklarının karesi alınır ve bu değerler toplanır. Toplam değer, Peilou'nun Eşitlik İndeksini temsil eder. Bu indeks, türlerin eşit veya eşitsiz bir şekilde dağılımını belirlemek için kullanılır. J indeksi, 0 ile 1 arasında bir değer alır. J=1, tüm türlerin eşit olarak dağıldığını gösterirken, J=0, tüm türlerin eşitsiz bir şekilde dağıldığını gösterir.

2.4.3 Biyolojik İzleme Çalışma Grubu (Biological Monitoring Working Party: BMWP) İndeksi

Biyotik indeksler, su kalitesini sayısal olarak sınıflandırmak için mevcut taksonların ekolojik duyarlılığına, zenginliğine ve çeşitliliğine dayanan değerlerdir. Bentik makroomurgasızlar, su ekosistemlerinde önemli bir rol oynarlar çünkü bazı balık ve kuş türleri için temel besin kaynağıdır ve organik maddelerin ayrışımına

katılırlar. Bu nedenle, bentik makroomurgasızlar temelli birçok biyotik indeks geliştirilmiş ve kullanılmıştır (Callisto ve diğ. 2001; Mandaville 2002; Zeybek ve diğ. 2014). BMWP, organizmaların kirliliğe karşı toleransını temsil eden sayısal bir değerdir ve familya düzeyinde hesaplanır. Belirli familyaların kirliliğe karşı toleransı önceden belirlenmiştir ve kirlilik seviyesi arttıkça BMWP puanı düşerken, kirlilik azaldıkça BMWP puanı artar. BMWP'nin avantajlarından biri, takson puanlamasının familya düzeyinde olmasıdır. Ayrıca, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen "Ülkemize Özgü Su Kalitesi Ekolojik Değerlendirme Sisteminin Kurulması Projesi" kapsamında, Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi'ne uygun olarak Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Puanlama (BMWP) sisteminin kullanılması uygun görülmüştür. Bu çalışmada takson skorları için BMWP İspanyol versiyonu metrik sistemi kullanılmış ve tüm familyaların kendilerine ait takson skorları toplanarak su kalitesi Tablo 2. 4'te verilen puanlamaya göre belirlenmiştir.

Tablo 2. 4: BMWP su kalite sınıfları, skor, kategori ve tanımları.

Su Kalite Sınıfı	Skor	Kategori	Tanım
I	>110	Çok İyi	Kirlenmemiş/Etkilenmemiş
II	71-110	İyi	Temiz fakat kısmen etki altında
III	41-70	Orta	Orta derecede etkilenmiş
IV	11-40	Kötü	Kirli/Etkilenmiş
V	<10	Çok Kötü	Oldukça kirli

2.4.4 Saprobik İndeks

Saprobik indeks, bentik makroomurgasızlar ve diğer organizmaların sucul ekosistemdeki kirlilik düzeyine göre davranışlarını ve dağılımlarını değerlendirir. Bu davranışlar ve dağılımlar, türlerin kirliliğe karşı olan toleranslarına bağlı olarak değişir. Bazı türler, kirliliğe daha dayanıklı iken (xenosaprobik), bazıları daha hassastır (oligosaprobik).

Saprobik indeks, genellikle dört veya beş kategoriye ayrılan saprobik durumlarla ilişkilendirilir. Bu durumlar şunlardır:

Xenosaprobik: Kirliliğe dayanıklı olmayan organizmaların baskın olduğu durum. Kirliliğin çok az olduğu bölgelerde görülür.

Oligosaprobik: Kirliliğe çok az tolerans gösterebilen organizmaların baskın olduğu durum. Çok düşük organik kirliliğin olduğu bölgelerde görülür.

β -Mesosaprobik: Orta seviyede organik kirliliğin olduğu durum. Hem dayanıklı hem de hassas organizmaların bulunduğu bir geçiş durumu.

α -Mesosaprobik: Orta seviyenin üzerinde organik kirliliğin olduğu durum. Diğer saprobik durumlar arasında bir geçiş durumu.

Polysaprobik: Yüksek organik kirliliğin olduğu durum. Kirliliğe dayanıksız organizmaların baskın olduğu bölgelerde görülür.

2.5 Mikrohabitatlar

Su ekosistemleri, çeşitli organizmaların yaşadığı karmaşık ve zengin alanlardır. Bu ekosistemlerdeki organizmaların yaşam alanları, çevre koşullarına ve diğer faktörlere bağlı olarak farklılık gösterir. Bu çeşitlilik, "mikrohabitatlar" olarak adlandırılan küçük yaşam alanlarının varlığı ile ortaya çıkar. Mikrohabitatlar, su ekosistemlerindeki organizmaların yerleştiği ve çeşitli türlerin ihtiyaçlarına uygun olan küçük ölçekli yaşam alanlarıdır. Bu alanlar, farklı özelliklere sahip olabilir ve ekosistemin çeşitli parçalarında bulunabilir. Mikrohabitatlar, sucul ekosistemlerdeki biyolojik çeşitliliği artıran ve organizmaların hayatta kalma ve üreme şansını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Çeşitli mikrohabitat türleri, su ekosistemlerinin özelliklerine göre farklılık gösterebilir. Örneğin, PELAL (PEL) olarak adlandırılan mikrohabitatlar, kaya altları ve taşlı zeminler gibi sert yüzeylerde bulunurken, ARGYLLAL (ARG) mikrohabitatları yumuşak alg örtüleri ile kaplı bölgelerde bulunabilir. PSAMMAL (PSA) mikrohabitatları, kumlu zeminlerde ve AKAL (AKA) mikrohabitatları bitki kökleri ve bitkilerin arasındaki alanda oluşabilir. LİTHAL (LİT) mikrohabitatları, kayalık ve taşlı alanlarda, PHYTAL (PHY) mikrohabitatları ise bitki ve sucul organizmaların etrafında oluşabilir. PARTÜKLER KATI MADDE (Particulate Organic Matter, POM) olarak adlandırılan mikrohabitat, ekosistemdeki organik madde parçacıklarının biriktiği alanlardır.

Mikrohabitatlar, sucul organizmalar için barınma, beslenme ve üreme alanları olarak hayati öneme sahiptir. Bu alanlar, organizmaların diğer türlerle etkileşimlerini de belirler ve ekosistemdeki tür çeşitliliğini artırır. Aynı zamanda, mikrohabitatlar su ekosistemlerindeki türlerin dağılımını ve çeşitliliğini etkileyen faktörlerden biridir.

Bilim insanları ve doğa koruyucuları, mikrohabitatların anlaşılması ve korunması için çaba göstermektedir. Ekosistemlerdeki mikrohabitatların korunması, sucul organizmaların hayatta kalma şansını artırır ve ekosistem sağlığının korunmasına katkı sağlar. Ayrıca, mikrohabitatların çeşitliliği, su ekosistemlerinin biyolojik zenginliğini ve ekolojik dengeyi destekleyen önemli bir unsurdur. Bu nedenle, mikrohabitatların önemi ve korunması, su ekosistemlerinin sürdürülebilirliği için önemli bir konudur.

2.6 Kullanılan Programlar ve İstatistikî Yöntemler

Tüm istatistiksel ve sıralama analizleri R kodlama ile R Studio derleyicisinde gerçekleştirildi (R Core Team, 2023; R Studio Team, 2020). Kanonik Uyum Analizi (Canonical Correspondence Analysis, CCA), çevresel parametreler ile türler arasındaki ilişkiyi sıralamada kullanılmış ve bunların değişkenlik üzerindeki etkisini anlamak için kullanılmıştır. Çoklu çevresel değişkenlerin olduğu veri kümesinde, Varyasyon Enflasyon Faktör (VIF) analizi başlangıçta uygulandı. VIF değeri 10'dan büyük olan değişkenler analizden çıkarıldı. Seçim sonrasında, kalan parametreler, varyansı en iyi açıklayan sınırlı bir modeli uygulamak için stepwise yöntemiyle kullanıldı. Parametreler arasındaki doğrusal ilişkiler Pearson korelasyon matrisi kullanılarak ortaya çıkarıldı. Beta-çeşitlilik temelinde çok değişkenli yayılımın homojenliği, örnekleme dönemlerini karşılaştırmak için yapıldı. Gösterge türlerin belirlenmesinde çok seviyeli desen analizi kullanıldı. Homojenlik ve adım adım analiz sonuçlarının anlamlılığını değerlendirmek için ANOVA testi kullanıldı. Sonrasında, post-hoc test olarak TukeyHSD uygulandı.

3. BULGULAR

Mart 2022 - Aralık 2022 tarihleri arasında İsrafil Deresi üzerinde gerçekleştirilen arazi çalışmalarının sonuçları, biyolojik, fiziksel ve kimyasal analizleriyle birlikte nicel olarak sunulmuştur.

3.1 Bentik Makroomurgasız Faunası

Bu çalışma sonucunda elde edilen toplam 953 bentik makroomurgasız bireyinden; Arthropoda şubesinden Crustacea sınıfına ait 2 takım bulunmuş olup, bu takımlardan Amphipoda'ya ait 1 takson, Isopoda'ya ait 1 takson, Insecta sınıfına ait 7 takım bulunmuş olup, bu takımlardan Coleoptera'ya ait 3 takson, Diptera'ya ait 3 takson, Ephemeroptera'ya ait 4 takson, Hemiptera (Heteroptera)'ya ait 3 takson, Odonata ait 3 takson, Plecoptera'ya ait 3 takson, Trichoptera'ya ait 5 takson, Mollusca şubesinden Gastropoda sınıfına ait 2 takım bulunmuş olup, bu takımlardan Basommatophora'ya ait 2 takson, Neritopsina'ya ait 1 takson, Annelida şubesinden Clitellata sınıfına ait 1 takım bulunmuş olup, Haplotaxida'ya ait 1 takson, tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, İsrafil Deresi üzerinde toplamda 3 şube olmak üzere Bentik Omurgasızlardan 55 takson tespit edilmiştir (Tablo 3. 1).

Tablo 3. 1: İsrafil Deresi'nden tespit edilen bentik makroomurgasızlar ve abundans değerleri.

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
Tubificida							
Naididae							
<i>Dero digitata</i> (Müller, 1774)	-	-	-	-	-	0.2	0.2
<i>Limnodrilus profundicola</i> (Verrill, 1871)	-	-	-	-	-	0.1	0.4
Gastropoda							
Neritidae							
<i>Theodoxus anatolicus</i> (Récluz, 1841)	0.6	0.5	0.4	0.3	-	-	-
Physidae							
<i>Physella acuta</i> (Draparnaud, 1805)	-	-	-	0.6	0.6	0.3	-
Planorbidae							
<i>Gyraulus albus</i> (O. F. Müller, 1774)	-	-	-	0.3	0.4	0.1	0.3
<i>Gyraulus parvus</i> (Say, 1817)	-	-	-	0.3	0.2	0.2	0.1
<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	0.2	0.6	0.3	0.3	0.1

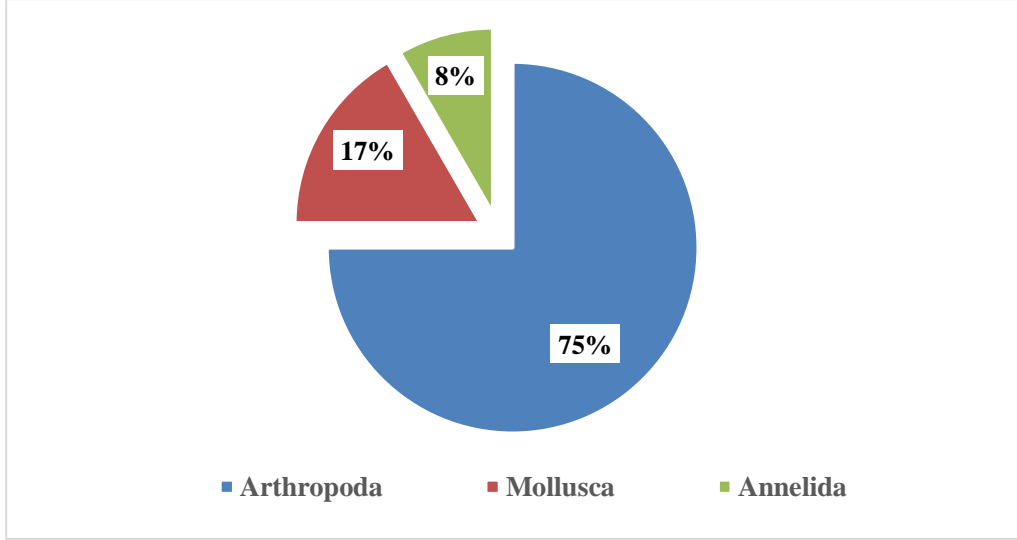
Amphipoda								
Gammaridae								
<i>Gammarus anatoliensis</i> Schellenberg, 1937	0.3	0.6	0.2	0.6	0.5	0.6	0.5	
<i>Gammarus obnixus</i> Karaman & Pinkster, 1977	0.6	0.5	0.2	0.5	0.1	-	0.6	
Isopoda								
Asellidae								
<i>Asellus (Asellus) aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	0.4	0.5	0.6	0.6	0.3	
Coleoptera								
Dytiscidae								
<i>Colymbetes</i> sp.	0.1	0.2	-	-	0.4	0.2	0.1	
Gyrinidae								
<i>Gyrinus caspius</i> Ménétriés, 1832	-	-	0.3	0.2	0.5	0.4	0.4	
Hydrophilidae								
<i>Hydrobius fuscipes</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	0.2	0.6	0.2	0.3	0.3	
Diptera								
Chironomidae								
<i>Chironomus (Chironomus) riparius</i> Meigen, 1804	-	-	-	0.1	0.4	0.4	0.1	
<i>Cricotopus (Isocladius) sylvestris</i> (Fabricius, 1794)	-	-	-	-	0.6	0.1	-	
<i>Cricotopus (Paratrichocladius) rufiventris</i> (Meigen, 1830)	-	-	-	-	0.3	0.6	0.1	
<i>Diamesa (Diamesa) insignipes</i> Kieffer, 1908	0.5	0.2	0.5	-	-	-	-	
<i>Diamesa tonsa</i> (Haliday, 1856)	0.4	0.5	0.4	-	-	-	-	
<i>Polypedilum (Polypedilum) nubeculosum</i> (Meigen, 1804)	0.2	-	-	-	0.6	0.2	0.3	
<i>Polypedilum (Polypedilum) nubiferum</i> (Skuse, 1889)	0.1	-	0.2	0.4	0.5	0.3	0.1	
<i>Synorthocladius semivirens</i> (Kieffer, 1909)	0.1	-	-	0.4	0.3	0.2	0.4	
<i>Tanypus (Tanypus) punctipennis</i> Meigen, 1818	-	-	-	0.3	0.6	0.1	0.1	
<i>Tanypus (Tanypus) vilipennis</i> (Kieffer, 1918)	-	-	-	0.2	0.6	0.5	0.2	
Simuliidae								
<i>Prosimulium fulvipes</i> (Edwards, 1921)	1.3	0.8	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	
Tipulidae								
<i>Tipula rufina</i> Meigen, 1818	-	-	0.1	0.5	0.6	-	0.2	
Ephemeroptera								
Baetidae								
<i>Alainites muticus</i> (Linnaeus, 1758)	0.1	0.2	-	0.4	0.1	-	0.5	
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	-	-	0.1	0.4	0.2	0.4	0.5	
<i>Baetis vernus</i> Curtis, 1834	-	-	-	-	0.3	0.6	0.5	
<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus, 1761)	0.2	0.6	0.3	0.5	0.3	0.4	0.5	
<i>Cloeon simile</i> Eaton, 1870	1.3	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2	
Ephemeridae								
<i>Ephemera vulgata</i> Linnaeus, 1758	-	0.1	0.4	0.1	0.3	0.3	0.1	
Heptageniidae								
<i>Epeorus alpicola</i> (Eaton, 1871)	0.8	0.1	-	0.4	0.4	0.2	-	
<i>Rhithrogena germanica</i> Eaton, 1885	0.5	0.2	0.2	0.6	-	0.2	0.1	
<i>Rhithrogena semicolorata</i> (Curtis, 1834)	0.8	0.3	0.2	0.0	0.4	0.1	0.2	
Potamonthidae								
<i>Potamanthus luteus</i> (Linnaeus, 1767)	0.2	0.7	0.3	-	0.1	0.3	0.3	
Heteroptera								
Corixidae								
<i>Micronecta (Dichaetonecta) scholtzi</i> (Fieber, 1860)	0.3	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	0.6	
<i>Sigara (Pseudovermicorixa) nigrolineata</i> (Fieber, 1848)	0.1	-	0.1	0.6	0.2	0.4	0.3	
Gerridae								
<i>Aquarius paludum</i> (Fabricius, 1794)	-	-	-	0.4	0.3	0.1	0.3	
Notonectidae								

<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus, 1758	-	-	-	0.1	0.5	0.6	0.2
Odonata							
Coenagrionidae							
<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander Linden, 1825)	0.1	-	-	0.5	0.2	0.1	-
Libellulidae							
<i>Leucorrhinia caudalis</i> (Charpentier, 1840)	0.1	-	-	0.1	0.3	-	-
Aeshnidae							
<i>Anax imperator</i> Leach in Brewster, 1815	-	0.1	-	0.6	0.3	0.1	0.4
Plecoptera							
Chloroperlidae							
<i>Chloroperla</i> sp.	0.2	0.1	0.1	0.5	0.6	0.1	-
Nemouridae							
<i>Nemoura</i> sp.	0.9	0.6	0.2	0.4	0.5	0.1	-
Trichoptera							
Hydropsychidae							
<i>Hydropsyche fulvipes</i> (Curtis, 1834)	0.2	0.8	0.4	0.5	-	0.3	0.1
<i>Hydropsyche instabilis</i> (Curtis, 1834)	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5
<i>Hydropsyche siltalai</i> Doepler, 1963	0.0	0.2	0.4	0.5	0.0	0.6	0.5
Philopotamidae							
<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)	0.2	0.3	0.1	-	0.2	-	0.6
<i>Wormaldia</i> sp.	0.1	-	0.1	0.6	0.5	0.1	0.4
Polycentropodidae							
<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	-	0.2	0.0	0.3	0.3	0.4	0.2
Psychomyiidae							
<i>Lype phaeopa</i> (Stephens, 1836)	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.4
<i>Lype reducta</i> (Hagen, 1868)	0.1	-	-	0.2	-	0.6	0.4
Rhyacophilidae							
<i>Rhyacophila dorsalis</i> (Curtis, 1834)	0.3	-	-	0.4	0.1	0.5	0.2
<i>Rhyacophila fasciata</i> Hagen, 1859	0.2	-	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2
<i>Rhyacophila obliterated</i> McLachlan, 1863	-	-	0.1	0.3	0.4	0.1	-

3.2 İsrail Deresi Üzerinde Tespit Edilen Bentik Makroomurgasızların Dağılımları

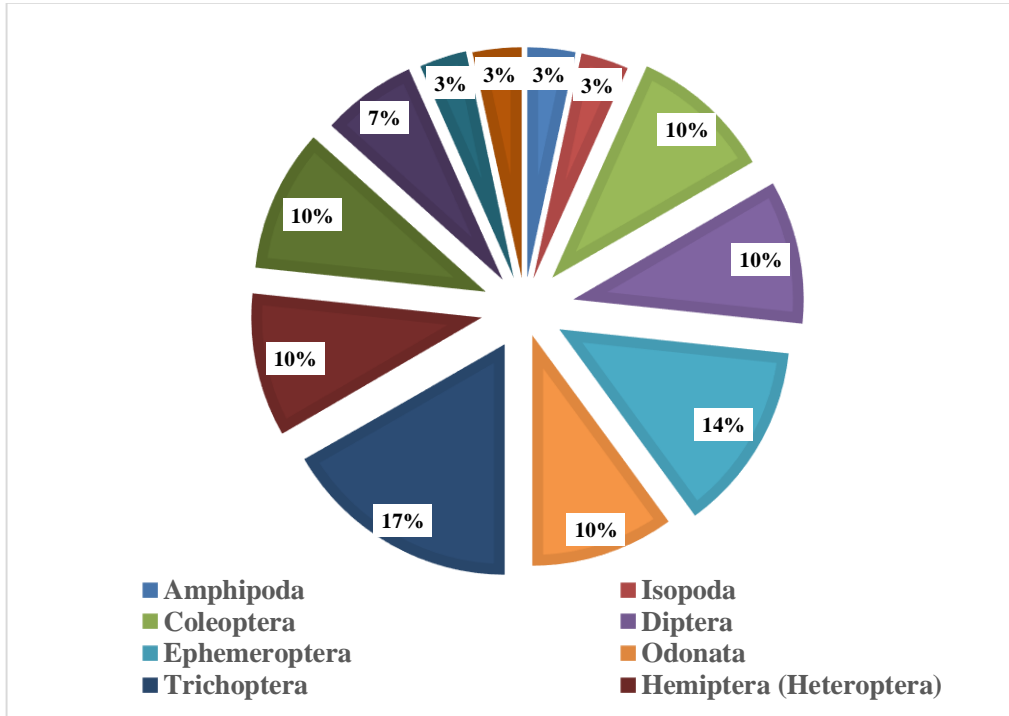
Arazi çalışmaları süresince tespit edilen Bentik Omurgasızların %'lik oranları Şekil 3. 1 ve Şekil 3. 2'de verilmiştir.

