

**Mezitler (Bozüyük-Bilecik) Bölgesinin Akarsu
Kaynaklarındaki Gammaridae ve
Ephemeroptera Tür Çeşitliliği ile Su Kirliliği
Arasındaki İlişkinin Saptanması**

Yüksek Lisans Tezi

Sıdıka AKSOY

Eskişehir 2019

**Mezitler (Bozüyük-Bilecik) Bölgesinin Akarsu Kaynaklarındaki Gammaridae ve
Ephemeroptera Tür Çeşitliliği ile Su Kirliliği Arasındaki İlişkinin Saptanması**

Sıdıka AKSOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Biyoloji Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Nesil ERTORUN
(İkinci Danışman: Doç. Dr. Mehmet Burçin MUTLU)
Eskişehir
Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Ocak 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Sıdika AKSOY'un "Mezitler (Bozüyük-Bilecik) Bölgesi'nin Akarsu Kaynaklarındaki Gammaridae ve Ephemeroptera Tür Çeşitliliği ile Su Kirliliği Arasındaki İlişkinin Saptanması" başlıklı tezi 07/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Biyoloji Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvanı Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı)

: Doç. Dr. Nesil ERTORUN

Üye

: Doç. Dr. Recep Sulhi ÖZKÜTÜK

Üye

: Doç. Dr. Cüneyt Nadir SOLAK

Prof.Dr. Ersin YÜCEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Mezitler (Bozüyük-Bilecik) Bölgesinin Akarsu Kaynaklarındaki Gammaridae ve Ephemeroptera Tür Çeşitliliği ile Su Kirliliği Arasındaki İlişkinin Saptanması

Sıdıka AKSOY

Biyoloji Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak 2019

Danışman: Doç. Dr. Nesil ERTORUN

İkinci Danışman: Doç. Dr. Mehmet Burçin MUTLU

Bu çalışmada, Mezitler Bölgesi'nin Gammaridae ve Ephemeroptera biyoçeşitliliğinin incelenmesi ve su kalite parametrelerinin Gammaridae ve Ephemeroptera bireyleri ile onların bağırsak mikrofloralarına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışma bölgesinden, 6 farklı istasyondan 4 farklı zaman diliminde, toplam 24 örnekleme olmak üzere su, sediment ve Gammaridae ile Ephemeroptera taksonlarına ait örnekler toplanmıştır. Yapılan örneklemler sonucunda su numunelerinin fizikokimyasal parametreleri (sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, redoks potansiyeli, çözülmüş oksijen, amonyum ve nitrat) ve kimyasal oksijen ihtiyacı ile sediment numunelerine ait dehidrogenaz enzim aktivitesi belirlenmiştir. İstasyonlardan örneklenen Gammaridae ve Ephemeroptera taksonlarına ait bireylerin teşhisleri yapılmış ve *Gammarus balcanicus*, *Gammarus agrarius*, *Baetis rhodani*, *Baetis lutheri*, *Baetis vernus*, *Baetis pavidus*, *Epeorus znojko*, *Electrogena lateralis*, *Echinodorus dispar*, *Ephemerella ignita* türleri tespit edilmiştir. Tespit edilen türlerin, su kalitesine göre bolluk ve biyoçeşitliliği değerlendirilmiş ve bolluğu en fazla olan türlerin *Gammarus balcanicus* ve *Baetis rhodani* oldukları saptanmıştır. Su kalite değerleri ile bireyler arasındaki ilişki incelendiğinde, Gammaridae taksonuna ait üyelerin uygun habitat koşullarında sıcaklığın düşmesine bağlı olarak toksisite artışıyla birlikte sayıca azaldığı, Ephemeroptera taksonuna ait üyelerin ise çözülmüş oksijen ve redoks potansiyeli değerlerinin yükselmesi ile birey sayılarında artış olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, artan kimyasal oksijen ihtiyacının Ephemeroptera birey sayılarında azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar, Mezitler (Bozüyük-Bilecik) Bölgesi'nin Gammaridae ve Ephemeroptera taksonlarının bolluk ve dağılımını ortaya çıkartırken, su kalite değerleri ile biyoçeşitlilik arasında yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoçeşitlilik, Gammaridae, Ephemeroptera, Su kalitesi, Bağırsak mikroflorası.

ABSTRACT

Determination of the Relationship Between Gammaridae and Ephemeroptera Species Diversity and Water Pollution in River Sources of Mezitler (Bozüyük-Bilecik) Region

Sıdıka AKSOY

Department of Biology

Anadolu University, Graduate School of Sciences, January 2019

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nesil ERTORUN

Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Burçin MUTLU

In this study, it is aimed to investigate Gammaridae and Ephemeroptera biodiversity of Mezitler Region and to determine the effects of water quality parameters on Gammaridae and Ephemeroptera and their gut microflora. Water, sediment, Gammaridae and Ephemeroptera samples were collected from the study area in a total of 24 location in 4 different time periods, 6 different stations. As a result of the sampling, physicochemical parameters of water samples (temperature, pH, electrical conductivity, redox potential, dissolved oxygen, ammonium and nitrate) and chemical oxygen demand and the dehydrogenase enzyme activity of sediment samples were determined. Gammaridae and Ephemeroptera taxa samples from the stations were diagnosed and *Gammarus balcanicus*, *Gammarus agrarius*, *Baetis rhodani*, *Baetis lutheri*, *Baetis vernus*, *Baetis pavidus*, *Epeorus znojko*, *Electrogena lateralis*, *Echinodorus dispar*, *Ephemerella ignita* species were determined. The abundance and biodiversity of the species determined according to the water quality were evaluated and the species with the greatest abundance were *Gammarus balcanicus* and *Baetis rhodani*. When the relationship between water quality values and individuals is examined, it has been observed that members of Gammaridae taxa have decreased in number due to decrease in temperature due to decrease of temperature in appropriate habitat conditions and increase in number of individuals with elevated oxygen and redox potential values of members of Ephemeroptera taxon. In addition, it was determined that increased chemical oxygen demand caused a decrease in the number of Ephemeroptera individuals. The results obtained from the study reveal the abundance and distribution of Gammaridae and Ephemeroptera taxa of Mezitler (Bozüyük-Bilecik) region, and a close relationship between water quality values and biodiversity.

Keywords: Biodiversity, Gammaridae, Ephemeroptera, Water quality, Gut microflora.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezim süresince, çalışma konusunun seçiminde bana önderlik eden, araştırmalarımın başlangıcından bitimine kadar bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, bana daima destek olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Nesil ERTORUN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, ikinci danışman hocam Doç. Dr. Mehmet Burçin MUTLU ve Araş. Gör. Dr. Nilgün POYRAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuvar ve cihaz olanaklarından faydalandığım, A.Ü. Fen Fakültesi Hidrobiyoloji, Ekoloji ve Mikrobiyoloji Laboratuvarlarındaki emeği geçen tüm çalışma arkadaşlarım, hocalarıma ve yüksek lisans tezim boyunca arazi çalışmalarında büyük desteğini gördüğüm Çağdaş SAZ'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, anlayışlı, sabırlı ve fedakar Kenan Murat AYDIN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Beni yetiştiren ve bugüne kadar maddi-manevi desteklerini esirgemeyen, vermiş oldukları eğitim ve anlayış ile bugünlere gelmemi sağlayan aileme özellikle ve içtenlikle, saygı ve minnetlerimi sunarım.