Arazi çalışması süresince, İsrail Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarında tespit edilen Bentik omurgasızlar içinde en fazla %75 ile Arthropoda şubesinden ait üyeler, ikinci olarak %17 ile Mollusca şubesine ait üyeler, üçüncü olarak %8 ile Annelida şubesine ait üyeler bulunmaktadır (Şekil 3. 1).



Şekil 3. 1: İsrafil Deresi üzerinde tespit edilen Arthropoda, Mollusca ve Annelida üyelerinin dağılım oranları.

İsrafil Deresi üzerinde tespit edilen takımlardan, (%17) ile en fazla Trichoptera takımı bulunmuştur. Bunu, Ephemeroptera takımı (%14), Diptera takımı (%10), Coleoptera takımı (%10), Odonata takımı (%10), Hemiptera (Heteroptera) takımı (%10), Plecoptera takımı (%10), Basommatophora takımı (%7), Amphipoda takımı(%3), Isopoda takımı (%3), Haplotaxida takımı (%3), Neritopsina takımı (%3) ile takip etmektedir (Şekil 3. 2).



Şekil 3. 2: İsrafil Deresi üzerinde tespit edilen bentik makroomurgasız takımlarının dağılımları.

3.3 İsrafil Deresi Üzerinde Belirlenen Örnekleme Noktalarına Ait Su Örneklerinde Fiziko-Kimyasal Analiz Sonuçları

İsrafil Deresi üzerinde belirlenen istasyonlardan Mart 2022- Aralık 2022 tarihlerinde alınan su örneklerinde ölçülen fiziko-kimyasal veriler Tablo 3. 2'de verilmektedir.

Sonuçlar, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2016)'ya göre değerlendirildiğinde; İstasyon 1 örnekleme noktası su kalitesi, pH değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 7,70, elektrik iletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Eylül ayında en düşük değer Nisan ayında ortalama değer 343,50, çözünmüş oksijen (mg/L) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Nisan ve Haziran aylarında en düşük değer Kasım ayında ortalama değer 10,23 olarak değerlendirilmiştir.

İstasyon 2 örnekleme noktası su kalitesi, pH değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 8,26, elektrik iletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 343,39, çözünmüş oksijen (mg/L) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Haziran ayında en düşük değer Ekim ayında ortalama değer 11,31 olarak değerlendirilmiştir.

İstasyon 3 örnekleme noktası su kalitesi, pH değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Ekim ayında en düşük değer Aralık ayında ortalama değer 8,04, elektrik iletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Haziran ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 340,69, çözünmüş oksijen (mg/L) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Haziran ayında en düşük değer Ekim ayında ortalama değer 11,09 olarak değerlendirilmiştir.

İstasyon 4 örnekleme noktası su kalitesi, pH değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Temmuz ayında en düşük değer Ağustos ayında ortalama değer 8,14, elektrik iletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) değeri bakımından yüksek kaliteli

su (I) en yüksek değer Ekim ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 339,50, çözünmüş oksijen (mg/L) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Ekim ayında ortalama değer 10,98 olarak değerlendirilmiştir.

İstasyon 5 örnekleme noktası su kalitesi, pH değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Aralık ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 7,78, elektrik iletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 340,09, çözünmüş oksijen (mg/L) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Ekim ayında ortalama değer 10,06 olarak değerlendirilmiştir.

İstasyon 6 örnekleme noktası su kalitesi, pH değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Ekim ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 8,11, elektrik iletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Ekim ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 339,08, çözünmüş oksijen (mg/L) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) fakat Ekim ve Kasım aylarındaaz kirlenmiş su (II) en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Ekim ayında ortalama değer 9,79 olarak değerlendirilmiştir.

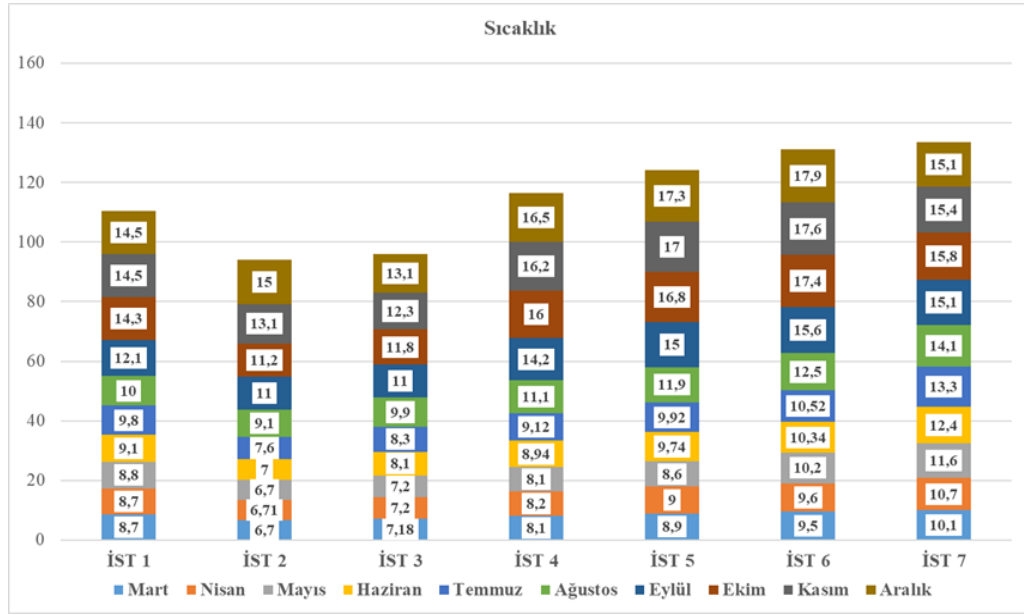
İstasyon 7 örnekleme noktası su kalitesi, pH değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) en yüksek değer Ağustos ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 7,54, elektrik iletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) değeri bakımından az kirlenmiş su (II) en yüksek değer Kasım ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 409,06, çözünmüş oksijen (mg/L) değeri bakımından yüksek kaliteli su (I) fakat Ekim ve Kasım aylarında az kirlenmiş su (II) en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Ağustos ayında ortalama değer 8,98 olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3. 2: İsrail Deresi üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerinin ortalama ve standart sapma fiziksel-kimyasal madde analiz sonuçları. (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2016) kıta içi su kaynaklarına göre değerlendirilmiştir).

Parametreler / İstasyonlar	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7
Su Sıcaklığı(°C)	11.05 ±2.54	9.41 ±3.01	9.61 ±2.3	11.65 ±3.66	12.42 ±3.7	13.12 ±3.59	13.36 ±2.07
ÇO(mg/l)	10.24 ±0.94 (I)	11.31 ±1.34 (I)	11.09 ±1.32 (I)	10.99 ±1.37 (I)	10.07 ±1.48 (I)	9.79 ±1.5 (I)	8.99 ±1.97 (I)
DO(mg/l)	87.97 ±8.03 (I)	92.68 ±10.98 (I)	93.34 ±11.12 (I)	92.45 ±11.5 (I)	89.43 ±13.1 (I)	87.38 ±13.37 (I)	89.82 ±14.65 (I)
pH	7.71 ±0.47 (I)	8.27 ±0.45 (I)	8.04 ±0.52 (I)	8.14 ±0.52 (I)	7.79 ±0.53 (I)	8.12 ±0.59 (I)	7.55 ±0.41 (I)
EC (µS/cm)	343.5 ±5.16 (I)	343.4 ±5.81 (I)	340.69 ±6.03 (I)	339.5 ±10.32 (I)	340.09 ±10.66 (I)	339.09 ±13.84 (I)	409.6 ±77.2 (I)
TDS (mg/l)	188.59 ±5.11	200.79 ±5.11	203.3 ±5.08	198.91 ±6.66	198.11 ±5.43	198.4 ±5.86	324.6 ±12.34
ORP (mV)	-89.8 ±2.63	-89.89 ±3.49	-85.2 ±6.26	-85.71 ±5.35	-87.81 ±3.16	-200.02 ±5.32	-136.16 ±43.82
Salinite (ppt)	0.0 ±0	0.0 ±0	0.0 ±0	0.0 ±0	0.0 ±0	0.0 ±0	0.0 ±0
Akış (ms ⁻¹)	0.38 ±0.26	1.33 ±0.4	1.95 ±0.53	1.54 ±0.03	0.7 ±0.3	0.4 ±0.34	0.32 ±0.22

3.3.1 Sıcaklık (°C)

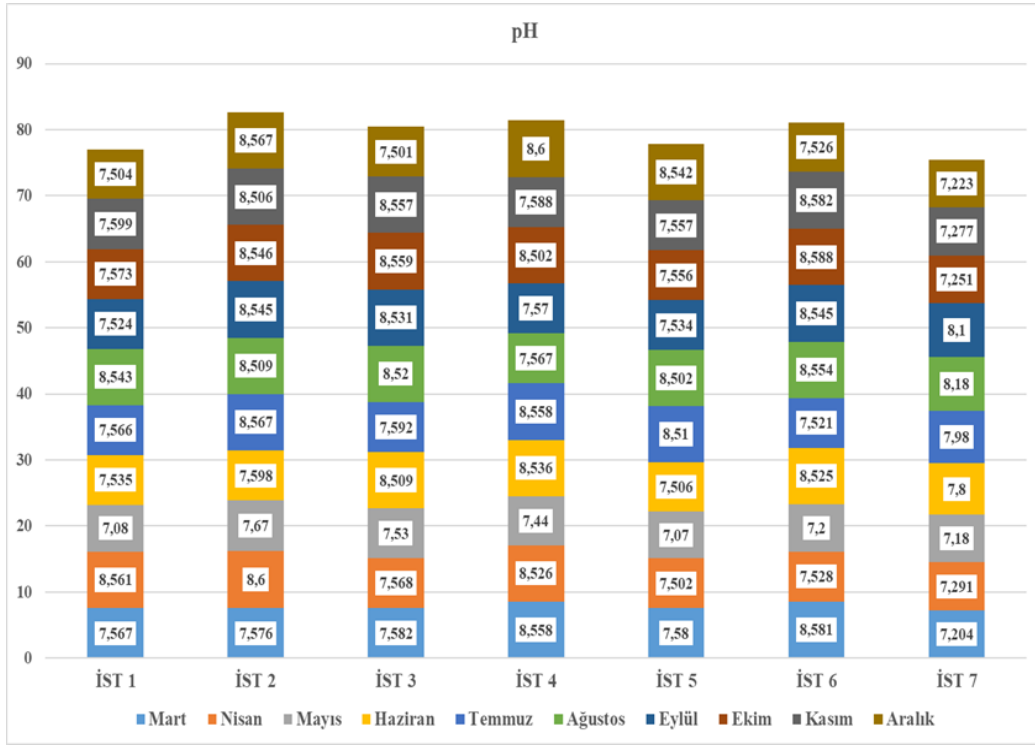
Arazi çalışmaları süresince elde edilen su sıcaklığı verileri Şekil 3. 3'de verilmiştir. Buna göre; en yüksek su sıcaklığı İstasyon 6 örnekleme noktası Aralık ayında 17,9 °C, en düşük su sıcaklığı ise 6,7 °C olarak İstasyon 2 örnekleme noktası Mart ve Mayıs aylarında saptanmıştır (Şekil 3. 3).



Şekil 3. 3: Su sıcaklığının İsrail Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi

3.3.2 pH

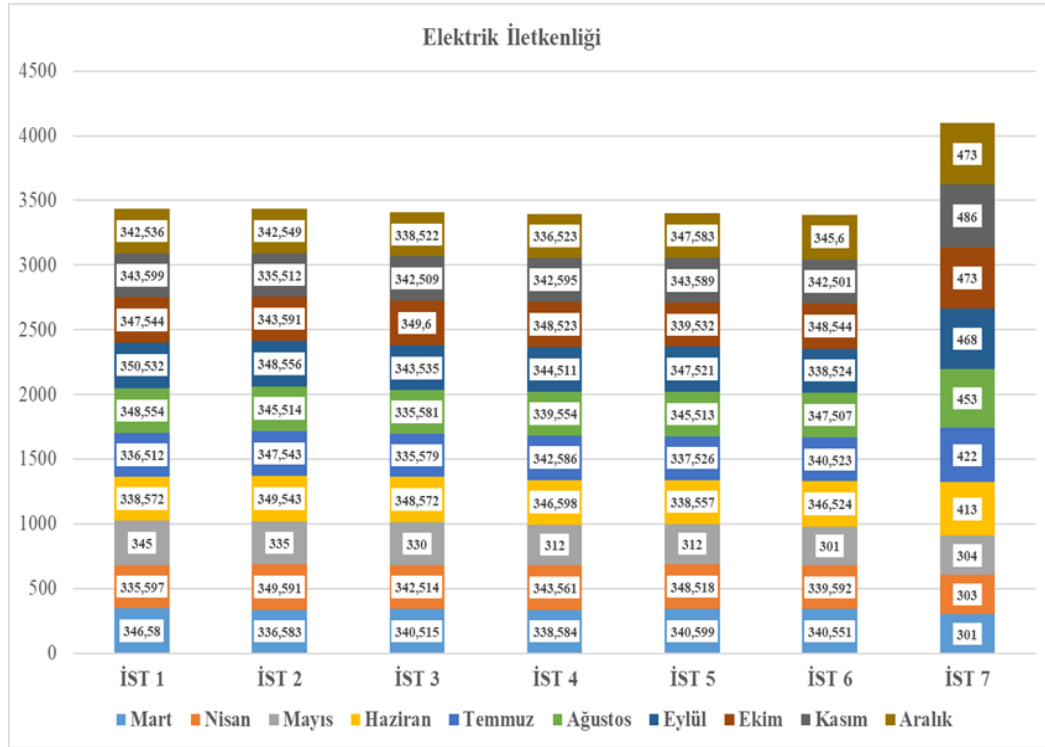
Arazi çalışmaları süresince elde edilen pH verileri Şekil 3. 4'de verilmiştir. Buna göre; en yüksek pH değeri Aralık ayında İstasyon 4 örnekleme noktasında 8,6 olarak saptanmıştır. En düşük pH değeri ise Mayıs ayında 7,07 olarak İstasyon 5 örnekleme noktasında saptanmıştır (Şekil 3. 4).



Şekil 3. 4: pH değerinin İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi.

3.3.3 Elektrik İletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$)

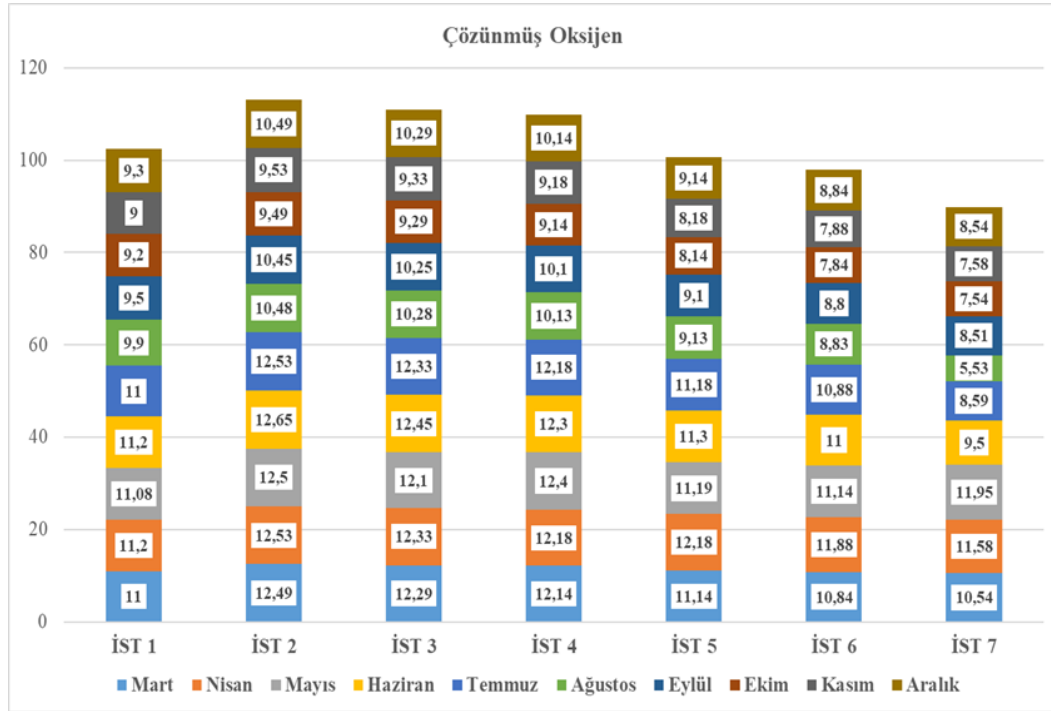
Arazi çalışmaları süresince elde edilen elektrik iletkenliği verileri Şekil 3. 5’ de verilmiştir. Buna göre; en yüksek elektrik iletkenliği değeri $486 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ olarak Kasım ayında İstasyon 7 örnekleme noktasında saptanmıştır. En düşük elektrik iletkenliği değeri ise İstasyon 6 örnekleme noktası Mayıs ayında ve İstasyon 7 örnekleme noktası Mart ayında $301 \mu\text{S} / \text{cm}^{-1}$ olarak saptanmıştır (Şekil 3. 5).



Şekil 3. 5: Elektrik iletkenliğinin İsrail Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi.

3.3.4 Çözünmüş Oksijen (mg/L)

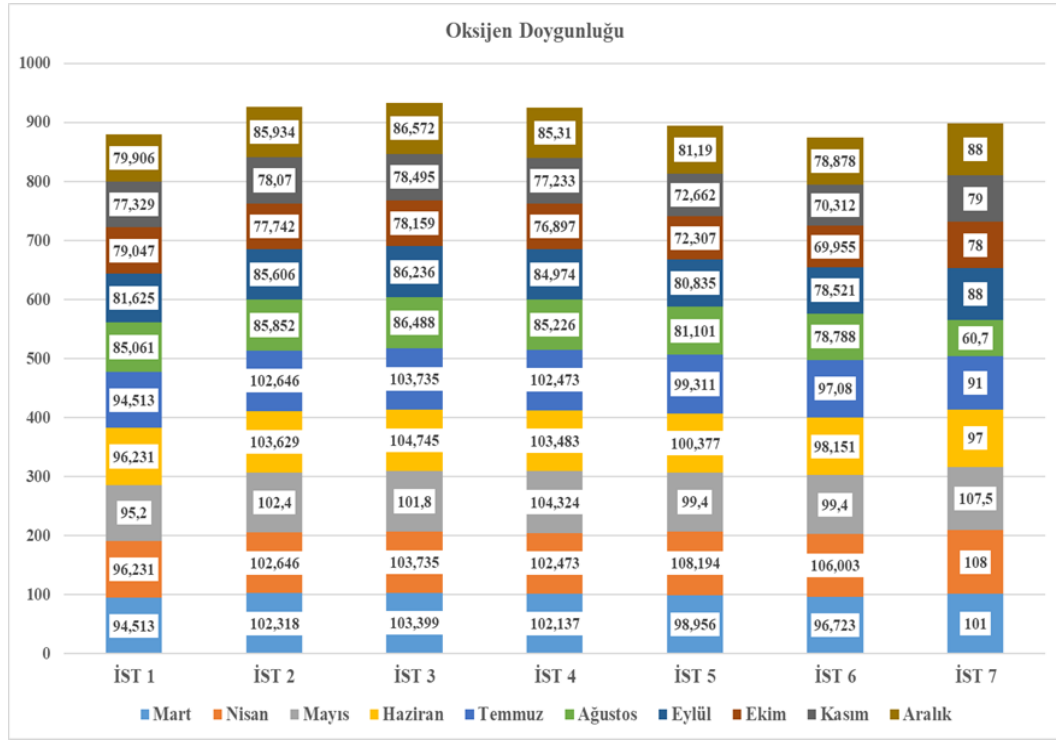
Arazi çalışmaları süresince elde edilen çözünmüş oksijen miktarı verileri Şekil 3. 6'da verilmiştir. Buna göre; en yüksek çözünmüş oksijen miktarı 12,65 mg/l olarak Haziran ayında İstasyon 2 örnekleme noktasında saptanmıştır. En düşük çözünmüş oksijen miktarı ise Ağustos ayında İstasyon 7 örnekleme noktasında 5,53 mg/l olarak saptanmıştır (Şekil 3. 6).



Şekil 3. 6: Çözünmüş oksijenin, İsrafil Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi.

3.3.5 Oksijen Doygunluğu (%)

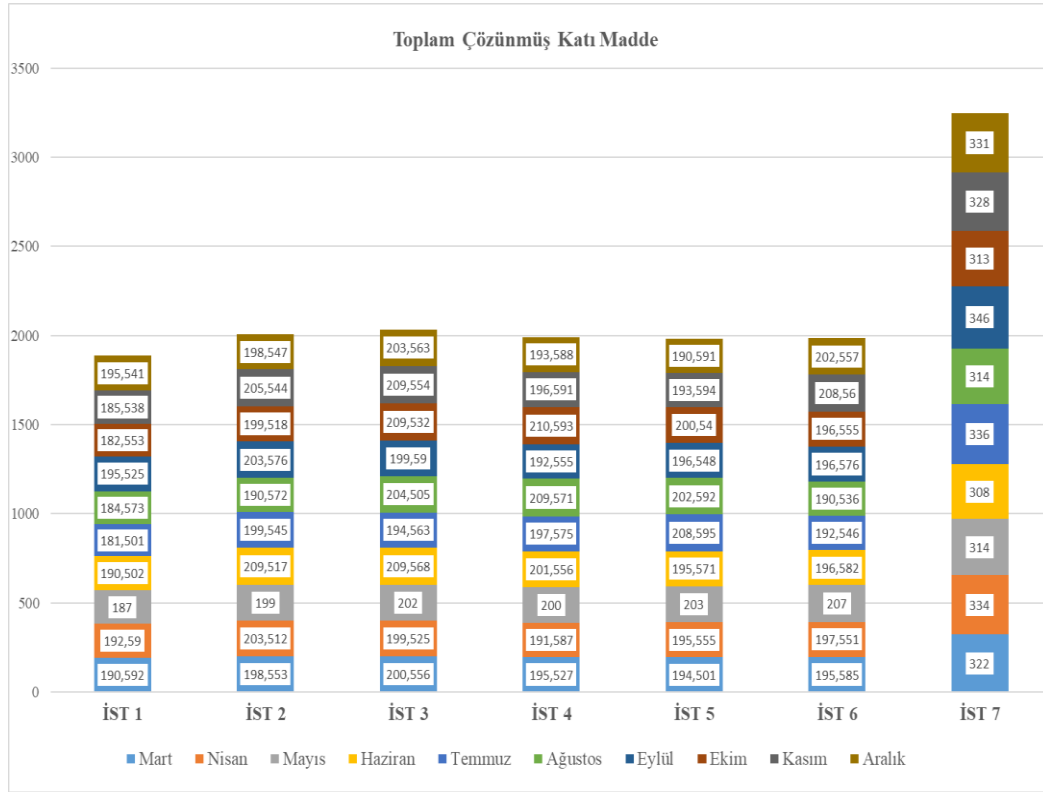
Arazi çalışmaları süresince elde edilen doymuş oksijen miktarı verileri Şekil 3. 7'de verilmiştir. Buna göre; en yüksek oksijen doygunluğu değeri %108,194 olarak Nisan ayında İstasyon 5 örnekleme noktasında saptanmıştır. En düşük oksijen doygunluğu değeri ise Ekim ayında İstasyon 5 örnekleme noktasında % 69,955 olarak saptanmıştır (Şekil 3. 7).



Şekil 3. 7: Oksijen doygunluğu değerinin, İsrail Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi.

3.3.6 Toplam Çözünmüş Katı Madde (mg/L)

Arazi çalışmaları süresince elde edilen toplam çözünmüş katı madde miktarı verileri Şekil 3. 8'de verilmiştir. Buna göre; en yüksek TDS değeri 346 mg/l olarak Eylül ayında İstasyon 7 örnekleme noktasında saptanmıştır. En düşük TDS değeri ise İstasyon 1 örnekleme noktasında 182,553 mg/l olarak saptanmıştır (Şekil 3. 8).



Şekil 3. 8: TDS değerinin, İsrail Deresi üzerinde belirlenen örnekleme noktalarına göre değişimi

3.4 İsrail Deresi Üzerinde Belirlenen Örnekleme Noktalarına Ait Su Örneklerinde İnorganik-Kimyasal Analiz Sonuçları

İsrail Deresi üzerinde belirlenen istasyonlardan Mart 2022 - Aralık 2022 tarihlerinde alınan su örneklerinde ölçülen inorganik-kimyasal veriler Tablo 3. 3'de verilmektedir.

İstasyon 1 örnekleme noktası $\text{NH}_4\text{-N}$ değeri bakımından bütün aylarda aynı sayıda ve ortalama değer 0,02 olarak, $\text{NO}_2\text{-N}$ değeri bakımından bütün aylarda aynı sayıda ve ortalama değer 0,02, $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri bakımından en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 0,79, PO_4 değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Haziran ayında ortalama değer 3,08, Fe^{+3} değeri bakımından en yüksek değer Mart ve Eylül aylarında en düşük değer Ağustos ayında ortalama değer 0,29, Cl^- değeri bakımından en yüksek değer Kasım ayında en düşük değer Nisan ve Eylül aylarında ortalama değer 30,07, Ca değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Ekim ayında ortalama değer 1,56, Mg değeri bakımından en yüksek değer Mayıs, Ağustos ve Ekim aylarında en düşük

değer Aralık ayında ortalama değer 0,07, Sertlik değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Aralık ayında ortalama değer 4,21 olarak ölçüm yapılmıştır.

İstasyon 2 örnekleme noktası NH₄-N değeri bakımından bütün aylarda aynı sayıda ve ortalama değer 0,02 olarak, NO₂-N değeri bakımından en yüksek değer Eylül ayında en düşük değer Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Kasım ve Aralık aylarında ortalama değer 0.04, NO₃-N değeri bakımından en yüksek değer Temmuz ayında en düşük değer Kasım ayında ortalama değer 0,85, PO₄ değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Nisan ayında ortalama değer 2,88, Fe⁺³ değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Ekim ayında ortalama değer 0,31, Cl⁻ değeri bakımından en yüksek değer Temmuz, Eylül, Ekim ve Aralık aylarında en düşük değer Kasım ayında ortalama değer 30,07, Ca değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Ağustos ayında ortalama değer 1,58, Mg değeri bakımından en yüksek değer Kasım ayında en düşük değer Mart, Mayıs ve Temmuz aylarında ortalama değer 0,08, Sertlik değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 4,30 olarak ölçüm yapılmıştır.

İstasyon 3 örnekleme noktası NH₄-N değeri bakımından en yüksek değer Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 0,03 olarak, NO₂-N değeri bakımından bütün aylarda aynı sayıda ve ortalama değer 0,02, NO₃-N değeri bakımından en yüksek değer Ağustos ayında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 1,25, PO₄ değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Aralık ayında ortalama değer 3,09, Fe⁺³ değeri bakımından en yüksek değer Mart ayında en düşük değer Eylül ayında ortalama değer 0,30, Cl⁻ değeri bakımından en yüksek değer Ağustos ayında en düşük değer Eylül ve Ekim aylarında ortalama değer 29,85, Ca değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 1,57, Mg değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ve Ağustos aylarında en düşük değer Haziran ayında ortalama değer 0,17, Sertlik değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Haziran ayında ortalama değer 4,65 olarak ölçüm yapılmıştır.

İstasyon 4 örnekleme noktası NH₄-N değeri bakımından en yüksek değer Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında en düşük değer Mart ayında

ortalama değer 0,03, NO₂-N değeri bakımından en yüksek değer Eylül ayında en düşük değer Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında ortalama değer 0,03, NO₃-N değeri bakımından en yüksek değer Ağustos ayında en düşük değer Kasım ayında ortalama değer 0,94, PO₄ değeri bakımından en yüksek değer Mart ayında en düşük değer Ağustos ayında ortalama değer 3,03, Fe⁺³ değeri bakımından en yüksek değer Mart ayında en düşük değer Haziran ve Ekim aylarında ortalama değer 0,23, Cl⁻ değeri bakımından en yüksek değer Mart ayında en düşük değer Eylül ayında ortalama değer 29,95, Ca değeri bakımından en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Eylül ayında ortalama değer 0,76, Mg değeri bakımından en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Temmuz ayında ortalama değer 0,89, Sertlik değeri bakımından en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Eylül ayında ortalama değer 5,55 olarak ölçüm yapılmıştır.

İstasyon 5 rnekleme noktası NH₄-N değeri bakımından en yüksek değer Aralık ayında en düşük değer Nisan ayında ortalama değer 0,6, NO₂-N değeri bakımından en yüksek değer Ekim ayında en düşük değer Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Kasım ve Aralık aylarında ortalama değer 0,07, NO₃-N değeri bakımından en yüksek değer Nisan ayında en düşük değer Temmuz ayında ortalama değer 1,25, PO₄ değeri bakımından en yüksek değer Haziran ayında en düşük değer Mayıs ayında ortalama değer 3,05, Fe⁺³ değeri bakımından bütün aylarda aynı sayıda ve ortalama değer 0,01, Cl⁻ değeri bakımından en yüksek değer Haziran ayında en düşük değer Aralık ayında ortalama değer 46,53, Ca değeri bakımından en yüksek değer Eylül ve Kasım aylarında en düşük değer Haziran ayında ortalama değer 0,17, Mg değeri bakımından en yüksek değer Temmuz ayında en düşük değer Nisan ve Kasım aylarında ortalama değer 0,19, Sertlik değeri bakımından en yüksek değer Aralık ayında en düşük değer Nisan ayında ortalama değer 1,25 olarak ölçüm yapılmıştır.

İstasyon 6 rnekleme noktası NH₄-N değeri bakımından en yüksek değer Eylül ayında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 2,47, NO₂-N değeri bakımından en yüksek değer Eylül ayında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 0,21, NO₃-N değeri bakımından en yüksek değer Temmuz ayında en düşük değer Haziran ayında ortalama değer 0,95, PO₄ değeri bakımından en yüksek değer Mayıs ayında en düşük değer Temmuz ayında ortalama değer 2,98, Fe⁺³ değeri

bakımından bütün aylarda aynı sayıda ve ortalama değer 0,01, Cl⁻ değeri bakımından en yüksek değer Ekim ayında en düşük değer Haziran ayında ortalama değer 11,58, Ca değeri bakımından en yüksek değer Kasım ayında en düşük değer Eylül ve Ekim aylarında ortalama değer 1,06, Mg değeri bakımından en yüksek değer Aralık ayında en düşük değer Temmuz ayında ortalama değer 0,79, Sertlik değeri bakımından en yüksek değer Kasım ayında en düşük değer Eylül ayında ortalama değer 5,93 olarak ölçüm yapılmıştır.

İstasyon 7 rnekleme noktası NH₄-N değeri bakımından en yüksek değer Haziran ayında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 3,23, NO₂-N değeri bakımından en yüksek değer Haziran ayında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 0,28, NO₃-N değeri bakımından en yüksek değer Aralık ayında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 1,34, PO₄ değeri bakımından en yüksek değer Haziran ayında en düşük değer Aralık ayında ortalama değer 3,01, Fe⁺³ değeri bakımından bütün aylarda aynı sayıda ve ortalama değer 0,01, Cl⁻ değeri bakımından en yüksek değer Aralık ayında en düşük değer Ağustos ayında ortalama değer 13,23, Ca değeri bakımından en yüksek değer Ağustos ayında en düşük değer Mart ve Aralık aylarında ortalama değer 0,43, Mg değeri bakımından en yüksek değer Mayıs, Eylül ve Kasım aylarında en düşük değer Nisan ayında ortalama değer 0,31, Sertlik değeri bakımından en yüksek değer Ağustos ayında en düşük değer Mart ayında ortalama değer 2,39 olarak ölçüm yapılmıştır.

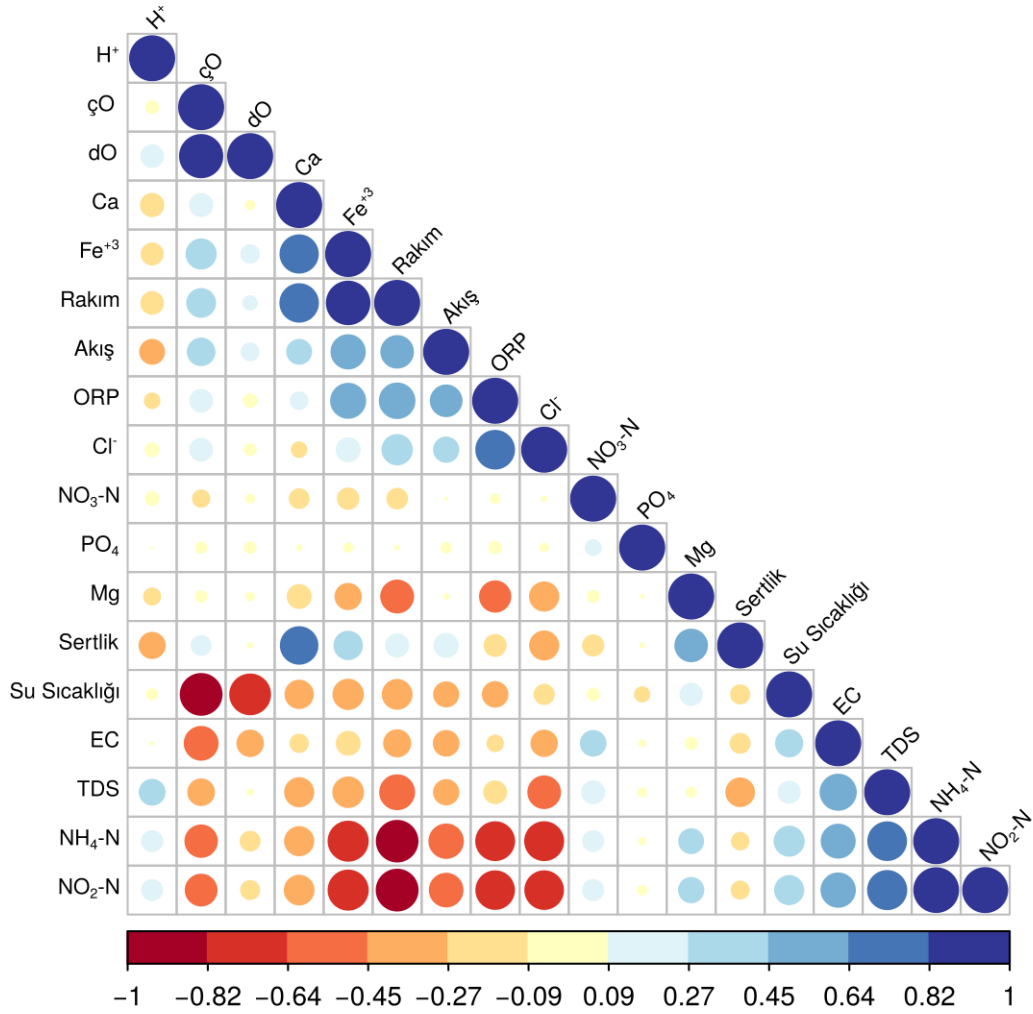
Tablo 3. 3: İsrail Deresi üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan su örneklerinin ortalama ve standart sapma inorganik-kimyasal madde analiz sonuçları.

Parametreler / İstasyon	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7
NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	0,02 ±0	0,02 ±0	0,03 ±0,01	0,03 ±0,01	0,61 ±0,38	2,47 ±0,14	3,24 ±0,49
NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	0,01 ±0	0,04 ±0	0,02 ±0	0,03 ±0,01	0,07 ±0,01	0,21 ±0,01	0,28 ±0,04
NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	0,79 ±0,52	0,85 ±0,49	1,25 ±0,47	0,95 ±0,53	1,25 ±0,47	0,95 ±0,51	1,35 ±0,41
PO ₄ (mg/l)	3,08 ±0,58	2,88 ±0,52	3,1 ±0,57	3,03 ±0,5	3,05 ±0,77	2,98 ±0,57	3,02 ±0,51
Fe ⁺³ (mg/l)	0,3 ±0,04	0,31 ±0,04	0,31 ±0,02	0,24 ±0,02	0,01 ±0	0,01 ±0	0,01 ±0
Cl ⁻ (mg/l)	30,07 ±0,51	30,07 ±0,53	29,86 ±0,5	29,96 ±0,54	46,53 ±2,01	11,59 ±0,78	13,23 ±0,48
Ca (mg/l)	1,56 ±0,03	1,58 ±0,09	1,58 ±0,06	0,76 ±0,43	0,18 ±0,02	1,06 ±0,52	0,44 ±0,41
Mg (mg/l)	0,08 ±0,01	0,09 ±0,02	0,18 ±0,04	0,89 ±0,06	0,2 ±0,01	0,8 ±0,03	0,32 ±0,02
Sertlik (mg/l)	4,21 ±0,08	4,31 ±0,2	4,66 ±0,27	5,56 ±1,11	1,26 ±0,03	5,93 ±1,31	2,4 ±1,03

3.5 Korelasyon Analiz Sonuçları

Beklendiği gibi, korelasyon tablosu su sıcaklığı ile oksijen değerleri arasında güçlü bir negatif korelasyon göstermektedir. Bu da sıcaklığın arttıkça çözülmüş oksijen seviyelerinin azaldığını gösterir. pH (Hidrojen iyon konsantrasyonu olarak), diğer parametreler ile zayıf korelasyon göstermiştir; çünkü diğer değişkenlerle korelasyon katsayıları sifıra yakındır. EC ve TDS birbirleriyle ve su sıcaklığı ile sertlik gibi bazı diğer parametrelerle pozitif olarak korelasyon göstermiştir. ORP, akışla güçlü bir pozitif korelasyon sergilerken, bu da ORP değerlerinin akış hızı arttıkça arttığını göstermektedir. NO₃⁻-N ve PO₄ seviyeleri, Ca ile orta derecede negatif bir korelasyon dışında diğer parametrelerle önemli bir ilişki göstermemektedir. Fe⁺³ içeriği, ORP ve Ca gibi bazı parametrelerle güçlü bir şekilde ilişkilidir, bu da Fe seviyelerinin bu faktörlerden etkilenebileceğini göstermiştir. Cl⁻ ve Mg, orta derecede negatif bir korelasyon gösterir, bu da Cl⁻ seviyeleri arttıkça Mg seviyelerinin azaldığını göstermiştir. Su sertliği, Ca ve Mg gibi bazı parametrelerle

orta derecede pozitif bir korelasyon sergiler, bu da su sertliğinin bu bileşenlerden etkilenebileceğini göstermiştir. Yükseklik parametresi, bazı parametrelerle (pozitif: akış, ORP; negatif: Mg ve TDS) orta derecede negatif ve pozitif korelasyonlar göstermektedir; bu da yüksekliğin bu su kalitesi parametrelerini etkileyebileceğini göstermiştir (Şekil 3. 9).