Sıdika AKSOY

03/01/2019

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait özgün bir çalışma olduğunu, çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı” yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Sıdıka AKSOY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
GÖRSELLER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1. Gammaridae Alttakımının Morfolojik Özellikleri	7
1.2. Gammaridae Alttakımının Ekolojik ve Biyolojik Özellikleri	9
1.3. Ephemeroptera Takımının Morfolojik Özellikleri	10
1.4. Ephemeroptera Takımının Ekolojik ve Biyolojik Özellikleri	13
2. MATERYAL VE METOT.....	16
2.1. Örnekleme Alanları	18
2.1.1. I. İstasyon	18
2.1.2. II. İstasyon	19
2.1.3. III. İstasyon	20
2.1.4. IV. İstasyon.....	23
2.1.5. V. İstasyon	21
2.1.6. VI. İstasyon.....	22
2.6. Su Örneklerinin Analizleri	23
2.2.1. Fiziko-kimyasal Analizler	24
2.2.2. Amonyum ve Nitrat Analizleri	24
2.2.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Analizleri	24
2.3. Sediment Örneklerinin Analizleri	25
2.3.1. Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Analizleri.....	25
2.4. Makrobentoz Örneklerin Toplanması	25

2.5. Makrobentoz Örneklerin Tür Tayini	25
2.6. Araştırmalar Sırasında Kullanılan Cihazlar	26
3. BULGULAR.....	28
3.1. Makrobentoz Tür Tayini	28
3.2. Su Analizleri ve Birey Sayıları	30
3.3. Sediment Enzim Aktivitesi	44
3.3.1. Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi	44
4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKÇA.....	55
ÖZGEÇMİŞ	

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2. 1. İstasyonların coğrafi konum özellikleri	18
Tablo 3. 1. I. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözünmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları.....	30
Tablo 3.2. I. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları	30
Tablo 3.3. II. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözünmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları.....	31
Tablo 3.4. II. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları	31
Tablo 3.5. III. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözünmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları.....	32
Tablo 3.6. III. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları.....	32
Tablo 3.7. IV. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözünmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları.....	33
Tablo 3.8. IV. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları	33
Tablo 3.9. V. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözünmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları.....	34
Tablo 3.10. V. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları.....	35
Tablo 3.11. VI. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözünmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları	36
Tablo 3.12. VI. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları	36
Tablo 3.13. İstasyonlardan örneklenen sediment numunelerinin dehidrogenaz enzim aktivitesi sonuçları	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin pH değerleri	37
Şekil 3.2. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin Eİ değerleri	37
Şekil 3.3. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin Redoks Potansiyeli değerleri ..	38
Şekil 3.4. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin çözünmüş oksijen değerleri	38
Şekil 3.5. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin KOİ değerleri.....	39
Şekil 3.6. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin amonyum değerleri.....	39
Şekil 3.7. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin nitrat değerleri	40
Şekil 3.8. I. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları	40
Şekil 3.9. II. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları	41
Şekil 3.10. III. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları	41
Şekil 3.11. IV. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları.....	42
Şekil 3.12. V. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları	43
Şekil 3.13. VI. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları.....	44
Şekil 3.14. İstasyonlardan örneklenen sediment numunelerinin dehidrogenaz enzim aktiviteleri	45

GÖRSELLER DİZİNİ

	Sayfa
Görsel 1.1. Gammaridae taksonuna ait genel görünüm	8
Görsel 1.2. Ephemeroptera nimfine ait genel görünüm	12
Görsel 2.1. Mezitler (Bilecik, Bozüyük) Bölgesi'nde örnekleme yapılan istasyonlar...	17
Görsel 2.2. Mezitler (Bilecik, Bozüyük) Bölgesi'nde örnekleme yapılan istasyonlar (I-IV).....	17
Görsel 2.3. Mezitler (Bilecik, Bozüyük) Bölgesi'nde örnekleme yapılan istasyonlar (V-VI)	17
Görsel 2.4. I. İstasyon	18
Görsel 2.5. II. İstasyon	19
Görsel 2.6. III. İstasyon.....	20
Görsel 2.7. IV. İstasyon.....	21
Görsel 2.8. V. İstasyon.....	22
Görsel 2.9. VI. İstasyon.....	23
Görsel 3.1. <i>Gammarus balcanicus</i> mikroskop görüntüleri	28
Görsel 3. 2. <i>Baetis rhodani</i> mikroskop görüntüleri.....	29

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
EC	: Elektriksel İletkenlik
RP	: Redoks Potansiyeli
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
NH₄⁺	: Amonyum
NH₃⁻	: Nitrat
H₂SO₄	: Sülfürik asit
°C	: Santigrat derece
%	: Yüzde
L	: Litre
mL	: Mililitre
g	: Gram
mg	: Miligram
h	: Saat

1. GİRİŞ

Dünyadaki insan popülasyonu önümüzdeki yıllarda katlanarak artmaya devam edecek ve Dünya'nın taşıma kapasitesi doyma noktasına ulaşmış olacaktır (Gerlve ve ark., 2014). Dünyanın farklı bölgelerinde yaşamlarını sürdürmekte olan canlılar, en önemli yaşam kaynağı olan su ile ilgili olarak çok önemli sorunlar ile karşı karşıya kalacaklardır (Sánchez ve ark., 2007). Gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı nüfus artışı, su kaynaklarının kullanımı konusunda önemli planlamalar yapılmasına gereksinim doğurmuştur (Rawlins ve ark., 1998). Su, tüm organizmaların temel ihtiyacıdır. Bu nedenle, su kaynaklarının azalması ya da kullanılamayacak hale gelmesi, tüm canlıların yaşamlarını olumsuz yönde etkileyecektir (Oki ve Kanae, 2006). Bu nedenle su kaynaklarının sürdürülebilirliği ve kalitesi çok hassas bir konudur. Doğal süreçlerin yanı sıra antropojenik etkiler de yüzey sularının kalitesinin bozulmasına neden olmakta ve içme, endüstri, tarım, rekreasyon ve diğer amaçlar için kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir (Sánchez ve ark., 2007).

Suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, su kütlesinin yeri, kanalizasyon türü, evsel ve endüstriyel atık suların bertaraf edilmesi ve havzadaki diğer insan faaliyetleri de dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır (Monferrán ve ark., 2011). Su kalitesi genellikle bir su numunesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşimini ifade eder. Su kalitesine ilişkin güvenilir ve tüm su kütlesini temsil edici nitelikte analizler yapmak için istatistiksel yaklaşımlar da dahil olmak üzere uzun bir prosedür gerekmektedir. Su kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesi su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini geliştirmek için gereklidir (Mahapatra, Nanda ve Panigrahy, 2011). Bir nehir havzasının iklimi ve jeolojisi, su kalitesini büyük ölçüde belirlerken, yüksek nüfuslu bölgelerde insan kaynaklı etkiler, bu doğal dengeyi bozmaktadır (Silva-Benavides ve ark., 1996). Çiftçilik, ormansızlaştırma, endüstriyel ve evsel atık deşarjı gibi insan kaynaklı uygulamalar, yüzeysel özelliklerin, askıda katı madde yükünün ve yüzey sularının besin düzeylerindeki değişikliklerle su kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır (Courtemanch, Davies ve Laverty, 1989).