Şekil 3. 9: Çevresel parametreler ait korelasyon tablosu.

3.6 Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi (H') Sonuçları

Çalışmamızda, İsrafil Deresi'nin biyoçeşitlilik indeks değerlerini ortaya çıkarmak üzere belirlediğimiz 7 örnekleme noktasından tespit ettiğimiz taksonlara Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi (H') uygulanmıştır.

Buna göre; en yüksek H' indeks değeri 7 numaralı istasyonda 3,255, en düşük çeşitlilik indeks değeri 4 numaralı istasyonda 2,847 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3. 4).

Tablo 3. 4: Örnekleme noktalarına ait Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi (H') sonuçları

İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7
3,187	3,087	3,222	2,847	3,041	3,157	3,255

3.7 Peilou'nun Eşitlik İndeksi (J) Sonuçları

Çalışmamızda, İsrail Deresi'nin biyoçeşitlilik indeks değerlerini ortaya çıkartırken, her örnekleme noktasında taksonların ne kadar eşit dağılım gösterdiklerini belirlemek üzere 7 örnekleme noktasından tespit ettiğimiz taksonlara Peilou'nun Eşitlik İndeksi (J) uygulanmıştır. Buna göre; en yüksek eşitlik indeks değeri 3 numaralı istasyonda 1,274, en düşük eşitlik indeks değeri H' indeksinde olduğu gibi 6 numaralı istasyonda 0,796 olarak ölçülmüştür (Tablo 3. 5).

Tablo 3. 5: Örnekleme noktalarına ait Peilou'nun Eşitlik İndeksi (J) sonuçları.

İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6	İstasyon 7
1,075	0,978	1,274	1,003	0,892	0,796	0,982

3.8 Biyolojik İzleme Çalışma Grubu (BMWP) Puanlaması Sonucu

Çalışmamızda, İsrail Deresi'nin su kalite değerlerini ortaya çıkarmak üzere belirlediğimiz 7 örnekleme noktasından tespit ettiğimiz taksonlara Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Puanlama (BMWP) indeksi uygulanmış ve su kalitesi sınıfları Tablo 3. 6'da verilmiştir. Buna göre; belirlenen örnekleme noktalarının tamamında kirlenmemiş/etkilenmemiş (Sınıf I) çok iyi su kalite sınıfında olarak ölçüm yapılmıştır. En yüksek Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Puanlama (BMWP) indeksi değeri 3 numaralı istasyonda Nisan ayında 160, en düşük Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Puanlama (BMWP) değeri 1 numaralı istasyonda Ekim ayında 100 olarak ölçülmüştür.

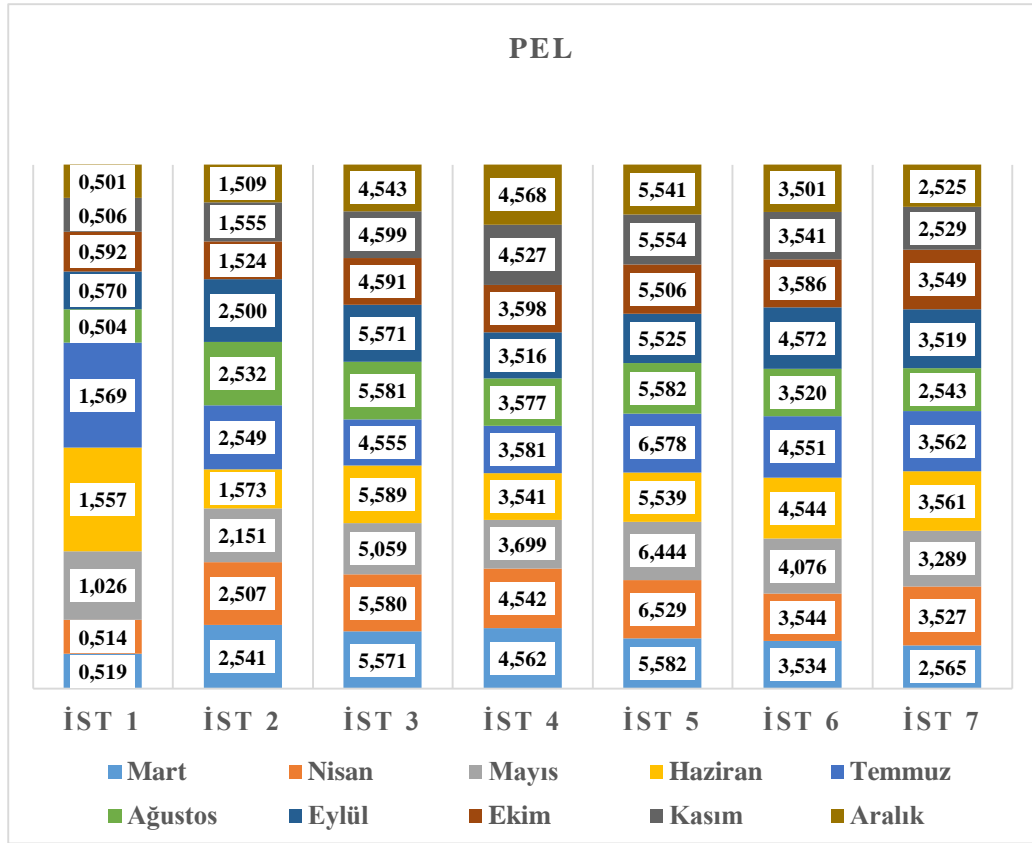
Tablo 3. 6: İsrail Deresi üzerinde belirlenen istasyonların BMWP indeksine göre sınıflandırılması.

İstasyonlar	Su	Kategori	Tanım	Renk
İst 1	I	Çok İyi	Kirlenmemiş/Etkilenmemiş	
İst 2	I	Çok İyi	Kirlenmemiş/Etkilenmemiş	
İst 3	I	Çok İyi	Kirlenmemiş/Etkilenmemiş	
İst 4	I	Çok İyi	Kirlenmemiş/Etkilenmemiş	
İst 5	I	Çok İyi	Kirlenmemiş/Etkilenmemiş	
İst 6	I	Çok İyi	Kirlenmemiş/Etkilenmemiş	
İst 7	I	Çok İyi	Kirlenmemiş/Etkilenmemiş	

3.9 Mikrohabitatlar

3.9.1 PELAL (PEL)

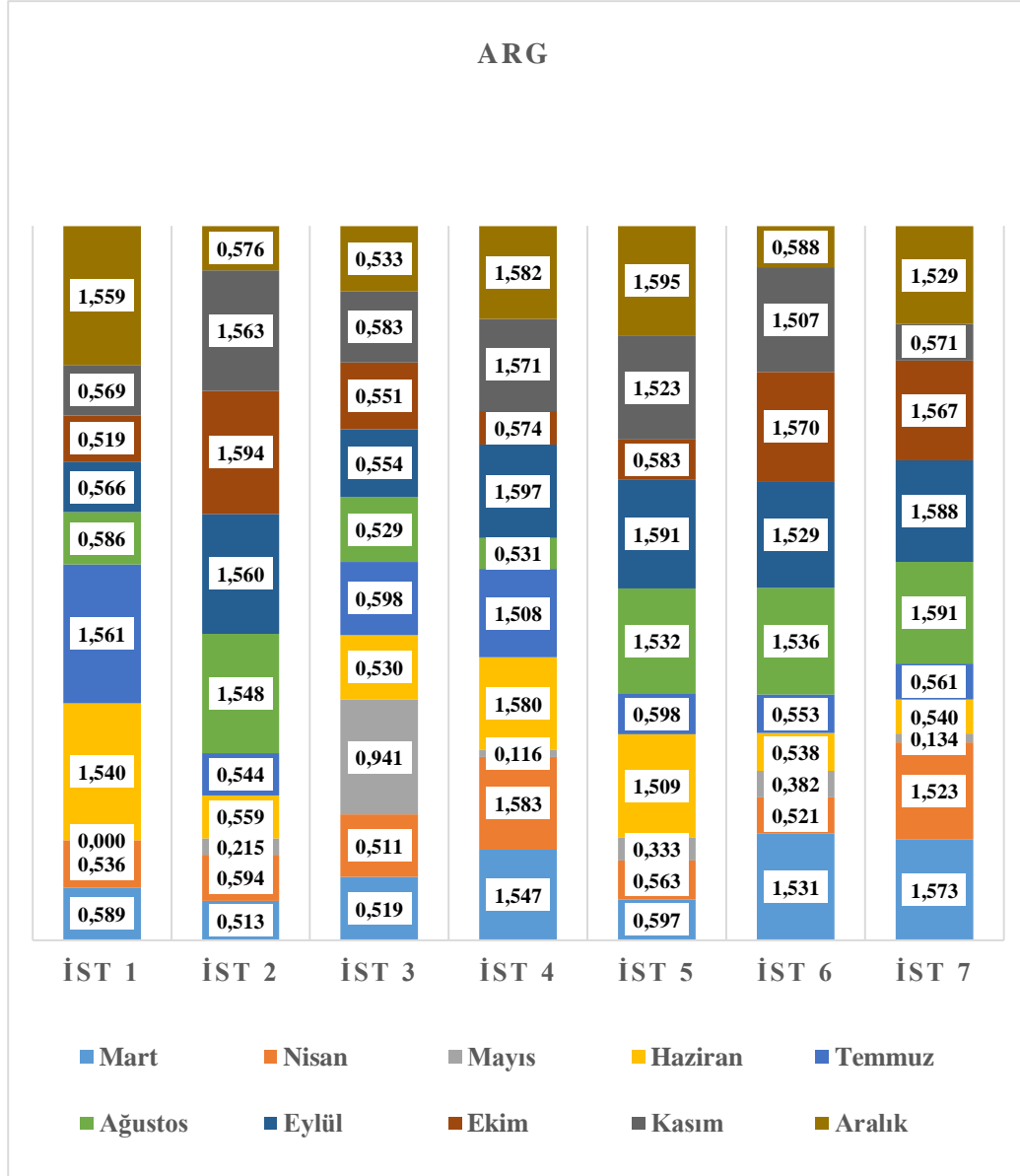
Mayıs ayı genel olarak yüksek PEL değerleri ile karakterize edilirken, Ağustos ayında düşük değerler göze çarpmaktadır. Mayıs ve Haziran ayları, birçok istasyon için yüksek değerleri göstermiştir. Aralık ayında ise genellikle düşük değerleri görülmektedir. PEL değerlerinin ortalama seviyeleri açısından, 3., 4. ve 5. istasyonlar daha yüksek değerlere sahiptir. İstasyon 7 ise genellikle daha düşük değerler göstermiştir. İstasyon 5, genellikle en yüksek PEL değerlerine sahip istasyon olarak öne çıkmaktadır. İstasyon 1, 2, 6 ve 7, genellikle daha düşük PEL değerleri ile ilişkilendirilebilir. En düşük PEL değeri Aralık ayında İstasyon 1 istasyonunda ölçülmüş (0,501). En yüksek PEL değeri ise Nisan ayında İstasyon 5 istasyonunda ölçülmüş (6,529) (Şekil 3. 10).



Şekil 3. 10: Aylara göre PELAL mikrohabitat durumları.

3.9.2 ARGYLLAL (ARG)

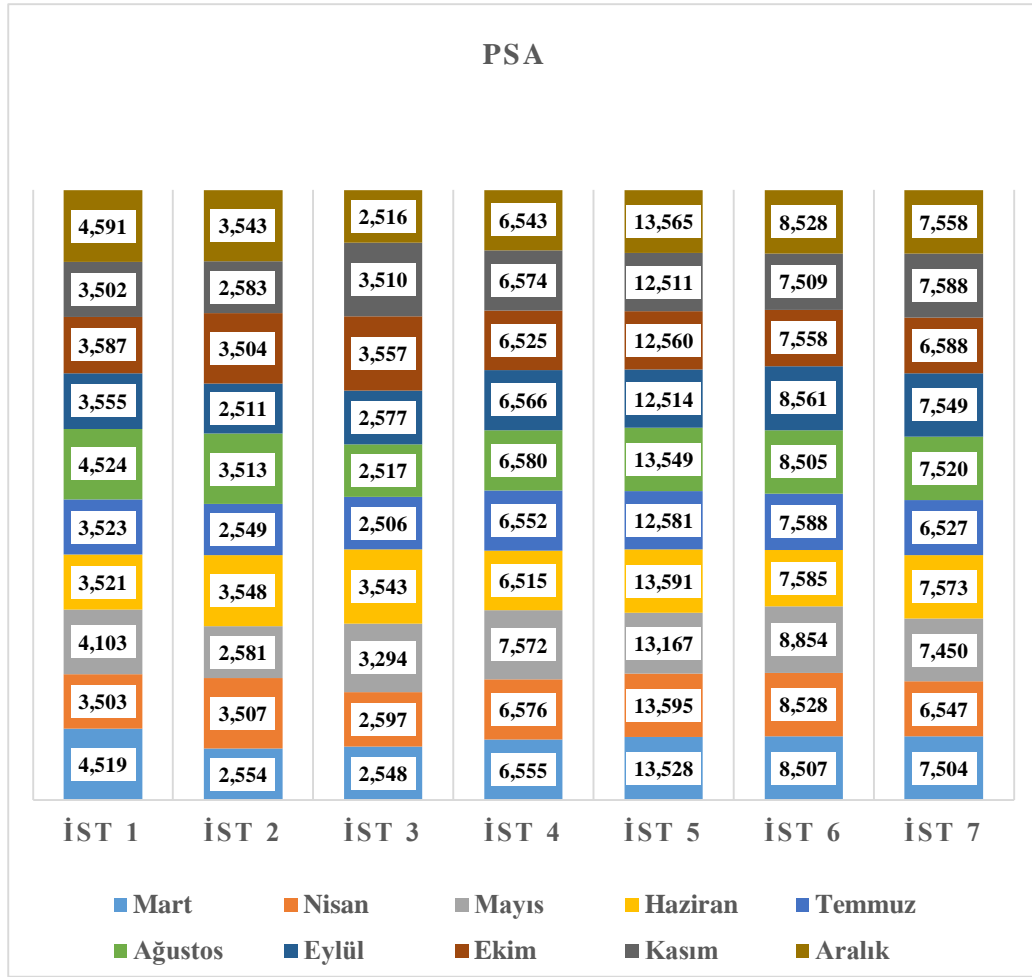
İstasyonlar arasında ARG değerlerinin genel ortalama seviyeleri incelendiğinde, 1. ve 5. istasyonlar genellikle daha düşük değerlere sahipken, İstasyon 2, 3, 4, 6 ve 7 istasyonları daha yüksek değerlere sahiptir. En düşük ARG değeri Mayıs ayında İstasyon 1’de ölçülmüş (0,000). En yüksek ARG değeri Ekim ayında İstasyon 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 istasyonlarında yüksek değerlere ulaşmıştır (1,594) (Şekil 3. 11).



Şekil 3. 11: Aylara göre ARGYLAL mikrohabitat durumları.

3.9.3 PSAMMAL (PSA)

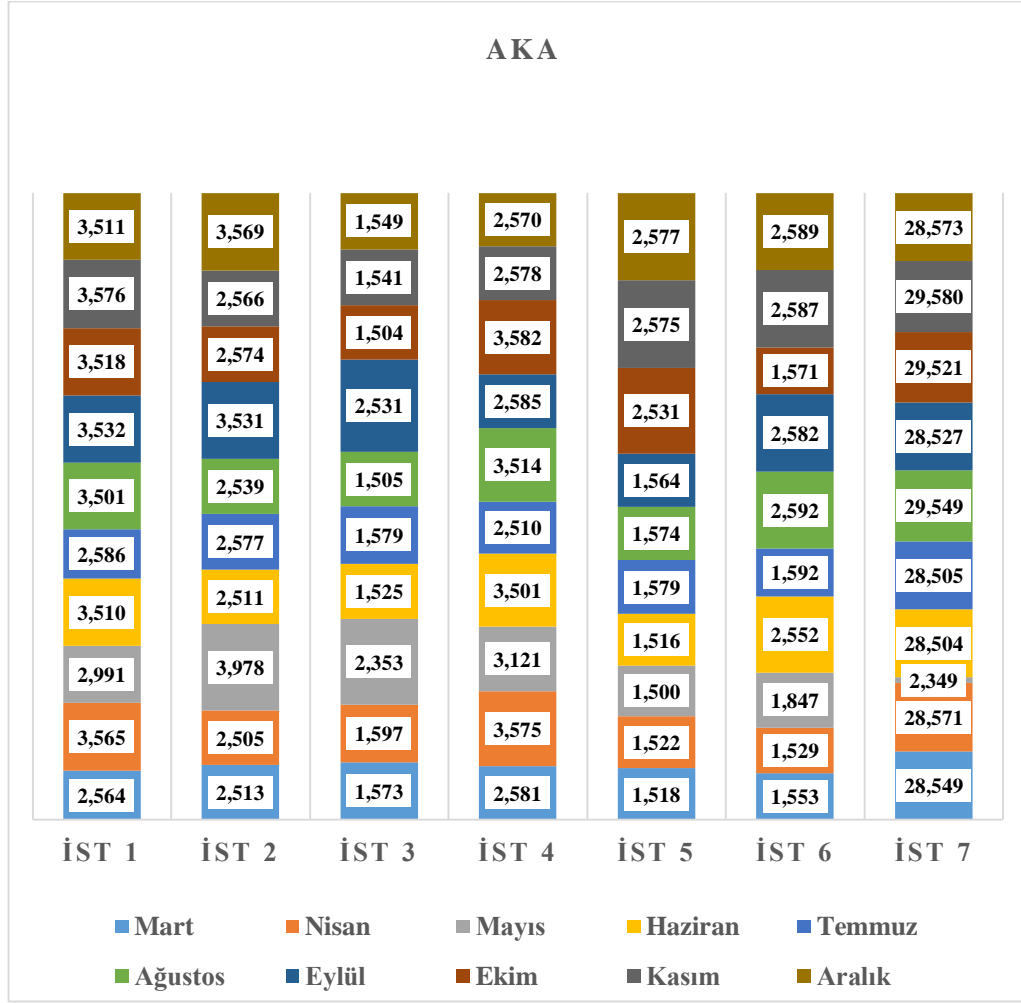
Mayıs ayı genel olarak yüksek PSA değerleri ile karakterize edilirken, Temmuz ayında daha düşük değerler görülmektedir. Mayıs ve Aralık ayları, birçok istasyonda yüksek PSA değerleri ile öne çıkmıştır. Temmuz ayı, birçok istasyonda düşüktür. İstasyon 5 istasyonu, çoğu aylarda en yüksek değerlere sahiptir. İstasyon 3 ve 7 genellikle daha düşüktür. En düşük PSA değeri Temmuz ayında İstasyon 3’de ölçülmüştür (2,506). En yüksek değer ise Mayıs ayında İstasyon 5’de ölçülmüştür (13,167) (Şekil 3. 12).



Şekil 3. 12: Aylara göre PSAMMAL mikrohabitat durumları.

3.9.4 AKAL (AKA)

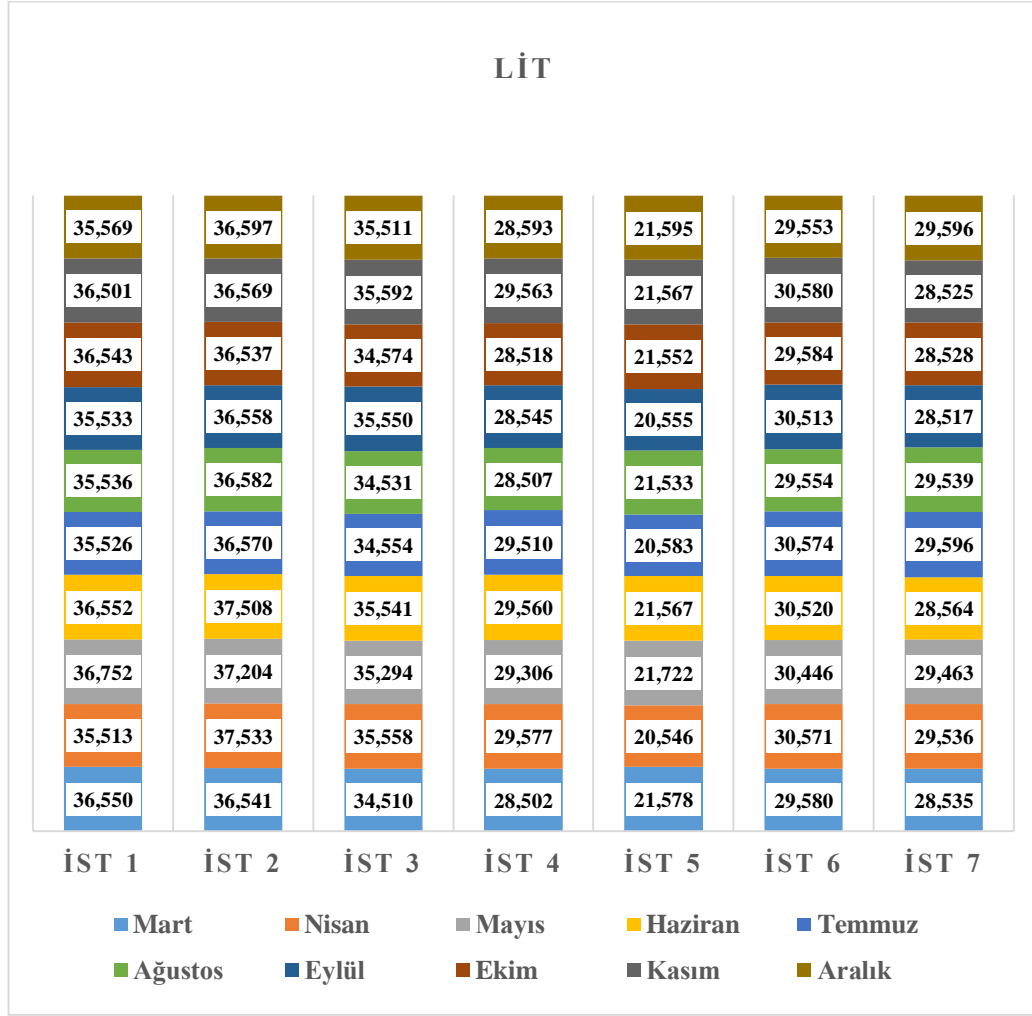
Mayıs ayı, genellikle daha düşük AKA değerleri ile karakterize edilirken, Ağustos ayı daha yüksek değerler göstermiştir. Haziran ve Temmuz ayları, birçok istasyonda daha yüksek değerler öne çıkmıştır. Mart ve Nisan ayları da birçok istasyonda yüksek AKA değerlerine sahiptir. İstasyonlar arasında AKA değerleri genel ortalaması benzer bir aralıktadır. İstasyon 7, birçok ayda diğerlerine göre yüksek değerdedir. İstasyon 1, 4 ve 6, genellikle diğer istasyonlara göre daha düşük AKA değerlerine sahiptir. En düşük AKA değeri Mayıs ayında İstasyon 5 istasyonunda ölçülmüştür (1,5). En yüksek AKA değeri ise Haziran ve Temmuz aylarında İstasyon 7’de ölçülmüştür (28,5) (Şekil 3. 13).



Şekil 3. 13: Aylara göre AKAL mikrohabitat durumları.

3.9.5 LITHAL (LIT)

Temmuz ve Aralık ayları, birçok istasyonda düşük LIT değerleri ile öne çıkmaktadır. Mart ayı, birçok istasyonda orta seviyede LIT değerleri gösterirken, Nisan ayı, birçok istasyonda yüksek değerleri göstermiştir. İstasyonlar arasında LIT değerleri genel olarak benzer bir aralıktadır. İstasyon 2 istasyonu, birçok ayda en yüksek değerlere sahiptir. İstasyon 5 birçok ayda daha düşük değerler ile öne çıkmıştır. En düşük LIT değeri Temmuz ayında İstasyon 3 istasyonunda ölçülmüştür (20,583). En yüksek değer Nisan ayında İstasyon 2 istasyonunda ölçülmüştür (37,533) (Şekil 3. 14).

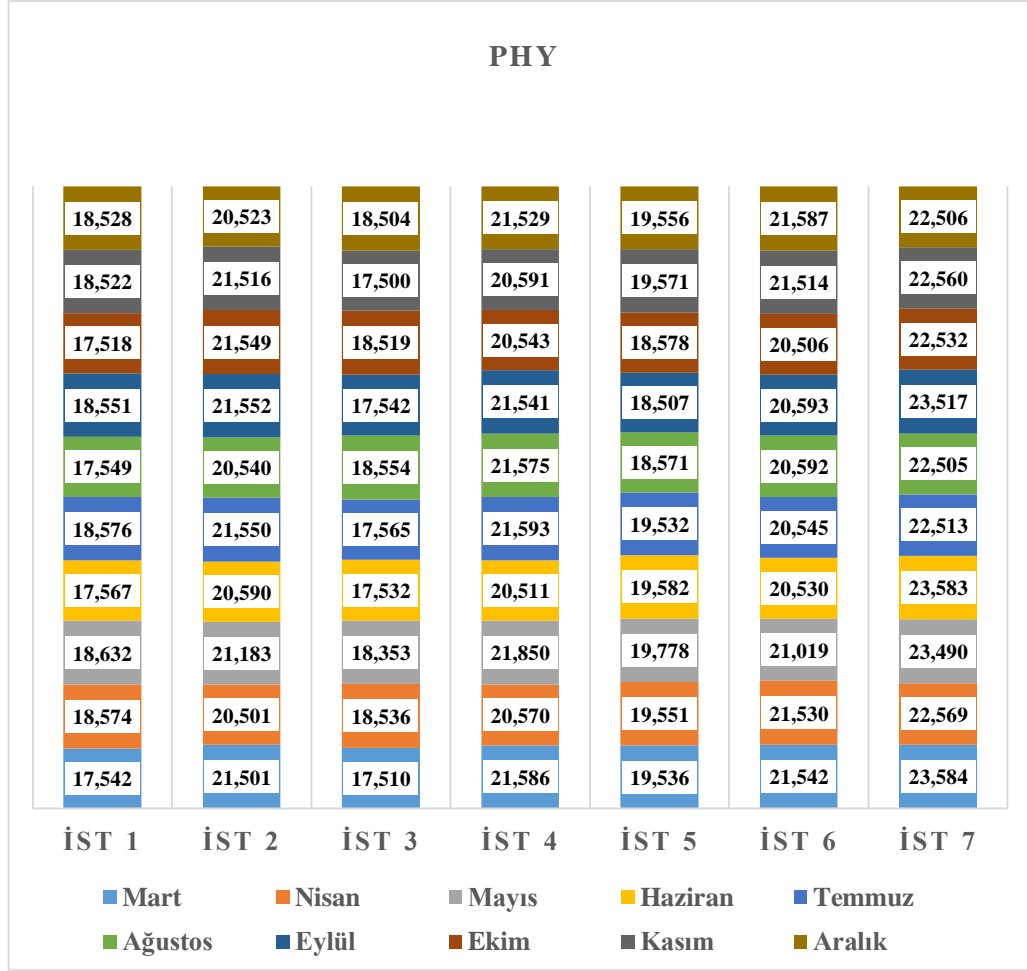


Şekil 3. 14: Aylara göre LITHAL mikrohabitat durumları.

3.9.6 PHYTAL (PHY)

Haziran ayı, birçok istasyonda daha düşük PHY değerleri ile karakterize edilirken, Mart ayı daha yüksek değerler göstermektedir. Temmuz ve Ağustos ayları, birçok istasyonda orta seviyede PHY değerleri ile öne çıkmaktadır. İstasyonlar arasında değerler benzer bir aralıkta görünmekle birlikte, ancak bazı istasyonlar belirli aylarda daha yüksek değerlerle öne çıkmaktadır. İstasyon 7 birçok ayda en yüksek PHY değerlerine sahiptir. İstasyon 3, bazı aylarda daha düşük değerler ile ilişkilendirilebilir. En düşük PHY değeri Haziran ayında İstasyon 1 ve 3'de

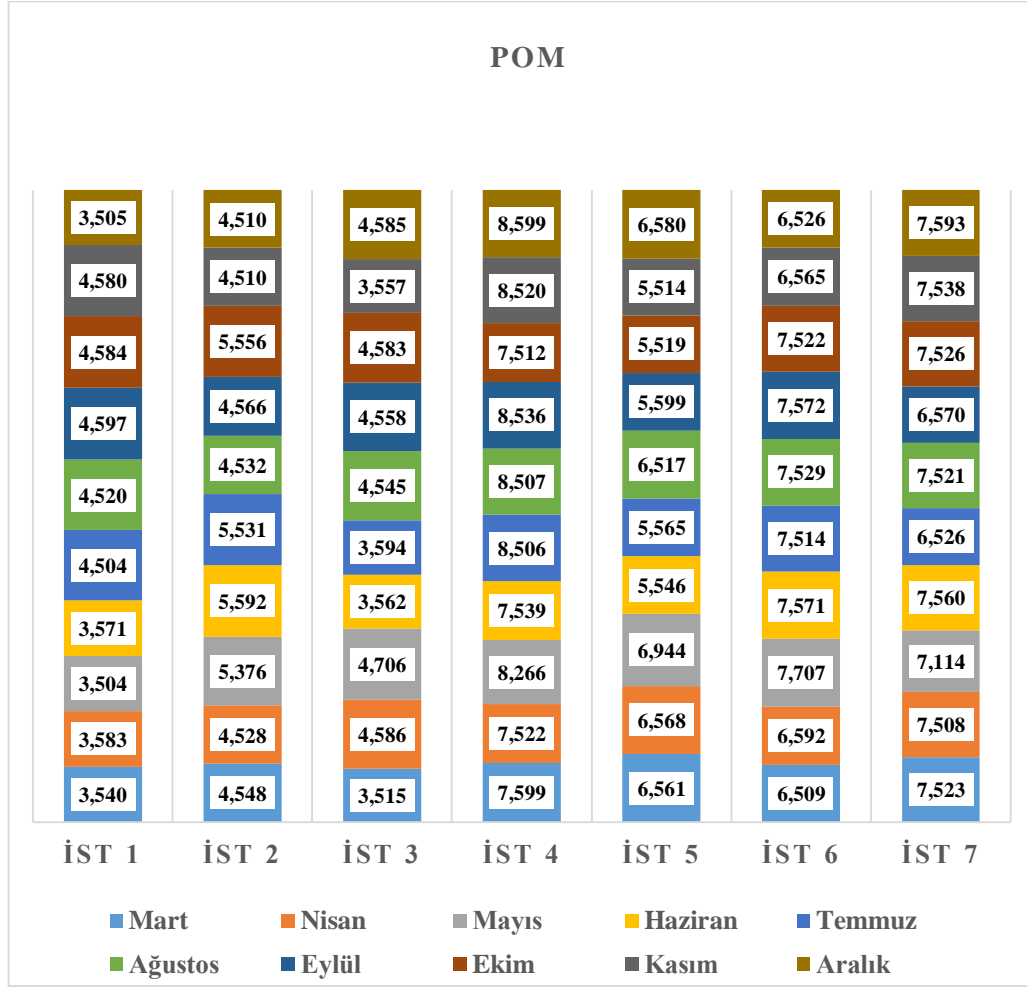
ölçülmüştür (17,56). En yüksek değer Mayıs ayında İstasyon 7 istasyonunda ölçülmüştür (23,584) (Şekil 3. 15).



Şekil 3. 15: Aylara göre PHYTAL mikrohabitat durumları.

3.9.7 Partiküler Organik Madde (POM)

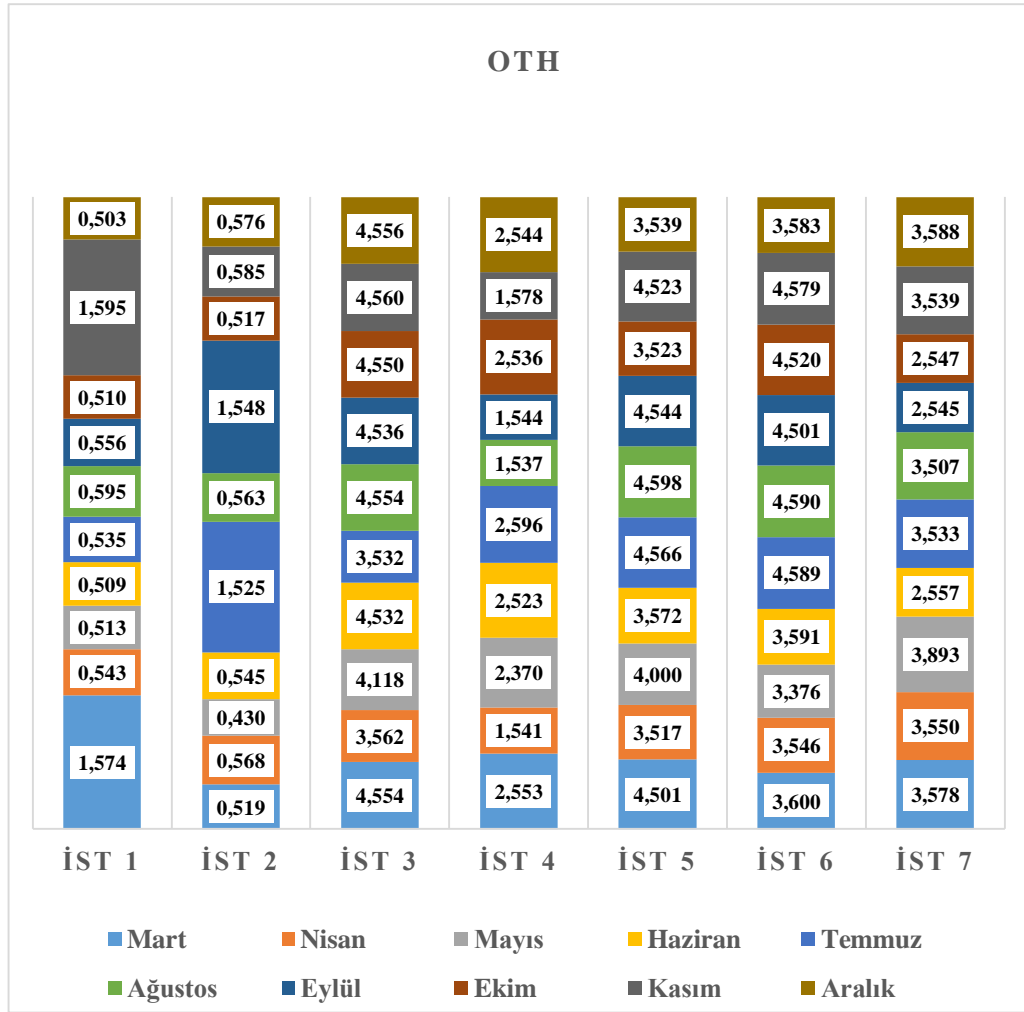
Haziran, Temmuz ve Aralık ayları, birçok istasyonda daha yüksek değerler ile dikkat çekmektedir. Mart ayı, birçok istasyonda daha düşük POM değerleri ile öne çıkmaktadır. Eylül ayı da birçok istasyonda yüksek değerleri ile öne çıkmaktadır. En düşük POM değeri Mart ayında İstasyon 3 istasyonunda ölçülmüş (3,515). En yüksek POM değeri Aralık ayında İstasyon 4 istasyonunda ölçülmüş (8,599) (Şekil 3. 16).



Şekil 3. 16: Aylara göre POM mikrohabitat durumları.

3.9.8 Diğer (OTH)

Yukarıdaki mikrohabitat değerlendirmeleri dışında kalan kısım Diğer (OTHER) kategorisi altında değerlendirilmiş olup, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında bu değer yüksek tespit edilmiştir. Mart ayında ise birçok istasyonda daha düşük değerdedir. En düşük OTH değeri Mart ayında İstasyon 2’de ölçülmüştür (0,519). En yüksek OTH değeri ise Aralık ayında İstasyon 1’de ölçülmüştür (1,595) (Şekil 3. 17).

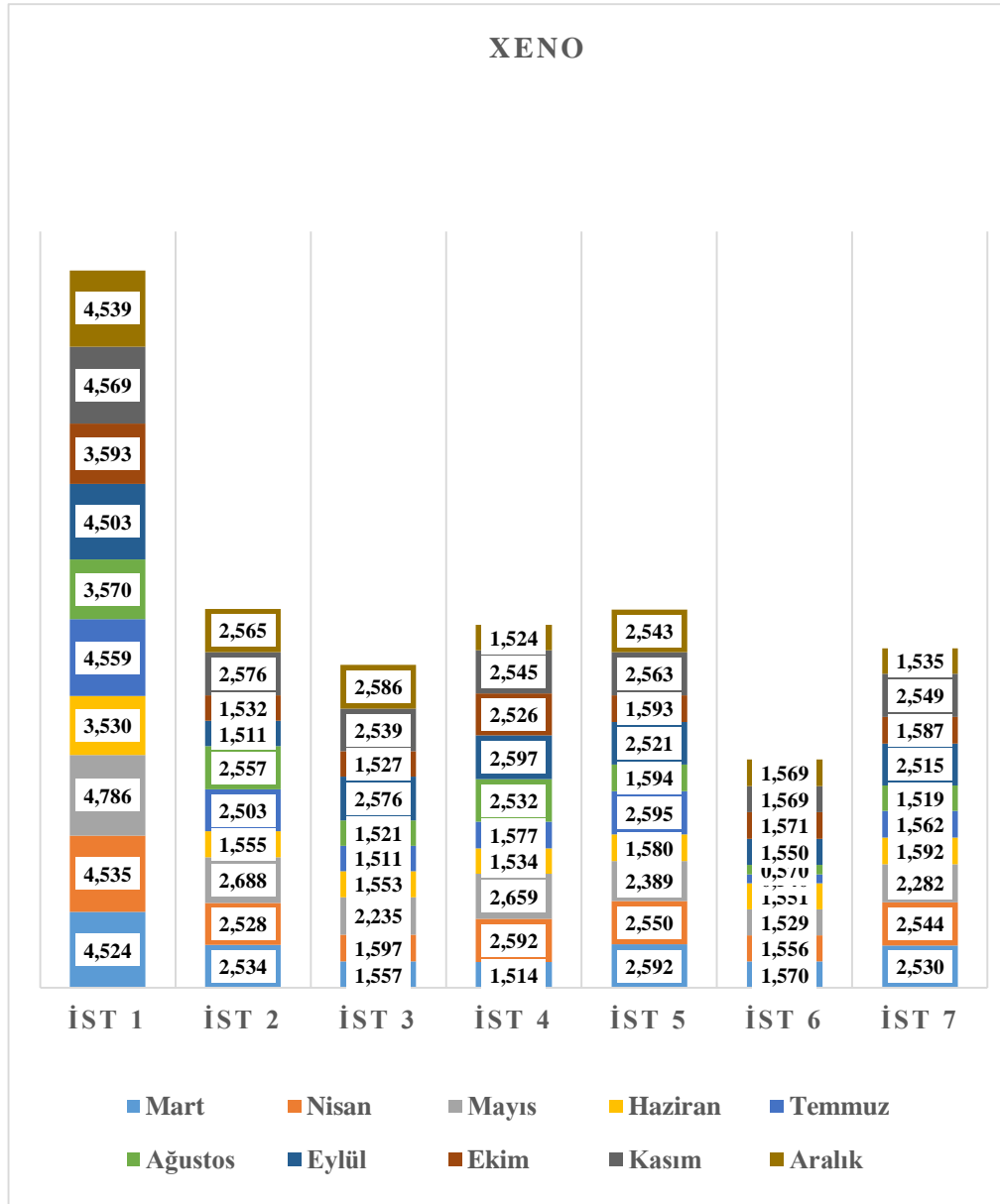


Şekil 3. 17: Aylara göre OTH mikrohabitat durumları.