Yüzey sularının kalitesi ile ilgili olarak yapılan çalışmaların neredeyse tamamı sadece fizikokimyasal parametreleri esas almakta ve bu durum yetersiz olarak nitelendirilmektedir (Castellanos Romero ve ark., 2017). Bunun nedeni kirliliğin, tamamının rutin olarak analiz edilemeyen ve doğada geçici olan çeşitli maddelerin var olmasından kaynaklanmasıdır. Ayrıca, nehir suyunun kimyasal analizi sadece mevcut

olan kirletici maddeleri tanımlayabilmektedir. Kişiler, popülasyonlar veya organizma toplulukları üzerindeki olası toksik etkiler tespit edilememektedir (Soldner ve ark., 2004). Bununla birlikte, doğal veya beşeri kirletici artışının yanı sıra, zamanla organik kirleticiler gibi spesifik atıkların akarsulara daha fazla karışması, olağandışı metodolojilerin kullanımını teşvik etmektedir (Castellanos Romero ve ark., 2017). Bentik makro omurgasız türleri, çevrelerindeki birçok biyotik ve abiyotik faktöre farklı duyarlılıklar göstermektedir. Buna bağlı olarak, makro-omurgasız topluluk yapısı bir sucül sistemin verim durumunun göstergesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Mandaville, 2001). Akarsuların kirlilik düzeylerini değerlendirmek için biyolojik elemanların kullanılması, fiziksel ve kimyasal parametrelerin incelenmesinden elde edilemeyen verilen de elde edilmesini sağlamaktadır. En önemlisi, biyota, çeşitli çevresel parametrelerin kolektif etkisine zaman içinde cevap vererek bir bilgi entegratörü gibi hareket etmektedir (Kaesler, Cairns ve Crossman, 1974). Bu organizmaların fiziksel ve kimyasal koşullar açısından özel gereksinimleri mevcuttur. Bu organizmaların varlığında/yokluğunda, sayılarında, morfolojisinde, fizyolojisinde veya davranışlarındaki değişiklikler, fiziksel ve/veya kimyasal koşulların tercih edilen sınırlarının dışında olduğunu gösterebilir. Toleransı yüksek organizmaların onlarca familyasının varlığı genellikle yetersiz su kalitesini gösterir (Mandaville, 2001). Su kalitesini değerlendirmek için yapılan biyolojik indekslerde makro-omurgasızların kullanımı, kolay olduğundan, diğer organizmalara göre avantaj sağlamaktadır (Ioz ve ark., 1995). Kirlilik göstergesi olarak kullanılan biyolojik bileşenlerin başarısı, bir akarsuda yaşayan organizmaların birden fazla neden-sonuç yoluna sahip, çatışan bir topluluk oluşturmamasından kaynaklanmaktadır (Kaesler, Cairns ve Crossman, 1974). Makro-omurgasızlar olarak adlandırılan ve akarsularda fazla miktarda takson ile temsil edilen bu organizmalar çeşitli stres koşullarında farklı hassasiyetler göstererek hızlı tepkiler vermektedirler. Makro-omurgasızlar, sınırlı hareket yeteneğine sahip olmaları nedeniyle yalnızca lokal bölgelerde indikatör olarak kullanılan canlılardır. Bu canlıların hayat döngülerinin uzun olması çevresel etkilerin sebep olduğu mevsimsel ve yıllık değişimlerin izlenebilmesine olanak sağlamaktadır (Kırkağaç ve Köksal, 2009). Bentik makro omurgasız topluluklarının kompozisyonu, su kalitesinde şiddetli bozulma ile beraber hızlı bir şekilde değişimin yanı sıra orta ve uzun süreli zaman ölçeklerine göre su kalitesi üzerinde hâkim olan baskılara bir bakış açısı sağlamaktadır (Joutsijoki ve ark., 2014). Makroomurgasız canlılar, kolaylıkla toplanabilecek ve arazi koşullarında çıplak gözle görülebilecek

büyüklerdedirler. Uygulama için gerekli maliyetin de düşük olması bu yöntemin gelişmekte olan ülkelere daha ilgi çekici hale gelmesine sebep olmaktadır (Kırkağaç ve Köksal, 2009).

Gammaridae ve Ephemeroptera taksonlarına ait canlılar, kısıtlı dağılma kabiliyeti, bolluk, taksonomik ve fonksiyonel çeşitlilik özellikleri ile akarsu biyotası arasında öne çıkmaktadır. Çevresel kirlilik ve stres faktörlerine karşı çok hassas olmaları ve bu nedenle çevresel değerlendirmenin birçok endeksinde metrik olarak kullanılmaları nedeniyle habitat kalitesi ve bütünlüğünün iyi bir göstergesi olarak kabul edilerek biyoindikatör çalışmalar için özellikle uygun bulunmaktadır (Copilaş-Ciocianu ve ark., 2014; Ceneviva-Bastos ve ark., 2017). Ekosistemlerin kirlilik veya stresle birlikte değiştiği bilinmektedir. Kirliletiçi etkilerin araştırılmasına yönelik kullanılan temel yaklaşım gösterge organizmalara dayalı hale gelmektedir (Washington, 1984). Çevresel koşullara olan duyarlılıklarında farklılık gösteren canlılar biyoindikatörler olarak adlandırılmaktadır (Cardinal, Ravelomanana ve Valencia-Pabon, 2008).

Amfipod kabuklularından olan Gammaridler toksik maddelere karşı duyarlı ve ekolojik olarak önemli test türleridir. Gammaridler pestisitlere karşı çok hassas olmalarının yanı sıra, su bitkileri tarafından salınan doğal savunma maddelerine karşı da hassastırlar (Gerhardt, Bloor ve Mills, 2011). Naylor ve ark. (1990)'nın yaptığı çalışmada toksinlere hassaslık araştırmalarında indikatör organizma olarak Gammaridae alttakımına ait üyelerden yararlanılmıştır (Naylor, Pindar ve Calow, 1990).

Gammaridae, Amphipoda'nın % 90'ından fazlasını oluşturan ve enlem, derinlik, filogenetik ve fizyolojik faktörlere bağlı olarak, morfolojik açıdan çok çeşitli formlara sahip bir gruptur (Copilaş-Ciocianu ve Boroş, 2016). Malacostraca sınıfının en büyük ordolarından biri olan Amphipoda temsilcileri hem tuzlu hem de tatlısularda dağılım göstermektedirler. Amphipoda ordosunun Türkiye iç sularında dağılıma sahip olan en önemli familyalarından biri olan Gammaridae familyası, bu familyanın da en büyük cinslerinden biri Gammarus cinsidir. Gammarus cinse ait olan türler genellikle yüzey sularında yaşarken, bazı türlerin kuyular ve mağaralar gibi diğer yeraltı habitatlarında yaşadığı bilinmektedir (Özbek, Öztürk ve Özkan, 2015).