3.10 Saprobic Durum

3.10.1 Xeno-Saprobic Durum

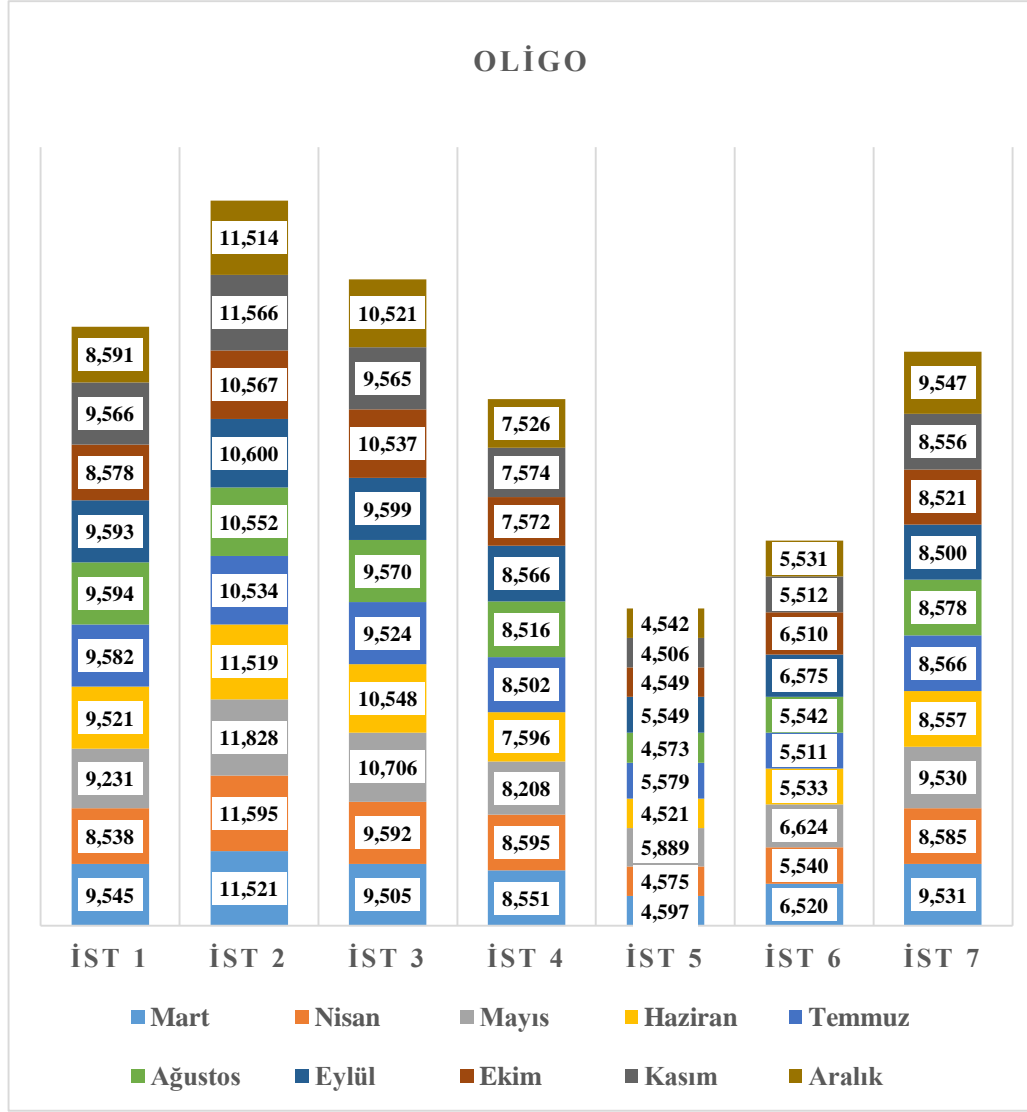
Mayıs ve Temmuz aylarında birçok istasyonda daha yüksek Xeno-Saprobic durum değerleri dikkat çekmektedir. Mart ve Temmuz aylarında ise birçok istasyonda daha düşük değerleri görülmüştür. En düşük Xeno-Saprobic değeri Temmuz ayında İstasyon 6'da ölçülmüştür (0,540). En yüksek değer ise Mayıs ayında İstasyon 1'de ölçülmüştür (4,786) (Şekil 3. 18).



Şekil 3. 18: Aylara göre Xeno-saprobic durum değerleri.

3.10.2 Oligo-Saprobic Durum

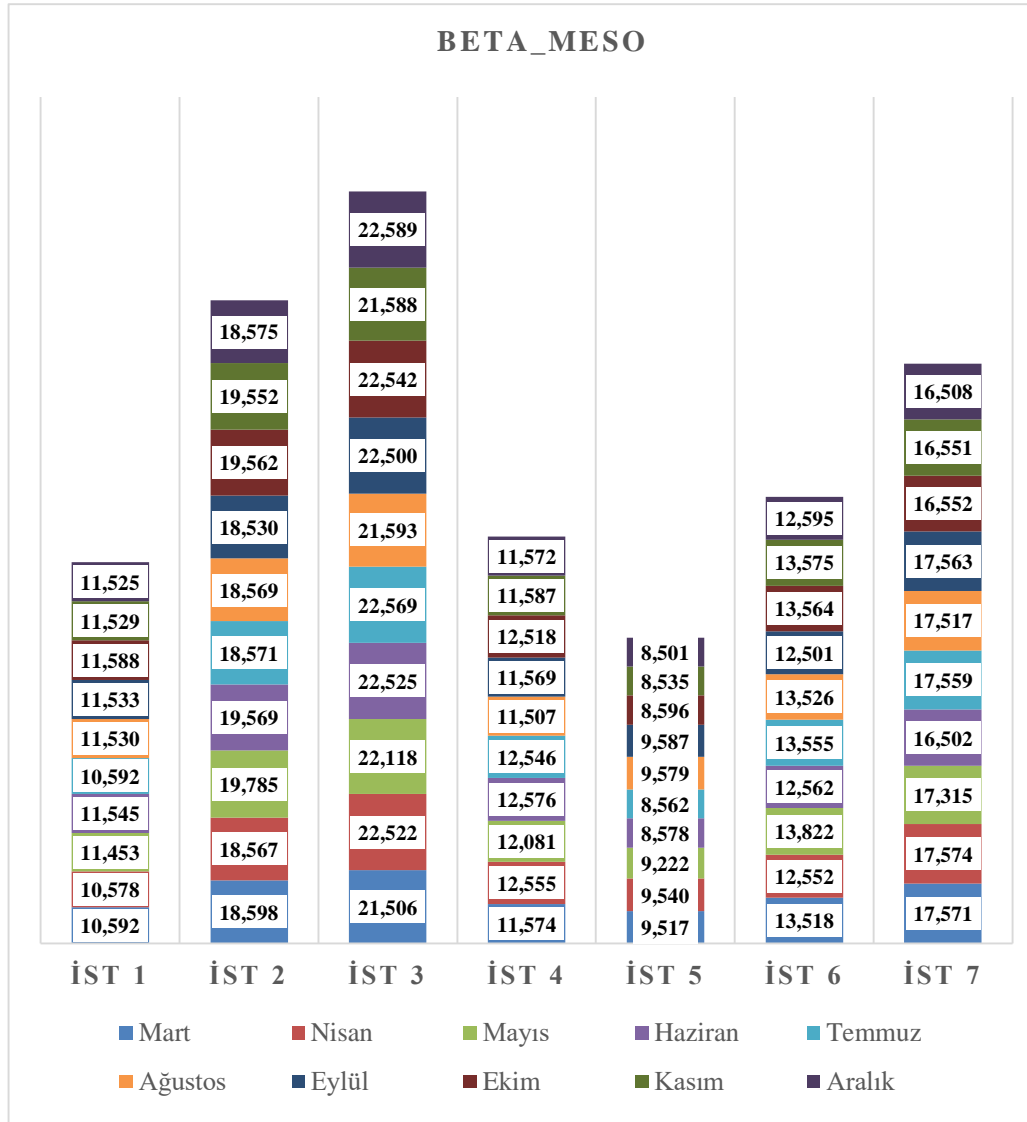
Mayıs ayında birçok istasyonda daha yüksek Oligo-Saprobic durum değerleri dikkat çekmektedir. Aralık ayında ise bu değerlerde düşüş gözlenmiştir. En düşük değer Aralık ayında İstasyon 4’de ölçülmüştür (7,526). En yüksek Oligo-Saprobic değeri Mayıs ayında İstasyon 2’de ölçülmüştür (11,828) (Şekil 3. 19).



Şekil 3. 19: Aylara göre Oligo-saprobic durum değerleri.

3.10.3 Beta-Meso-Saprobic Durum

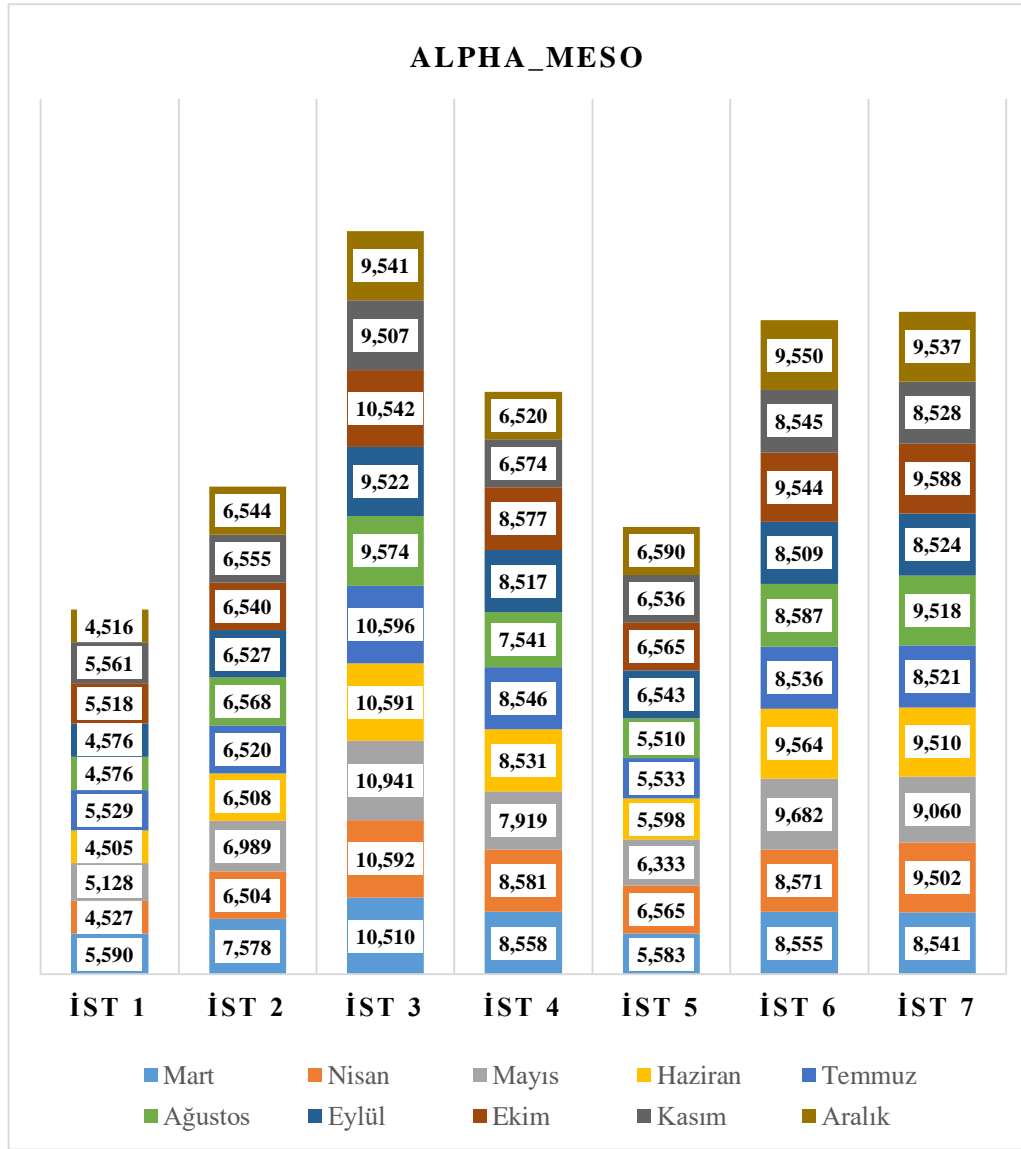
Ağustos ayında birçok istasyonda daha düşük Beta-Meso-Saprobic durum değerleri tespit edilmiştir. Buna karşılık Mayıs, Haziran ve Ekim aylarında istasyonda daha yüksek değerler dikkat çekmektedir. En düşük Beta-Meso-Saprobic değeri Ağustos ayında İstasyon 4’de ölçülmüştür (11,507). En yüksek değer ise Mayıs ayında İstasyon 2’de ölçülmüştür (19,785) (Şekil 3. 20).



Şekil 3. 20: Aylara göre Beta-Meso-Saprobic durum değerleri.

3.10.4 Alfa-Meso-Saprobic Durum

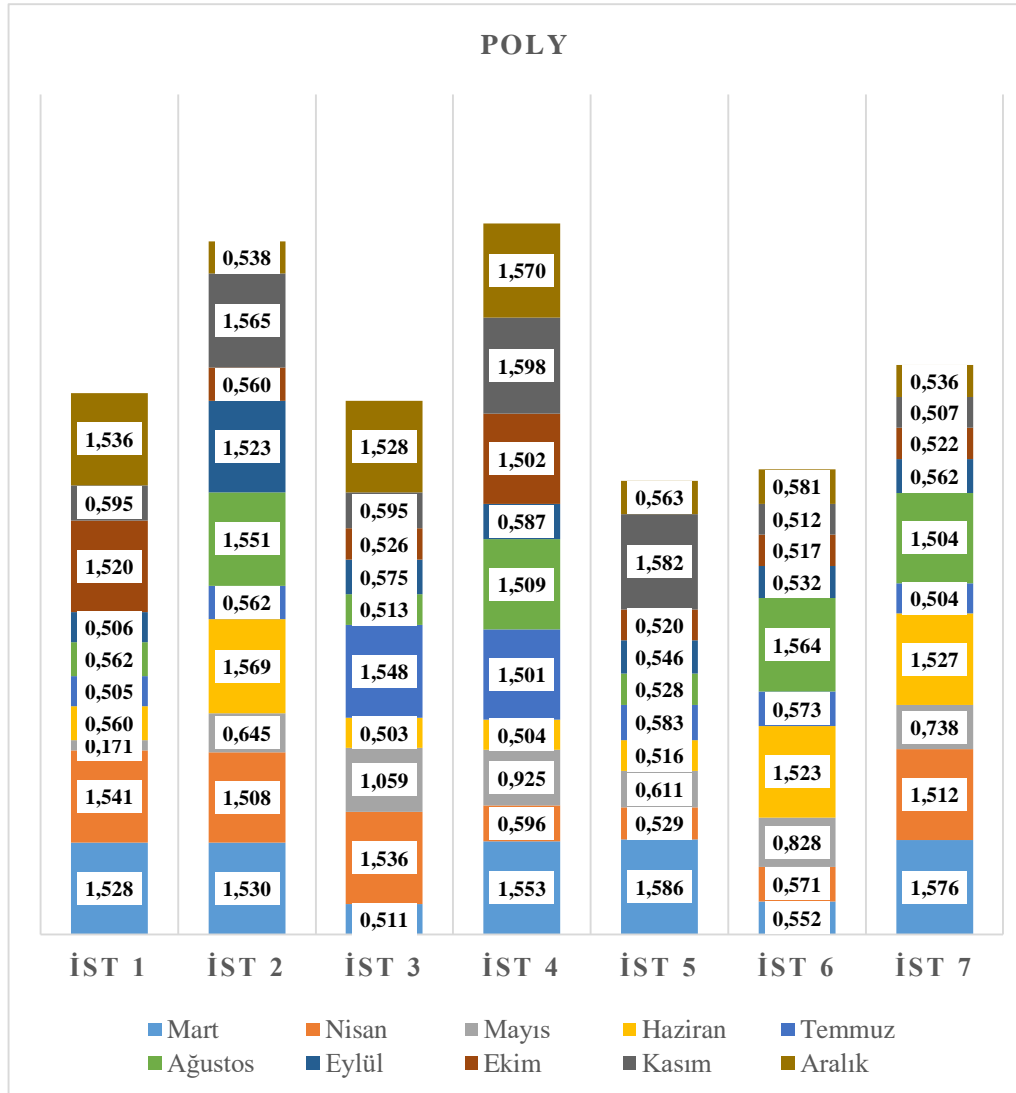
Mart ayında genel olarak birçok istasyonda daha yüksek Alpha-Meso-Saprobic durum tespit edilmiştir. Temmuz ayında da atış görülmüştür. En düşük Alpha-Meso-Saprobic durum değeri Aralık ayında İstasyon 1’de ölçülmüştür (4,516). En yüksek değer ise Mart ayında İstasyon 2’de ölçülmüştür (7,578) (Şekil 3. 21).



Şekil 3. 21: Aylara göre Alfa-Meso-Saprobic durum değerleri.

3.10.5 Poly-Saprobic Durum

Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında Poly-Saprobic durum değerleri yüksek tespit edilmiştir. En düşük "Poly-Saprobic durum" değeri Haziran ayında İstasyon 1'de ölçülmüştür (0.560). En yüksek değer ise Aralık ayında İstasyon 7'de ölçülmüştür (1.598) (Şekil 3. 22).

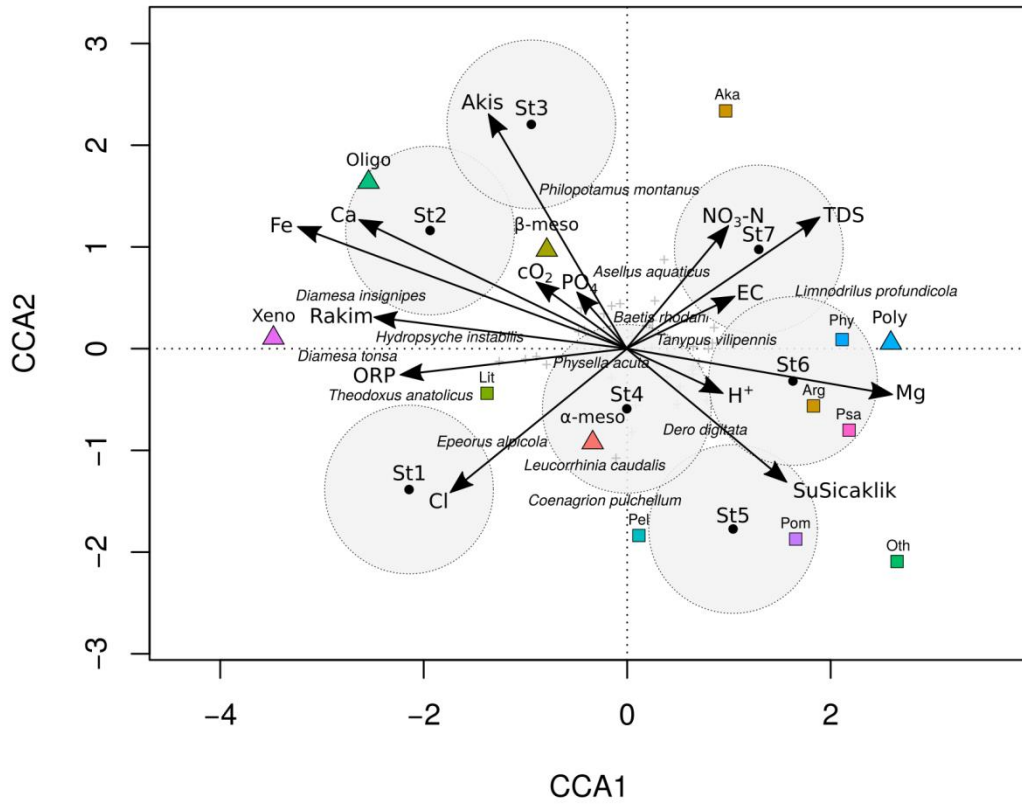


Şekil 3. 22: Aylara göre Poly-Saprobic durum değerleri.