Gammaridea alttakımı, Dünya üzerindeki tatlı ve tuzlu sularda bilinen 4786 tür ve 763 cins içermektedir. Tatlısularda raporlanan Amphipod ordosuna ait 232 cinsten 217'si ve 1088 türden 982'si Gammaridea alttakımına aittir. Türkiye'de ise Gammaridae alttakımına ait 76 tür bulunmaktadır (İpek, 2009).

Tatlı sularda yayılış gösteren Gammaridae üyeleri nispeten oksijen seviyesi yüksek habitatlar ile orta ve yavaş akan, çamurlu/çamursuz substratlarda yaşamaktadırlar (Copilaş-Ciocianu ve ark., 2014). Dağılımları, akarsular ve akarsular gibi uygun oksijen seviyelerine sahip habitatların mevcudiyeti ile sınırlıdır. Buna karşın, durgun sularda hiç kaydedilmemiştir (Copilaş-Ciocianu ve Boroş, 2016).

Gammaridlerde günlük besin tüketimi detritus ile sağlanmaktadır ve bu tüketim gençlerde, kendi vücut ağırlıklarından daha fazla miktarda besin almaları anlamına gelirken, ergin bireylerde ise vücut ağırlıklarının %60'ı civarında olabilmektedir. Balıkların beslenmesi için Gammaridler önemli canlılardır ve genellikle büyük olmalarından dolayı erkek bireyler tercih edilmektedirler (İpek, 2009). Gammaridler, detritus ile balık arasındaki ana bağlantı olduklarından ve bolluğunun azaltılmasının akarsu topluluğu yapısında zararlı etkisi olabileceğinden dolayı tatlı su besin zincirinin ayrılmaz bir parçası olarak görülmektedirler (Ternjej ve ark., 2014). Gammaridler, akarsulardaki besin zincirlerinin çok önemli bileşenlerinden oldukları gibi aynı zamanda ticari öneme de sahip canlılardır. Ticari kullanım için kurutularak balık yemi olarak piyasaya sunulmaktadırlar (Hou ve Sket, 2016).

WFD 2000/60/CE'ye (Avrupa Komisyonu) göre, Ephemeroptera türleri, ekolojik ve biyo-izleme çalışmaları için biyolojik göstergeler olarak kabul edilmektedir (Cardoni ve ark., 2015). Ephemeroptera, su kütlelerindeki herhangi bir kirletici varlığına karşı düşük toleranslıdır ve bu nedenle, su kalitesini belirlemede önemli biyolojik göstergelerdir. Su kalitesi değerlendirmesi ile ilgili olarak bentik makro omurgasızlar üzerine yapılan çalışmaların çoğu, Ephemeroptera topluluğu üzerine gerçekleştirilen analizleri içermektedir. Ephemeroptera türlerinin varlığı, habitatteki parametrelerin türlerin tolerans sınırı içinde olduğunu gösterir (Suhaila ve Che Salmah, 2017). Spesifik olarak, bunların göreceli türlerinin varlığı ve bolluğu, uzmanların belirli metrik araçları uygulamalarına ve tatlı su ekosistemlerine ilgili kalite sınıflarıyla değerleri tayin etmelerine izin verir (Cardoni ve ark., 2015). Hickey ve arkadaşlarının (1998) yaptığı çalışmada, sudaki ağır metallerin makroomurgasız canlılara etkisi incelenirken indikatör organizma olarak yararlanılan canlı gruplarından birisi de Ephemeroptera ordosudur (Hickey ve Clements, 1998).

Ephemeroptera, kanatlı böcekler (Pterygota) arasında, Karbonifer ve Permian zamanlarından kalma, bilinen en ilkel ve eski soy olarak tatlı sularda yaşayan bentik makro-omurgasızların büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Brittain, 1982; Cardoni ve ark.,

2015). Ephemeroptera adı (ephemeros "kısa ömürlü", pteron "kanat" anlamına gelmektedir) birkaç güne kadar ömürleri olan kanatlı yetişkin böceklerle karşılık gelmektedir (Balachveran, Chveran ve Ramachvera, 2012).

Ephemeroptera ordosuna ait üyeler hemimetabol gelişim göstermekte ve ergin türlerinin karasal olmasına karşın, nimf adı verilen olgunlaşmamış dönemlerinin tamamını sucul canlılar olarak tatlı sularda geçirmektedirler (Ertorun ve Tanatmış, 2004; Balachveran, Chveran ve Ramachvera, 2012). Nimf dönemlerinden sonra ise ilk kanatlı safhalarından olan subimago ve sonrasında imago (ergin) olarak yaşam döngüsünü tamamlamaktadırlar (Ertorun ve Tanatmış, 2004). Ergin dönemleri 1-2 saat ile maksimum 14 gün arasında değişiklik göstermektedir (Balachveran, Chveran ve Ramachvera, 2012). Yaşam döngüsü uzunluğu ve sayısı büyük ölçüde coğrafi bölgelere bağlıdır ve ılıman iklimlerde olgunlaşmak 2 yıl sürebilmektedir (Cardoni ve ark., 2015). Ephemeroptera üyeleri, ergin dönemde birçok yumurta üretmekte ve yumurtaların büyüme oranı genellikle biyotik ve abiyotik faktörlerden etkilenmektedir (Alhejoj, Salameh ve Bveel, 2014). Ergin Ephemeroptea üyeleri, sucul habitatlarda yumurtlamaktadırlar (Burian, Connecticut ve Haven, 2009).

Ephemeroptera üyeleri, ergin dönemlerinin kısa olması ve bu evrede zayıf uçucu olmaları ile nimf dönemlerinin tamamının sucul olması gibi sınırlı yayılış özelliklerinden dolayı zoocoğrafik çalışmalarda özellikle incelenen önemli sucul canlı gruplarından birisini oluşturmaktadır. Ephemeroptera nimflerinin akarsu veya durgun sular gibi her türlü sucul ortamda bütün yıl boyunca bol olarak bulunmaları ve hassas olmaları nedeniyle bulundukları ekolojik koşullardan kolaylıkla etkilenmeleri de çevresel araştırmalar için onları önemli hale getirmektedir (Ertorun ve Tanatmış, 2004).

Ephemeroptera nimflerinin, tatlı su ve hatta acı su olan neredeyse tüm sucul habitatlarda bulunmaları nedeniyle, su kalitesinin göstergesi olarak kullanmanın avantajlı olduğu bilinmektedir (Alhejoj, Salameh ve Bveel, 2014). Ephemeroptera'ya ait nimflerin, kirlilik içermeyen doğal sularda, tüm makrozoobentoz canlıların %10-25'ini oluşturdukları da bilinmektedir. Bu nedenle, Ephemeroptera ordosuna ait üyelerin bolluk ve çeşitliliklerinin, suların biyolojik açıdan verimliliğinin incelenmesinde doğru sonuçlar verdiği saptanmıştır (Ertorun ve Tanatmış, 2004). Ayrıca, Ephemeroptera larvalarının gelişimi nispeten uzundur ve ilgili türlere bağlı olarak haftalar ila birkaç yıl sürebilmektedir. Böylece onların varlığı uzun vadeli çevresel etkileri kaydederek çevresel koşullar ile ilgili bilgi verebilmektedir (Alhejoj, Salameh ve Bveel, 2014).

Ephemeroptera ordosuna ait üyeler, neredeyse her mevsimde kolay toplanabilmeleri, tür sayısının az olduğu durumlarda bile kesin sonuca ulaşılabilmesi ve su kirliliğine karşı olan hassasiyeti sebebiyle, farklı ülkelerdeki birçok su kirliliği çalışmasında yararlanılan T.R.I. (Trent Biotic Index), C.B.S. (Chveler Biotic Score) ve B.M.W.P. (Biological Monitoring Working Party Score) gibi yöntemlerde ve çeşitli biyotik indeks sistemlerinde (örneğin, Family Biotic Index sistemi ve EPT) biyoindikator organizma olarak kullanılmaktadırlar (Ertorun ve Tanatmış, 2004; Alhejoj, Salameh ve Bveel, 2014). Uygulanan bir bakış açısına göre Ephemeroptera türlerinin yaşam öykü tanımlayıcılarındaki değişiklikler (örneğin, hayatta kalma ya da ölüm oranı, büyüme oranı, büyüklüğü ve uzun ömürlülüğü) de bu uygulamalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır (Brittain, 2011). Dolayısıyla, Ephemeroptera üyelerinin kirliliğe karşı çeşitli tolerans seviyeleri vardır fakat genellikle, toleransı olmayan organizmalar olarak kabul edilmekte ve hayatta kalmak için iyi koşullara sahip sucul ortamlara ihtiyaç duymaktadırlar (Alhejoj, Salameh ve Bveel, 2014). Ayrıca, Ephemeroptera üyelerinin en fazla çeşitlilik gösterdiği sucul habitatlar, berrak ve iyi oksijenli sularda bulunmaktadır (Ceneviva-Bastos ve ark., 2017). Bu nedenlerden dolayı çevresel stresin göstergeleri olarak ekolojik değerlendirme çalışmaları ve ayrıca iklim değişikliğinin potansiyel etkilerini değerlendirmek amaçlı çalışmalarda da Ephemeroptera üyelerine sıklıkla başvurulmaktadır (Brittain, 2011).

Dünya çapında dağılmış olan üyeleri 3000'den fazla tür, 400 cins ve 42 familya içermektedir (Cardoni ve ark., 2015). Ephemeroptera ordosu ile ilgili fosil kayıtlarındaki zayıflığa rağmen, yumurta, nimf ve yetişkinler üzerindeki geniş morfolojik, anatomik ve davranışsal verilerle birlikte son on yılda önemli miktarda filogenetik analize olanak sağlamaktadır (Brittain, 1982). Bilinen taksonlarda bile morfolojik olarak tanınmayan türlerin bolluğu, tanınan veya tahmin edilenlerden daha fazla türün var olduğunu göstermektedir (Williams, Ormerod ve Bruford, 2006).

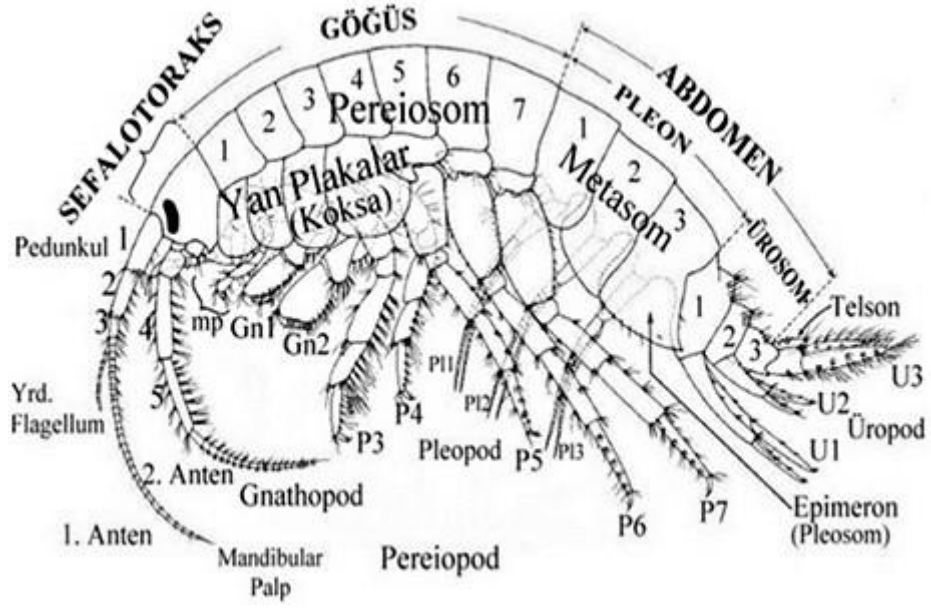
Ephemeroptera ordosu, çok geniş çeşitlilik gösteren, durgun ve akan su habitatlarında bulunur; ancak en büyük çeşitlilik kayalık diplerde, düşük seviyeli akarsu akışlarında görülmektedir (Brittain, 2011). Her çeşit tatlı suda yayılım göstermelerine rağmen akar sularda, göllere veya göletlere göre daha fazla tür ile temsil edilirler (Cardoni ve ark., 2015). Bu ortamlarda, Ephemeroptera üyeleri yüksek bolluk göstererek hayvansal dağılımın önemli bir bölümünü oluşturmaktadırlar (Brittain, 2011). Ephemeroptera nimflerinin beslenme aktiviteleri, aynı zamanda, kalite ve bütünlüğünün korunmasına

yardımcı olan, tatlı su habitatlarının doğal temizleme işlemlerine de katkıda bulunabilir (Burian, Connecticut ve Haven, 2009).

1.1 Gammaridae Alttakımının Morfolojik Özellikleri

Gammaridae alttakımına ait üyelerin vücutları lateral olarak yassılaşıma göstermektedir. Gövdelerinde daima 14 adet segment vardır ve segmentlerin 8 tanesi göğüste bulunurken 6 tanesi de abdomende bulunmaktadır. Gammaridae üyelerinin her vücut segmentinde mutlaka üye bulunmaktadır. Toraks segmentlerinde, ilk baştaki 4 çift öne, sonraki 3 çift arkaya dönük olacak şekilde, 7 adet pereopod (Yürüme bacağı) bulunmaktadır. Abdomende bulunan segmentler, 3 tanesi metasom (metasom) ve 3 tanesi ürosom olacak şekilde 2 bölüme ayrılmış durumdadır. Abdomenin sonunda yer alan, basit veya yarıklı ikiye ayrılan bölüm ise telson olarak adlandırılır. Bu bölümde gangliyon ve üye gibi yapılar yer almadığından segment olarak kabul edilmemektedir. Gammaridae üyelerinde karapaks bulunmamaktadır (İpek, 2009).