3.11 Ordinasyon Analiz Sonuçları

Ordinasyon analizi, mikrohabitat tercihleri, saprobik koşullar ve çevresel parametreler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmıştır. dO_2 , NH_4^+-N , $NO_2^- -N$ ve tuzluluk parametreleri, aşamalı ve VIF analizi yoluyla modelden çıkarılmıştır. Tüm ön işleme adımlarının ardından ordinasyon üzerinde toplam varyansın %53'ü açıklanabilir. Yukarı akıdan aşağı akıya geçiş, Eksen 1 boyunca gözlemlenebilir. Vadi kesimindeki ilk üç örnekleme noktası (İstasyon 1, 2 ve 3), Eksen 2 boyunca göreceli olarak yayılmış durumdadır. Buna bağlı olarak, mikrohabitat özellikleri de Eksen 1 boyunca belirgin bir şekilde yayılmaktadır. Özellikle, Xeno-saprobik ve Oligosaprobik koşullar yukarı akış bölgelerini temsil etmektedir; bu bölgelerde

Diamesa insignipes ve *D. tonsa* gibi belirleyici türler öne çıkmaktadır. Daha yüksek kirlilik seviyelerine sahip olan aşağı akış bölgelerinde (İstasyon 5, 6 ve 7), *Baetis rhodani*, *Asellus aquaticus*, *Tanypus villipennis* gibi yaygın türler, aynı zamanda Tubificid türleri (*Limnodrilus profundicola*) gözlemlenmektedir. Mikrohabitatlar açısından dik yamaçlarla karakterize edilen kaynak bölgelerde, Lithal bölgesi öne çıkar. Bu bölge, *Epeorus alpicola*, *Rhitrogena germanica*, *R. semicolorata*, *Potamanthus luteus* ve *Chloroperla* sp. gibi türlerle temsil edilmektedir. Akarsuyun orta kesimleri, AKAL ve PELAL bölgelerinin özelliklerini taşımaktadır. Aşağı akış bölgesinde ise PSAMMAL, ARGYLLAL ve PHYTAL bölgelerinin özellikleri egemendir (Şekil 3. 23).



Şekil 3. 23: Kanonik Uyum Analizi: Örneklem noktaları, tespit edilen indikatör türler, mikrohabitat ve saprobik tercihlerine ait çoklu ilişkinin ordinasyonu.

4. TARTIŞMA

İsrafil Deresi ve içinde bulunduğu vadi, coğrafi özellikleri açısından oldukça önemlidir. Yüksek rakımlardan alçak seviyelere nispeten kısa bir mesafede iniş, önemli bir kısmı yılın büyük bölümünde kar sularına dayalı oluşu ve içme suyu temini için kullanılması, dere ve vadinin önemini artırmaktadır. Dağ dereleri genellikle çeşitli ve benzersiz sucul ekosistemlere ev sahipliği yapar (Aydemir-Çil ve diğ. 2021). Bu dereciklerin soğuk ve hızlı akan suları, balıklar, böcekler ve diğer sucul organizmalar da dahil olmak üzere çeşitli türler için yaşam alanları sağlar; birçoğu bu özel koşullara uyum sağlamıştır. Bunlar içerisinde bazı türler, belirli habitat gereksinimlerine ve çevresel değişikliklere karşı duyarlılıklarına sahip oldukları için gösterge türler olarak bilinirler. Bu gösterge türlerin varlığı veya yokluğu, çevre ekolojisinin sağlığı ve su kalitesi hakkında değerli ipuçları verebilir. Farklı bentik makroomurgasız türleri, su akışı, zemin türü ve su kalitesi gibi belirli dere koşullarında hayatta kalmak ve gelişmek için benzersiz uyumlar gösterirler (Tampo ve diğ. 2021).

İsrafil Deresi genel olarak iyi su kalitesiyle karakterize edilebilir. Ancak coğrafi koşullar, topografik faktörler, buzun erimesiyle taşınan mineraller ve diğer partiküller, su kalitesini etkileyen temel faktörler olarak kabul edilmelidir. Ortalama su sıcaklığı değerleri, çevresel sıcaklık, güneş ışığı maruziyeti ve akış dinamikleri gibi faktörlerden etkilenebilir. Dere ekosistemi içinde çeşitli biyolojik ve kimyasal süreçleri etkileyebileceğinden önemli bir faktördür (Paul ve diğ. 2019). Ortalama çözülmüş oksijen (çO_2) konsantrasyonları, organik madde ayrışması ve su hareketi gibi faktörlere bağlı olarak dalgalanmalar gösterebilir. Yeterli çözülmüş oksijen, sucul organizmalar için önemlidir ve su kalitesi durumu ile ortamdaki üretkenliği gösterir. Akışta meydana gelen değişikliklerin, yağış desenlerindeki değişikliklerle güçlü bir korelasyon gösterdiği bilinmektedir (Berton ve diğ. 2016; Ryberg ve diğ. 2014; Simpson ve diğ. 2013). pH değerinde görülen nispeten dar değişkenlikler, organik madde ayrışması ve suyun tampon kapasitesi gibi faktörlere bağlı olabilir. Bu durum, sucul sistemlerde kimyasal reaksiyonları ve biyolojik faaliyetleri düzenlemek açısından önemlidir (Grochowska, 2020). Ortalama toplam çözülmüş katı (TDS) değerleri, çözülmüş maddelerin konsantrasyonunu yansıtır ve değişen

mineral içeriğini ve kirlilik kaynaklarını veya doğal jeolojik etkileri gösterebilir. ORP, suyun oksidasyon veya indirgeme reaksiyonlarını kolaylaştırma potansiyelini sağlar. Düşük değerler, azaltma koşullarını gösterebilir ve besin döngüsünü ve mikrobiyal aktiviteyi etkileyebilir. İsrail Deresi tatlı su olduğundan ve tuzlu su kaynaklarından etkilenmediğinden, salinite değerleri İsrail değerisinde dikkate alınacak bir seviyede tespit edilememiştir. Karların erimesiyle oluşan daha yüksek akış hızları, çökelti taşınımını ve besin dağılımını etkileyebilir. Ammoniyum Azotu ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), Nitrit Azotu ($\text{NO}_2^-\text{-N}$), Nitrat Azotu ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) ve Ortofosfat (PO_4) dahil olmak üzere besin madde konsantrasyonları, farklı bölgelerde değişebilir. Ferrous iyonu (Fe^{+3}) ve Klorür (Cl) gibi iz elementlerin varlığı, bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Fe^{+3} konsantrasyonları bazı değişkenlikler gösterirken, Cl konsantrasyonları nispeten tutarlıdır. Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg) konsantrasyonları da mevsimsel olarak değişkenlik gösterdiği görülmüştür.

Çalışmanın sonuçları, İsrail Deresi'nde 55 farklı bentik makroomurgasız türünün varlığını ortaya koymuştur. Bu makroomurgasızların dağılımı ve bolluğu, farklı örnekleme noktaları arasında önemli ölçüde farklılık göstermiştir (Bkz. Tablo 3. 1). Tüm örnekleme noktalarında, Chironomidae ailesi en yaygın olanı olmuş ve en yüksek tür sayısına sahip olmuştur. İlginç bir şekilde, *Diamesa* cinsi türler, yani *D. insignipes* ve *D. tonsa*, akışın buzların erimesiyle etkilendiği kaynak bölgelerinde özellikle bulunmuştur.

Öte yandan, *Chironomus riparius* mansaba yakın bölgelerde daha yoğun bir şekilde tespit edilmiştir. *Chironomus* türlerinin ardından, Gammaridae ailesi, *Gammarus anatoliensis* ve *G. obnixus* temsilcileriyle ikinci en baskın grup oluşturmuştur. Bu türlerin bölgede yayılış gösterdiği bilinmektedir (Özbek ve Ustaoglu 2005). Özellikle yüksek rakımlı bölgelerde (İstasyon 1, 2, 3), Plecoptera takımından (*Chloroperla* sp., *Nemoura* sp.) türlere sıkça rastlanmıştır, ancak bu türlerin sayısı tüm dere yatağı boyunca azalmıştır. Plecoptera takımına ait türlerin genel olarak temiz ve epirhithral bölgeleri tercih ettiği bilinmektedir (Gülboy ve Kalyoncu 2009). Bunun aksine, Ephemeroptera takımında yer alan Baetidae ailesine (*Baetis rhodani*, *B. vernus*, *Cloeon dipterum*, *C. simile*) ait türler çay boyunca yaygın olarak bulunmuştur.

Çalışma ayrıca Heptagenidae ailesinden *Epeorus alpicola*, *Rhithrogena germanica*, *Rhithrogena semicolorata* ve Potamonthidae ailesinden *Potamonthus luteus* gibi belirli türlerin varlığını vurgulamıştır. Bu türler, yüksek rakımlı bölgelerde belirgin bir şekilde daha yoğun olarak bulunmuşlardır.

Özellikle ilginç bir bulgu olarak, Gastropodlardan *Theodoxus anatolicus* türünün tespit edilmesi, genellikle temiz, doğal su kaynaklarıyla ilişkilendirilen nadir bir türdür. *Theodoxus anatolicus*, ilk dört lokasyonda tespit edilmiştir ve bu bölgelerde nispeten bakir koşulların varlığını işaret etmektedir.

Bu bentik makroomurgasız türlerinin dağılımı ve bolluğu, İsrail Çayı'nın ekolojik sağlığı ve çeşitliliği konusunda değerli bilgiler sağlamaktadır. Bu bulgular, çayın yönetimi ve korunması için önemli ipuçları sunar; çünkü çevresel koşulların ve ekosistem bütünlüğünün önemli göstergeleridir. Makroomurgasız faunasının yapısını ve dağılımını anlayarak, gelecek nesiller için İsrail Çayı'nın biyolojik çeşitliliği ve genel sağlığını korumaya yönelik etkili koruma stratejileri geliştirilebilir.

Çeşitlik indeks sonuçları, İsrail Deresi'nin farklı örnekleme noktalarında bentik makroomurgasız çeşitliliğini yansıtmaktadır. Çeşitlik indeksi, bir ekosistemde bulunan farklı türlerin sayısını ve bolluğunu dikkate alarak çeşitliliği nicelendiren bir ölçüttür. Yüksek çeşitlik indeksi değeri, bir ekosistemin zengin ve çeşitli bir biyolojik yapıya sahip olduğunu gösterirken, düşük değerler ise çeşitlilik açısından yoksul olduğunu işaret eder.

İncelenen örnekleme noktalarına göre, çeşitlik indeksi değerleri farklılık göstermektedir. İstasyon 3, en yüksek çeşitlik indeksi değeri olan 1,274'e sahiptir, bu da bu noktada bentik makroomurgasız türlerinin zengin ve çeşitli olduğunu gösterir. Öte yandan, İstasyon 5 en düşük çeşitlik indeksi değeri olan 0,796'ya sahiptir, bu da bu noktada çeşitliliğin daha düşük olduğunu ve ekosistemin biyolojik açıdan daha az çeşitlilik içerdiğini gösterir.

Çeşitlik indeksi sonuçlarına dayanarak, İsrail Deresi'ndeki farklı örnekleme noktalarının ekolojik açıdan farklı durumlar sergilediği görülmektedir. Yüksek çeşitlik indeksi değerleri, çayın bazı bölgelerinde daha sağlıklı ve dengeli bir ekosistem olduğunu düşündürmektedir. Bu bölgeler muhtemelen daha iyi su kalitesine ve çevresel koşullara sahip olabilir. Diğer yandan, düşük çeşitlik indeksi

değerleri, çayın bazı bölgelerinde ekosistem sağlığının düşük olabileceğine işaret edebilir. Bu bölgelerdeki çevresel etmenler veya kirlilik gibi faktörler çeşitliliği olumsuz yönde etkileyebilir.

Bu nedenle, çeşitlik indeksi sonuçları, İsrail Deresi'nin ekosistem sağlığının değerlendirilmesinde ve yönetim stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Daha düşük çeşitlik indeksi değerine sahip bölgeler, özel koruma önlemleri alınması gereken alanlar olarak dikkate alınabilir. Su kalitesinin ve çevresel koşulların iyileştirilmesi, bentik makroomurgasız türlerinin çeşitliliğini artırabilir ve çayın ekosistem sağlığını destekleyebilir. Bu çeşitlik indeksi sonuçları, gelecek nesillerin doğal çevreye sahip olabilmeleri ve biyolojik çeşitliliğin korunması için yapılan çabalara yol gösterecektir (Thorne ve Williams 1997).

Ordinasyon analizi (Bkz., Şekil 3. 23) mikrohabitat tercihleri, saprobik koşullar ve çevresel parametreler arasındaki karmaşık ilişkileri açığa çıkaran önemli bir araştırma yöntemi olmuştur. Bu analiz sayesinde, sucul ekosistemlerdeki canlı organizmaların habitat tercihleri ile su kalitesi ve çevresel faktörler arasındaki etkileşimlerin anlaşılması sağlanmıştır. Çalışmada, CO_2 (oksijen çözünürlüğü), NH_4^+ -N (Amonyum azotu), NO_2^- -N (Nitrit azotu) ve tuzluluk gibi önemli çevresel parametrelerin etkisinin değerlendirilmesi amacıyla aşamalı ve VIF analizleri kullanılmıştır. Bu analizler sonucunda, modele katkısı düşük olan parametreler çıkarılarak modelin daha anlamlı hale getirilmesi sağlanmıştır.

Ön işleme adımları ve analizler sonucunda elde edilen verilere göre, toplam varyansın %53'ünün ordinasyonla açıklanabileceği görülmüştür. Bu, mikrohabitat tercihlerinin, su kalitesinin ve diğer çevresel faktörlerin organizma dağılımındaki değişkenliğin yarısını açıkladığını göstermektedir. Ayrıca, ordinasyon sonuçlarına göre, akarsuyun yukarı akışından aşağı akışına geçiş Eksen 1 boyunca net bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Bu, akarsu ekosistemindeki farklı bölgelerin ve koşulların organizma dağılımını nasıl etkilediğini anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Mikrohabitat özellikleri ve organizma dağılımı arasındaki ilişki, Eksen 2 boyunca da farklılaşmalarla gözlemlenmektedir. Özellikle, Xeno-saprobik ve Oligo-saprobik koşulların yüksek değerlere sahip olduğu başlangıç bölgelerinde, *Diamesa insignipes* ve *D. tonsa* gibi türlerin belirgin olarak öne çıktığı görülmektedir. Bu

türler, temiz su kaynaklarını ve düşük kirlilik seviyelerini işaret eden göstergeler olarak dikkat çekmektedir.

Aşağı akış bölgelerinde ise, kirliliğin daha yüksek olduğu ve su kalitesinin düşük olduğu alanlarda, farklı türlerin baskın olduğu gözlemlenmektedir. *Baetis rhodani*, *Asellus aquaticus*, *Tanypus villipennis* gibi türler, bu bölgelerde yaygın olarak bulunan organizmalar arasındadır. Bu bölgelerde ayrıca, kirliliğe dayanıklı olduğu bilinen Tubificid türleri (*Limnodrilus profundicola*) de gözlemlenmektedir.

Mikrohabitatların eğimli yamaçlara sahip bölgelerinde, Lithal bölgesi olarak adlandırılan özel bir ekosistem tipi bulunmaktadır. Bu bölge, *Epeorus alpicola*, *Rhitrogena germanica*, *R. semicolorata*, *Potamanthus luteus* ve *Chloroperla* sp. gibi türlerin egemen olduğu bir alandır. Bu türler, akarsu kaynağının özelliklerini ve temizliğini yansıtır ve bu bölgelerin ekosistem sağlığı açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermiştir.

5. SONUÇ

Dağ deresi suları, genellikle yüksek rakımlı ve doğal ortamlarda bulunan, akarsuların temiz ve berrak su kaynaklarıdır. Bu tür sular, içerisinde düşük miktarda organik ve inorganik kirleticiler içerir ve çoğunlukla saflık ve kalite açısından yüksek düzeyde değerlendirilir. Bu durum, suyun kaynağından gelirken çevresel etkilere maruz kalmamış olmasından kaynaklanır.

Bu tür su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı, çeşitli nedenlerle önemlidir:

1. İçme Suyu Kalitesi: Dağ deresi suları, içme suyu olarak kullanıldığında, insan sağlığı açısından büyük öneme sahiptir. Yüksek kaliteli ve temiz su, hastalıkların yayılmasını önlemeye yardımcı olur ve insan sağlığını korur.

2. Ekosistem Sağlığı: Dağ deresi ekosistemleri, birçok bitki ve hayvan türüne ev sahipliği yapar. Bu tür ekosistemlerdeki su kaynakları, bu canlıların hayatta kalması ve üremesi için kritik öneme sahiptir. Suyun doğal akışının korunması, ekosistemlerin sağlığını ve dengesini sürdürmek için hayati önem taşır.

3. Biyolojik Çeşitlilik: Dağ deresi suları, çevrelerindeki çeşitli bitki ve hayvan türlerine uygun yaşam alanları sağlar. Bu nedenle, bu su kaynaklarının korunması, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği için gereklidir.

4. Sürdürülebilir Kalkınma: Su, tarım, sanayi ve enerji üretimi gibi birçok sektörde temel bir kaynaktır. Dağ deresi sularının sürdürülebilir kullanımı, bu sektörlerdeki faaliyetlerin devamlılığı için önemlidir. Aynı zamanda, bu tür su kaynaklarının korunması, gelecek nesillere temiz ve verimli su kaynakları bırakılmasına yardımcı olur.

Bu nedenlerle, dağ deresi sularının korunması ve sürdürülebilir kullanımı, bilimsel verilere dayalı akılcı yönetim stratejileri ile desteklenmelidir. Su kalitesinin izlenmesi ve kritik bölgelerin belirlenmesi, koruma çabalarının etkinliğini artırmak için önemlidir. Ayrıca, toplumun bilinçlendirilmesi ve su kaynaklarının değerinin

anlatılması, sürdürülebilir yönetim için katkı sağlar. Bilimsel yaklaşımla yapılan koruma çalışmaları, hem insan sağlığına hem de ekosistemlere yönelik uzun vadeli faydalar sağlayacaktır.

İsrafil Deresi'nin su kalitesi ve çevre ekosistemi üzerindeki etkileri, temel olarak iklim değişikliği ve su kullanımı gibi önemli faktörlerden kaynaklanmaktadır. İklim değişikliği, bölgeler arasında su döngüsünde meydana gelen değişiklikler sonucu su kaynaklarını etkilemektedir. İsrafil Deresi'nin bulunduğu bölgede, bu değişiklikler özellikle yağış rejimlerinin değişmesi ve sıcaklık artışı şeklinde kendini göstermektedir. Kuraklık dönemlerinin süresinin ve şiddetinin artması, suyun yetersiz olduğu dönemlerde ekosistem üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Özellikle yaz ve sonbahar dönemlerinde, yetersiz yağışın ve artan sıcaklıkların etkisiyle su kaynaklarında azalma görülmekte ve bu da su ekosistemlerinin dengesini bozmaktadır.