Gammaridae üyelerinde, 1. toraks segmenti baş ile kaynaşarak, sefalotoraks adlı yapıyı oluşturmaktadır. Başta bulunan 5 çift üyeden ilk olan 1. anten, gerçek üye olarak kabul edilmemektedir. Bu anten üzerinde, koku almaya yardımcı çukur ve almaçlar bulunmaktadır. 1. antenin uzunluğu ise tamamen türe özgüdür. Baştaki diğer bir üye olan 2. antenler hareket etme ve yakalama organı olarak görev yapmaktadırlar. 2. antenlerde bulunan, seta adı verilen yapılar tür ve eşeye özgü olduklarından dolayı taksonomik karakter olarak kullanılmaktadır. Başın 3. üyesi olan mandibullar, koparma ve ısırma işlevini gerçekleştirecek yapıda kalınlaşmış diş bulundurmaktadırlar. 3 parçalı palp taşıyan mandibulların içinde fazla sayıda seta bulunmaktadır. Mandibulların arkasında yer alan 1. ve 2. maksiller beslenmede görev almaktadırlar (İpek, 2009).



Görsel 1. 1. *Gammaridae* taksonuna ait genel görünüm (İpek, 2009)

Gammaridae üyelerinde, baş kısmının iki tarafında da bulunan ve bileşik göz olarak adlandırılan gözlerin genel büyüklük ve şekilleri türe özgüdür fakat hepsi sapsızdır. Bazı Gammaridae üyelerinde göz bulunmamaktadır, buna örnek olarak *Niphargus sp.* verilebilir (İpek, 2009).

Gammaridae vücut şeklinin yanlardan basık şeklinde görünmesinin en büyük etkilerinden biri de koksaların şeklinin uzun plaklar halinde yassılaşmasından kaynaklanmaktadır. Gammaridae üyelerinin göğüs kısmındaki üyeler fonksiyon ve yapı bakımından birbirlerinden farklılıklar göstermektedirler. Maksilliped'e dönüşen yapı, 1. toraks segmentinden meydana gelmektedir. Maksilliped koksaları, bir alt dudak oluşturacak şekilde birleşmektedir. Pereopodlar, (7 çift) iki grup şeklinde göğsün üstünde bulunurlar. Bu üyelerden 4 çifti kıvrılarak gnathopod adı verilen yakalayıcı bacakları oluşturmaktadır. Üyelerin büyüklükleri, seta yapıları, dikenleri gibi yapısal özelliklerin uzunluk ve sayıları türe özgü olduğundan teşhis için bu kısımlar kullanılmaktadırlar (İpek, 2009).

Gammaridae üyelerinde, abdomen büyüklüğü ve şekli torakstan çok farklı değildir. Toraks segmentlerinin üyelerinde olduğu gibi abdomende de işlev ve şekil farklılığı bulunur ve üyeler iki gruba ayrılırlar. Abdomenin segmentlerinden ilk üçünden çıkan pleopod çifti su sirkülasyonunu sağlar. Segmentlerden son üç tanesi ise ürosom olarak adlandırılmaktadır (İpek, 2009).

Anten bezleri, boşaltım organı olarak görev yapmaktadırlar. Ayrıca, orta bağırsağın ucunda bulunan dorsal tüp çifti de boşaltıma yardımcı olmaktadır (İPEK, 2009).

Kalbin şekli uzunca bir boruya benzemektedir. Kalp, göğsün 2. ve 7. segmentleri arasında bulunmakta ve çoğunlukla ostiyum içeriği 1-3 çift şeklinde olmaktadır. Kalbin hem ön hem de arkadan çıkan (2 çift) aortlarından farklı olarak çokça arter yer almaktadır. Göğüs üyelerinde bulunan kaidelerden ayrılarak çıkıntı halinde görünen epipodiyal uzantılar, solunum organı olarak görev yapmaktadır. Abdomendeki yüzme bacaklarının hareketi sayesinde suyun taze şekilde teması sağlanmaktadır. 1. üyede solungaç bulunmazken bunun dışındaki solungaçlar ise 2-6 çift olarak bulunmaktadır. Göğüs bölgesinde, eşeyssel bezler yer almaktadır. Sperm kanalları, silindir veya iğ kanallarına benzeyen testislerin arka uçlarından meydana gelen uzantılara benzemektedirler. Göğsün son segmenti olan 7. pereionda bulunan pereopod kaideleri arasında, erkek gammaridae üyelerinin çift şeklindeki genital papillası bulunmaktadır. Erkek bireylerin eşey açıklıkları bu bölgede bulunurken, dişilerde bu durum göğüs segmentlerinden 5.sinin ventralinde bulunur. Dişi bireylerde ovaryumun şekli 1 veya 2 dallanmış boruya benzemektedir. Dişi Gammaridae üyeleri oostegit olarak adlandırılan boşluğa yumurtalarını bırakmaktadır. Bu boşluk, epipodit adlı eklentiler ile desteklenerek kuluçka boşluğu görevini görmektedir (İpek, 2009).

1.2 Gammaridae Alttakımının Ekolojik ve Biyolojik Özellikleri

Gammaridae alttakımının üyeleri, sucul habitatlarda çoğunlukla bentik canlılarının önemli bir kısmını oluşturmaktadırlar. Yüzerek hareket edebilmeleri için gereken güç, pleopod ve üropod hareketi ile sağlanmaktadır. Yüzme dışında gerçekleştirdikleri yürüme hareketi ise göğüs üyeleri ve pleopodların kısmi hareketi ile gerçekleşmektedir. Dipte gerçekleşen hızlı yürüme esnasında Gammaridae üyeleri vücudunun tek bir tarafı üzerinde dik olmayacak şekilde yanal olarak familyaya özgü bir şekilde hareket etmektedir (İpek, 2009).

Gammaridae üyeleri, beslenmeleri sırasında II. antenleri ile detritusu karıştırdıktan sonra ve aldıkları besin parçacıklarını maksillipedler veya diğer ağız üyelerinin setaları ile süzerler (İpek, 2009).

1.3 Ephemeroptera Takımının Morfolojik Özellikleri

Türe özgü anatomik ve morfolojik karakterlere ek olarak, Ephemeroptera ordosuna ait nimflerin istatistiksel analizlere uygun birçok düzenli karakteri bulunmaktadır (Burian, Connecticut ve Haven, 2009). Ephemeroptera nimflerinin, abdomenleri üzerinde yer alan trakeal solungaçları, tek yapılı olan tarsal tırnakları, gelişmiş mesotoraks ile abdomenin en sonunda yer alan üç tane serke sahip olmaları gibi özellikleri diğer birçok canlıdan kolayca ayırt edilmelerini sağlamaktadır (Aydınlı, 2008). Vücut büyüklüğü ve orantılı karakterlerin kantitatif analizleri, geniş çapta dağılmış türler içindeki varyasyon anlayışımızı açıklığa kavuşturmaya yardımcı olmaktadır (Burian, Connecticut ve Haven, 2009).

Ephemeroptera ordosuna ait üyelerin vücut morfolojileri ve yapısı genellikle ekolojik koşullara bağlı olmaktadır. Örneğin, durgun suda yaşayan Ephemeroptera üyelerinin, akar suda yaşayanlardan daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bu, geniş yüzey alanına sahip solungaçların, daha küçük bir solungaca sahip olan larvalara göre kolay bir şekilde sudaki oksijeni almalarına izin veren yapısal bir farklılıktır (Alhejoj, Salameh ve Bveel, 2014).

3 ile 20 mm arasında değişen vücut uzunluğu ile Ephemeroptera nimfleri, silindirik şekline benzeyen, yassı ve uzun yapılı canlılardır. Nimlerde vücut yapısı sırasıyla baş, toraks ve abdomen şeklinde 3 bölümden meydana gelmektedir. Nimlerin başında bileşik göz (1 çift), anten (1 çift), osel (3 adet) ve farklı şekillerde ağız parçaları bulunmaktadır. Nimlerin ağız parçaları, klasik Insecta sınıfına ait üst dudak (labrum), alt dudak (labium) palpli maksil çifti ve mandibul çifti kısımlarından oluşmaktadır. Ağız parçaları, nimflerin beslenme türüne göre, mandibulların orak şeklinde olması gibi değişiklikler gösterebilmektedir (Ertorun, 2001).

Ephemeroptera ergin bireylerinde farklılaşan gözler oldukça büyüktür ve turban göz olarak isimlendirilen iki kısma ayrılmış göze sahiptirler. Gözün ventralde bulunan kısmı daha çok detaylar için özelleşmiş iken, dorsal kısmı ani olayları görmeyi sağlamaktadır. Dorsal ve ventral bölümlerin değişik renklerde olması ayırt edici olmalarını kolaylaştırmaktadır (Ertorun, 2001).

Protoraks, mesotoraks ve metatoraks olarak adlandırılan bölümler, Ephemeroptera nimflerinde daha geniş olan toraksı oluşturmaktadırlar (Ertorun, 2001).

Ephemeroptera nimflerinin bazı türlerindedir bacaklar oldukça iyi gelişmiştir (Ertorun, 2001; Aydınlı, 2008). Bacak yapıları, insecta sınıfının diğer üyelerinden

farklılık göstermemekte ve onlar gibi 5 bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler koksa, trohanter, femur, tibia ve tarsus olarak sırasıyla bacak yapısını oluşturur ve son olarak tarsusun bittiği yerde bir adet tırnak mevcuttur. Tırnak yapısının bulunmadığı veya şekil olarak farklılık gösterdiği durumlar sadece bazı türlere özgüdür (Ertorun, 2001).

Abdomen yapısı, arkadan öne doğru genişleyen 10 segmentten meydana gelmektedir. Bu segmentlerin köşe dikenleri ileriye dönük olmayacak şekilde sivri ve büyük yapıdadırlar. Abdomeni meydana getiren segmentlerin dorsal kısımları tergum, ventral kısımları ise sternum adını almaktadır. Abdominal segmentlerin 1. ve 7. lateralinden trakeal solungaçlar çıkmaktadırlar. Şekil bakımından solungaçlar farklılık göstermektedir. Bazı türlerde ise solungaçlar körelmiştir Bu özellikleri nedeniyle, solungaçlar taksonomik karakter olarak belirlenmişlerdir (Ertorun, 2001).

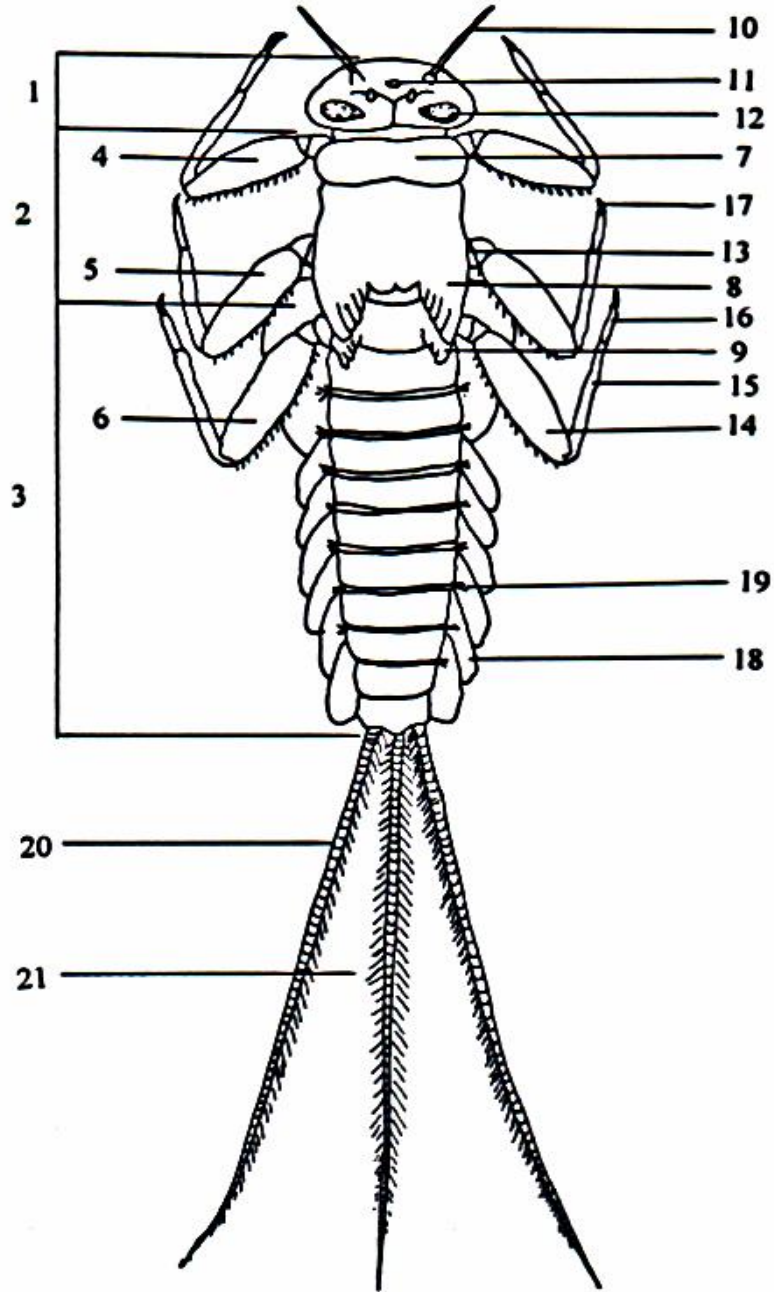
Son abdomen segmentinin kısmında, 2 veya 3 adet olan, saçak şeklinde kıllara sahip bir yapı bulunmaktadır. Kuyruk yapısı 3 tane olduğunda, kenarda bulunan 2 tanesi serkus olarak adlandırılırken, ortada olan paraserkus veya terminal filum olarak adlandırılmaktadır. Paraserk ve serklerin farklı olmasının nedeni ise köken aldıkları yerlerden kaynaklanmaktadır. Paraserkin kökeni 10. tergite iken, serklerininki paraproctlardır (Ertorun, 2001).

Ön kanatları genellikle gelişmiş olan Ephemeroptera erginlerinde, üçgen veya alt üçgen biçimli 2 çift kanat bulunmaktadır (Ertorun, 2001; Aydın, 2008). *Cloeon dipterum* gibi bazı türlerde arka kanat olabildiğince küçülmüş veya körelmiş durumda olabilmektedir (Ertorun, 2001). Kanatlar üzerinde bulunan damarlar farklı adlandırma sistemine sahiptirler (Aydın, 2008).