Su kullanımı ise İsrafil Deresi'nin çevre ekosistemi üzerindeki etkilerini artıran bir diğer önemli faktördür. İçme suyu temini için dere suyunun büyük bir kısmının kullanılması, ekosistemin su ihtiyacını karşılamakta zorluk yaşanmasına neden olmaktadır. Özellikle kurak dönemlerde, içme suyu talebinin artışı, dere suyu ekosistemlerinin suyunun azalmasına yol açmaktadır. Bu durum, suyun hayati öneme sahip olan bitki ve hayvan türlerinin yaşam alanları üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ekosistemdeki sucül fauna da bu su kaybından ciddi şekilde etkilenmektedir. Dere suyunun azalması, sucül organizmaların yaşam alanlarının küçülmesine, besin kaynaklarının azalmasına ve yaşam döngülerinin bozulmasına neden olmaktadır.

Sonuç olarak, İsrafil Deresi'nin su kalitesi ve çevre ekosistemi üzerindeki en önemli faktörler olan iklim değişikliği ve su kullanımı, ekosistemdeki dengeyi etkileyen ve sucül yaşamı olumsuz yönde etkileyen etmenler olarak öne çıkmaktadır. Bu faktörlerin anlaşılması ve yönetilmesi, dere ekosistemlerinin sürdürülebilirliği ve biyolojik çeşitliliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Araştırma, akarsu ekosistemlerinin farklı bölgelerindeki organizma dağılımının, mikrohabitat tercihleri, su kalitesi ve diğer çevresel faktörlerle karmaşık bir etkileşim içinde olduğunu ortaya koymuştur.

Bu tür analizler, ekosistem yönetimi ve koruma çabalarında önemli bir rol oynayabilir, çünkü farklı bölgelerdeki organizma dağılımının anlaşılması, doğal dengeyi sağlama ve insan etkilerine karşı duyarlılık konusunda bilgi sağlayabilir.

6. KAYNAKLAR

AAAS, *Atlas of Population and Environment: American Association for the Advancement of Science*, 1333 H St., NW, 8th Floor Washington DC 20005 USA, (2001).

Aguirre, J.A.M., Sanchez, J.C.R., Aranoa, C.G., Rueda, P.H., Fallas, J., Cisneros, F., Cisneros, F., Urciuolo, A., ve Iturraspe, R., “Forest use strategies in watershed management and restoration: application to three small mountain watersheds in Latin America”, *Journal of Agricultural Engineering*, 45 (1), 3-14, doi: 10.4081/jae.2014.221, (2014).

Akbaba, G., “Işıklı Gölü (Denizli) bentik faunasının mevsimsel değişimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, Isparta, (2015).

Akman, M., “Köyceğiz gölü’nün makro-bentik omurgasızlarının ve su kalitesinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla, (2011).

Akyıldız, G., “Denizli ili sınırlarındaki Büyük Menderes Nehri ve yan kolu Çürüksu Çayı’nın su kalitesinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı Denizli, (2008).

Akzıypak, R., “Bafa Gölü’nün makrobentik omurgasızlarının ve su kalitesinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla, (2015).

Albayrak, E., “Danamandıra gölü (Silivri-İstanbul) yaygın bentik omurgasızları”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, (2011).

AQEM Konsorsiyum, “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).

Askew, R.R., *The Dragonflies of Europe*, Harley, Colchester-England, (1988).

Aydemir-Çil, E., Özbek, M., Yardım, Ö., Yıldız, S., Taşdemir, A., Rasouli, H. ve Gürbüzer, P., “Diversity of benthic macroinvertebrates and water quality of Karasu Stream (Black Sea)”, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38 (4), 467-477, doi: 10.12714/egejfas.38.4.08, (2021).

Belfiore, C., Efemerotori (Ephemeroptera), *Promozione Della Qualita Dell’ambiente*, AQ./1/201, (1983).

Belfiore, C., Tanatmış, M. ve Kazancı, N., Taxonomy of *Electrogena antalyensis* (Kazancı and Braasch) (Ephemeroptera, Heptageniidae), *Aquatic Insects* 22: 261–270, doi: 10.1076/0165-0424(200010)22:4;1-Y;FT261, (2000).

Berton, R., Driscoll, C.T. ve Chandler, D.G., “Changing climate increases discharge and attenuates its seasonal distribution in the northeastern United States”, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 5, 164-178, doi: 10.1016/j.ejrh.2015.12.057, (2016).

Birmingham, M., Heimdal, D., Todd, H., Ken, K., Richard, L., Jim, W., Jacklyn, N., Brian, S. ve Tom, W., “Benthic Macroinvertebrate Key [online]”, *Iowater Volunteer Water Quality Monitoring*, <http://www.iowater.net/>, (2005).

Biröl, N., “Dipsiz-Çine Çayı (Muğla-Aydın)’ın Bentik Makroomurgasızlarının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla, (2007).

Boucherd, R. W. Jr., Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest, University of Minnesota, ISBN-00511309763, (2004).

Brinkhurst, R.O., *The Benthos of Lakes*, Mac Millan Press Ltd., London, (1974).

Brinkhurst, O. R., Bolt, R. E., Johnson, M. G., Mozley, S. ve Tyler, A. V., *The Benthos of Lakes*, Department of Zoology / University of Toronto. ISBN-333176448, (1974).

Callisto, M., Moreno, P. ve Barbosa, F.A.R., “Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipo, Southern Brazil”, *Brazilian Journal of Biology*, 61 (2), 259-266, (2001).

Cano-Poli, K., Chiogna, G. ve Bellin, A., “Convenient use of electrical conductivity measurements to investigate hydrological processes in Alpine headwaters”, *Science of The Total Environment*, 685, 37-49, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.166, (2019).

Cook, D.G., The Tubificidae (Annelida: Oligochaeta) of Cape Cod Bay, II: Ecology and systematics, with the description of *Phalodrilus parviatriatus* nov.sp., *The Biological Bulletin*, 141 (2), 203-221, (1971).

Cranston, P.S., Dillon, M.E., Pinder, L.C.V. ve Reiss, F., “The adult males of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the holarctic region – Keys and diagnoses”, (eds: T. Wiederholm), Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part 3. Adult males. *Entomologica scandinavica*, 34 (Supplement), (1989).

De Pauw, N., ve Hawkes, H.A., “Biological monitoring of river water quality”, (eds: W.J. Walley, ve S. Judd), *River water quality monitoring and control*. Aston University, Birmingham, UK. 87-111, (1993).

Demirsoy, A., Türkiye faunası (Odonata), *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), TBAG Seri No:28, Tübitak yayınları No: 508*, Ankara, (1982).

Dökmen, F., *İhsaniye Yöresi Su Kaynaklarında Ağır Metal İçeriği ve Sulama Suyu Kullanımına Etkileri*, 2000 GAP- Çevre Kongresi, I. Cilt, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ve Ziraat Fakültesi, Şanlıurfa, 215-226, (2000).

Dudley, N., ve Stolton, S., *Running pure: the importance of forest protected areas to drinking water*, World Bank/WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use, (2003).

Duran, M., Tüzen, M. ve Kayım M., Exploration of biological richness and water quality of stream Kelkit, Tokat-Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 12 (4), 368-375, (2003).

Elliot, J.M., Humpesch, U.M., ve Macan, T.T., “Larvae of the British Ephemeroptera: A Key With Ecological Notes”, *Freshwater Biological Association*, (1988).

Ertaş, A., Yaşartürk, M., Boz, T. ve Tüney-Kızılkaya, İ., Evaluation of the water quality of Karabal Stram (Gediz River, Turkey) and comparative performance of the used indices, *Acta Aquatica Turcica*, 17 (3), 334-349, (2021).

Grochowska, J., Assessment of water buffer capacity of two morphometrically different, degraded, urban lakes, *Water*, 12, 1512, doi: 10.3390/w12051512, (2020).

Güçlü, S.S., Küçük, F. ve Gülle, İ., “The change of Manavgat River (Antalya, Turkey) Fish Fauna in a Quarter-Century”, *Acta Aquatica Turcica*, 16 (4), 443-446, doi: 10.22392/actaquatr.693792, (2020).

Guerrero-Jimenez, C.J., Rabert, C.L., Saez-Arteaga, A., Loncoman, N., Torres, G., Flores, T., Llanquin-Rosas, F., Valenzuela, M.L., ve Moreno, R., “Evaluation of biological and physicochemical relationships as indicators of water quality in Tolten river basin, Araucania, Chile: preliminary results”, *Journal of Chilean Chemical Society*, 66 (4), 5307-5311, doi: 10.4067/s0717-97072021000405307, (2021).

Hellawell, J.M., “Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management”, (eds: K. Melanby), Pollution Monitoring Series, doi: 10.1007/978-94-009-4315-5, (1986).

Hilsenhoff, W.L., “An Improved Biotic Index of Organic Stream Pollution”, *Great Lakes Entomologist*, 20, 31-39, (1987).

Hilsenhoff, W.L., “Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index”, *Journal of the North American Benthological Society*, 7 (1), 65-68, (1988).

Hungerford, H.B., “The Corixidae of the Western Hemisphere (Hemiptera)”, *The University of Kansas Science Bulletin*, 32, 1-827, (1948).

IPCC, “Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, doi: 10.1017/9781009325844, (2022).

Kalyoncu, H., ve Gülboy, H., “Benthic macroinvertebrates from Dariören and Isparta Streams (Isparta/Turkey) – biotic indices and multivariate analysis”, *Journal of Applied Biological Sciences*, 3 (1): 85-92, (2009).

Karaman, G. S. & Pinkster, S., “Freshwater Gammarus species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea-Amphipoda), Part III *Gammarus balcanicus* Group and related species”, *Bijdragen Tot De Dierkunde*, 57 (2), 207-260, (1987).

Karaman, G. S., “Contribution to the knowledge of the amphipoda. Some new or veryinteresting *Gammarus* species from southern Europa and Asia minor”, *Polyoprivreda I.Sumarstvo*, XIX (3), 1-42, (1973).

Karaman, G.S. ve Pinkster, S., “Freshwater Gammarus species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea-Amphipoda), Part I Gammarus pulex Group and related species”, *Bijdragen Tot De Dierkunde*, 47 (1), 1-164, (1977).

Karaman, S. ve Gökçalp, Z., “Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri”, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3 (1), 59-66, (2010).

Kazancı, N., Türkmen, G., Başören, Ö. ve Ekingen, P., “TR-BMWP (Turkish-BMWP) biotic index”, *Review of Hydrobiology*, 9 (2), 147-151, (2016).

Kenney, M.A., Sutton-Grier, A.E., Smith, R.F., ve Gresens, S.E., “Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality: the intersection of science and policy”, *Terrestrial Arthropod Reviews*, BRILL, 2: 99-128, doi: 10.1163/187498209X12525675906077, (2009).

Kiriş, E., “Akçay (Muğla-Denizli)'ın fiziko-kimyasal bentik makroinvertebrata yönünden incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla, (2003).

Kırtorun, E. ve Karaer, F., “Su yönetimi ve suyun sürdürülebilirliği”, *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 1 (2), 151-159, (2018).

Klee, O., “Angewandte hydrobiologie. G. Theieme Verlag, 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage”, Stuttgart-New York, (1991).

Kruse, G.O.W. ve Pritchard, M.H., “The Collection and Preservation of Animal Parasites”, *University of Nebraska Press Lincoln and London*, (1982).

Lee, D.-Y., Lee, D.-S., ve Park, Y.S., “Taxonomic and Functional Diversity of Benthic Macroinvertebrate Assemblages in Reservoirs of South Korea”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20 (1), 673, doi: 10.3390/ijerph20010673, (2023).

Macan, T. T., “A key to the nymphs of the British species of Ephemeroptera with notes on their ecology”, *Scientific Publications of the Freshwater Biological Association*, (1979).

Macan, T.T., “A Revised Key to the British Water Bugs /Hemiptera-Heteroptera): With Notes on Their Ecology”, *Freshwater Biological Association*, (1965).

Macan, T. T., “The Influence Of Predation On The Composition Of Freshwater Animal Communities”, *Biological Review*, 52, 45–70, (1977a).

Macan, T. T., “A Guide to Freshwater Invertebrate Animals”, *13. Impression, Logman House*, (1977b).

Mandaville, S.M., “Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols”, *Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax*, (2002).

Nilsson, A., “Aquatic insects of North Europe (a taxonomic handbook) volume I”, *Apollo Books, Stensrup, Denmark*, (1996).

Nilsson, A., “Aquatic insects of North Europe (a taxonomic handbook) volume II”, *Apollo Books, Stensrup, Denmark*, (1997).

Nilsson, A.N. ve Holmen, M., “The aquatic adephage (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark”, *E.J. Brill*, (1995).

Öz, N., “Melen Nehri ve kollarında bentik makroinvertebratlar ile kimyasal parametreler arasındaki ilişkinin modellenmesi”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Sakarya*, (2004).

Özbay, H., Yaprak, A.E., Turan, N., “Assessing water quality in the Ceyhan River basin (Turkey) with the use of aquatic macrophytes”, *Chemistry and Ecology*, 35 (2), 1-12, doi: 10.1080/02757540.2019.1668928, (2019).

Özbek, M., Taşdemir, A. ve Yıldız, S., “Benthic macroinvertebrates of Adıgüzel Reservoir (Denizli, Turkey)”, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33 (3), 259-263, (2016).

Özbek, M., ve Ustaoglu, M.R., “Göller bölgesi içsularının Malacostraca (Crustacea-Arthropoda) faunasının taksonomik açıdan incelenmesi”, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 22 (3-4): 357-362, (2005).

Özkan, E., “Mudurnu Nehri’nde su kalitesinin bentik makroinvertebratlar ile belirlenmesi”, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), *Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya*, (2017).

Öztürk, S., Sungur, S., Seçer, B., ve Çiçek, E., “Benthic macroinvertebrate fauna of some high-altitude lakes in the Aladağlar mountains (Niğde)”, *Aquatic Sciences and Engineering*, 37 (3), 175-181, doi: 10.26650/ASE20221075908, (2022).

Paiva, F.F., de Melo, D.B., Dolbeth, M. ve Molozzi, J., “Functional threshold responses of benthic macroinvertebrates to environmental stressors in reservoirs”, *Journal of Environmental Management*, 329: 116970, doi: 10.1016/j.jenvman.2022.116970, (2023).

Papp, L. ve Darvas, B., “Palaeartic *Diptera* Vol 2: Nematocera and Lower Brachycera”, *Science Herald, Budapest*, (1997).

Paul, M.J., Coffey, R., Stamp, J. ve Johnson, T., “A review of water quality responses to air temperature and precipitation changes 1: flow, water temperature, saltwater intrusion”, *JAWRA*, 1-49, , DOI: 10.1111/1752-1688.12710, (2019).

Paul, S. ve Lama, W., “Water use and its crisis in the world”, (eds: W. Leal Filho et al.), *Responsible Consumption and Production, Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*, doi: 10.1007/978-3-319-71062-4_93-1, (2019).

Plafkin, J. L., Barbour, M.T., Porter, K. D., Gross, S. K., Hughes R.M., “Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish”, U.S. Environmental Protection Agency, *Office of Water Regulations and Standards*, Washington, D.C. EPA 440-4-89-001, (1989).

R Core Team, “R: A Language and Environment for Statistical Computing [online]”, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org/>, (2023).

RStudio Team, “RStudio: Integrated Development for R [online]”, RStudio, PBC, Boston, MA, <https://www.rstudio.com/>, (2020).

Rossaro, B. & Lencioni, V. “A key to larvae of species belonging to the genus *Diamesa*”, *European Journal Environmental Sciences*, 5, 62-79, doi: 10.14712/23361964.2015.79, (2015a).

Rossaro, B. & Lencioni, V., “A Key to Larvae of *Diamesa* Meigen, 1835 (Diptera, Chironomidae), well known as adult males and pupae from Alps (Europe)”, *Journal of Entomological and Acarological Research*, 47, 123-138, doi: 10.4081/jear.2015.5516, (2015b).

Ryberg, K.R., Lin, W. ve Vecchia, A.V. “Impact of climate variability on runoff in the North-Central United States”, *Journal of Hydrologic Engineering*, 19 (1), 148-158, doi: 10.1061/(asce)he.1943-5584.0000775, (2014).

Şahin, Y., “Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri Akarsu ve Göllerindeki Chironomidae (Diptera) Larvalarının Teşhisi ve Dağılımları”, *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, 57 (2), 145, (1984).

Şahin, Y., “Türkiye chironomidae potamofaunası (Chironomidae potamofauna of Turkey)”, *Tubitak, proje no: TBAG-869, VHAG-347, TBAG-669, TBAG-79*, (1991).

Schmid, P.E. “A key to the larval Chironomidae and their instars from Austrian Danube region streams and rivers with particular reference to a numerical taxonomic approach. Part I. Diamesinae, Prodiamesinae and Orthoclaudiinae”, *Wasser und Abwasser, Supplementary*, 3(93): 1-514, (1993).

Selek, Z., ve Karaaslan, Y., “Ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi”, Tarım ve Orman Bakanlığı, ISBN: 978-605-7599-12-4, (2019).

Simpson, S.C., Meixner, T. ve Hogan, J.F., “The role of flood size and duration on streamflow and riparian groundwater composition in a semi-arid basin”, *Journal of Hydrology*, 488: 126-135, doi: 10.1016/j.jhydrol.2013.02.049, (2013).

Solak, C.N. ve Acs, E., “Water quality monitoring in European and Turkish rivers using diatoms”, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 329-337, doi: 10.4194/trjfas.2011.0218, (2011).

Tagliapietra, D., Sigovini, M., Volpi-Ghirardini, A., “A review of terms and definitions to categorise estuaries, lagoons and associated environments”, *Marine Freshwater Research*, 60, 497-509, (2012).

Tampo, L., Kabore, I., Alhassan, E. H., Oueda, A., Bawa, L.M. ve Djaneye-Boundjou, G., “Benthic macroinvertebrates as ecological indicators: their sensitivity to the water quality and human disturbances in a tropical river”, *Frontiers in Water*, 3: 662765, doi: 10.3389/frwa.2021.662765, (2021).

Tanatmış, M., “Sakarya Nehir Sistemi Ephemeroptera Faunasının Tespiti ve Yayılımları”, *Eskisehir*, (1993).

Tanatmış, M. “Türkiye Ephemeroptera Türleri ve Yayılımları, Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası”, “Hayvan Coğrafyası”, (eds: A. Demirsoy). *Meteksan A. Ş., Ankara*, 672-680, (1999).

Thorne, R. S., Williams, W. P., “The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment”, *Freshwater Biology*, doi: 10.1046/j.1365-2427.1997.00181.x, (1997).

Timm, T., “A Guide to the Estonian Annelida”, *Estonian Academy Publishers*, (1990).

Vallenduuk, H.J. “Chironomini larvae of western European lowlands (Diptera: Chironomidae) Keys with notes to the species”, *Lauterbornia* 82: 1-217, (2017).

Wallace, I. D., Wallace, B. ve Philipson, G. N., “A Key to the Case-Bearing Caddish Larvae of Britain and Ireland”, *Freshwater Biological Association*, No. 51, (1990).

WFD, “European Commission, 2000, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the council of 23rd October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. *Off. J. Eur. Communities* L327/1 (Brussels)”, Water Framework Directive (WFD) 2000/60/EC, (2000).

WRI, “World Resources Institute, Aqueduct Water Risk Atlas [online]”, (01.04.2023), <https://www.wri.org/applications/maps/water-risk-atlas/>, (2023).

WWF, “Yaşayan Gezegen Raporu”, WWF Rapor, (2014).

Yıldırım, N., “Fırınz Çayı (Kahramanmaraş)’nın Fiziko-Kimyasal ve Bazı Biyolojik (Bentik Makroinvertebrat) Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, (2006).

Yılmaz, M., “Namnam çayı su kalitesinin fiziko-kimyasal ve biyolojik (bentik makro omurgasız ve balıklar) parametrelere göre belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla, (2016).

Yorulmaz, B., “Dalaman Çayı’nın Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik (Bentik Makroinvertebrat) Açısından Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, Muğla, (2000).

Yorulmaz, B., “Eşen çayı (kocaçay) su kalitesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan incelenmesi”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir, (2006).

Zeybek, M., Kalyoncu, H., Karakaş, B. ve Özgül, S., “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, 603-613, (2014).