Ayrıca, Ephemeroptera ordosu üyelerinin yakın kardeş grubu ilişkilerini yansıtmayan ama büyük olasılıkla nişin gereklilikleri ile belirlenen pek çok paralel ve yakınsak morfolojik özellikleri bulunmaktadır (Burian, Connecticut ve Haven, 2009). Ephemeroptera nimflerine ait ağız parçaları eksiksiz ve tamamen işlevseldir. Diyetle bağlı olarak, ağız kısımları kazıyıcılar, toplayıcı-filtre ediciler ve parçalayıcılar olmak üzere gruplandırılabilirler. Yırtıcı türlerin mandibulları ve maksilleri genellikle avcılarını tutmak ve beslemek için keskin laniks kesici dişlere veya apikal dikenlere sahiptirler (Burian, Connecticut ve Haven, 2009).

Taksonomik olarak faydalı olan karakterler gruptan gruba değişir, ancak genellikle baş, toraks ve abdomenin şeklini, uzunluğunu ve yüzey özelliklerini içermektedir. Taksonomik karakter olarak abdominal solungaç sayısı ve formu, ağız kısımları ve ağız

parçalarının özellikleri ile bacak yapısı da kullanılmaktadır. Bazen vücudun renk ve zıt renk desenleri bile önemli olmaktadır. Epemeroptera ordosuna ait yetişkin aşamaları üreme, dağılma ve yumurtlama için uyarlanmıştır (Burian, Connecticut ve Haven, 2009).



Görsel 1. 2. *Ephemeroptera* nimfine ait genel görünüm (Ertorun, 2001). 1-Baş, 2-Toraks, 3-Abdomen, 4-Ön Ekstremit, 5-Orta Ekstremit, 6-Arka Ekstremit, 7-Protoraks, 8-Mezotoraks, 9-Metatoraks, 10-Anten, 11-Median osel, 12-Bileşik göz, 13-Koksa, 14-Femur, 15-Tibia, 16-Tarsus, 17-Tarsal tırnak, 18-Solungaç, 19-Fibril demeti, 20-Serkus, 21-Paraserkus

1.4 Ephemeroptera Takımının Ekolojik ve Biyolojik Özellikleri

Ephemeroptera nimfleri, buzul ve aşırı kurak bölgeler haricinde, genel olarak dünyanın her bölgesindeki tatlı sularda, türe özgü olarak da acı sularda yayılış göstermektedirler. Nimfler çoğunlukla temiz sucul alanların mevcut olduğu dağlık bölge akarsularını tercih etmektedirler (Ertorun, 2001; Aydın, 2008).

Araştırmacılar bazı Ephemeroptera ordosuna ait türlerin yaşam döngülerini değerlendirirken, yıl içindeki üreme durumunu göz önüne almaktadırlar (Aydın, 2008). Yıl içerisinde tek bir nesil veren türler (univoltin), birden çok nesil veren türler (multivoltin) ve iki yılda bir şekilde daha az nesil veren türler (semivoltin) şeklinde değerlendirilmektedirler. Multivoltin türlerin ağırlıklı olarak bulunduğu bölgeler tropik iklime sahip yerler, univoltin türlerin ağırlıklı olarak bulunduğu bölgeler ise ılıman yerler olarak belirlenmiştir. *Ephemera danica* gibi türler ise nadiren görülmektedir ve Avrupa’da yayılış göstermektedirler (Ertorun, 2001; Aydın, 2008).

Ephemeroptera ordosuna ait nimfler, ergin safhaya ulaşınca kadar çeşitli morfolojik ve ekolojik değişimler göstermektedir. Bu durum ergin bireylerde nimflerin tam tersi şekilde görülmektedir. Yumurtadan çıkan Ephemeroptera bireylerinde, nimf safhasına geçmeden önce, postembriyonik deri değişimi çok fazla görülmektedir. Bu deri değişimi 10 ile 50 kez arasında meydana gelmekte ve bireye göre farklılık göstermektedir. Deri değişiminin kaç kez gerçekleşeceği ekolojik koşullara ve besin kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Nimflerin gelişimleri için en uygun sıcaklıklar, mevsimsel olarak çok soğuk veya çok sıcak olmayan zamanlardır (Aydın, 2008).

Ephemeroptera nimflerinin çoğunlukla herbivor olmaları veya beslenmelerini detritusla gerçekleştirmeleri ile sulardaki besin zincirinde özellikle ikincil üretimde önemli rol oynamaktadırlar (Ertorun ve Tanatmış, 2004). Ephemeroptera ayrıca omurgasızlar, balıklar, amfibiler veya kuşlar gibi diğer organizmaların diyetinin bir parçasıdır. Bu sebeplerden ötürü Ephemeroptera üyeleri, nehir kıyısındaki besin ağlarındaki ana bağlantılardan biri olarak kabul edilmektedirler (Brittain, 2011). Ephemeroptera nimflerinin detritus ile beslenmeleri nedeniyle substrattaki değişikliklere ve suya giren herhangi bir toksik materyale karşı oldukça duyarlı oldukları bilinmektedir (Alhejoj, Salameh ve Bveel, 2014).

Bazı Heptageniidae cinsleri karnivor beslenmelerine rağmen, ekolojik koşulların negatif veya pozitif değişimi, bireylerin beslenme özelliklerini değiştirebilmektedir. Tüm

çevresel koşulların elverişli olduğu durumlarda nimler daha seçici davranmaktadırlar. Bu şekilde de larvaların gelişimi pozitif anlamda değişime uğramaktadır (Aydınlı, 2008).

Ephemeroptera türleri, nematod veya bazı protozoonlar gibi çeşitli organizmalarla ilişki içerisinde dirler (Aydınlı, 2008).

Nimflerin habitatlarını oluşturan akarsularda, akıntının hızı oksijen tüketimini belirlemektedir. Ayrıca, ışık şiddeti ve sıcaklık gibi ekolojik faktörler de solunumu etkileyen sebepler arasında yer almaktadır (Aydınlı, 2008). Oksijen seviyesinin yüksek olması için sudaki sıcaklığın düşük olması gerektiğinden dolayı, nimflerdeki gonad oluşumunun meydana geleceği dönemde su sıcaklıklarının çok yüksek olmaması gerekmektedir (Aydınlı, 2008). Baetidae ve Ephemeridae gibi familyalar oksijenin düşük konsantrasyonda olması durumuna toleranslı oldukları için oksijen seviyesinin kısa süreli düşüşlerinde hayatta kalabilecek yetenektedirler (Aydınlı, 2008). Bununla birlikte *Cloeon dipterum* türüne ait bireyler, oksijen konsantrasyonunun düşük olduğu zamanlarda, oksijen içeriğinin yüksek olduğu habitatlara hareket edecek şekilde adaptasyon yeteneğine sahiptirler fakat bu durum çok kısa süreli zamanlar için geçerli olmaktadır. Ephemeroptera nimflerinin yaşam şekilleri, familyalara göre farklılık göstererek 4 gruba (yüzücü, sürünücü-tırmanıcı, yapışıcı ve kazıcı nimfler) ayrılmaktadır (Aydınlı, 2008).

Ephemeridae familyasına ait yüzücü üyelerin vücutları küçük değildir ve şekil olarak narin, ince ve uzun yapıdadırlar. Sürünücü olarak yaşayan türlere örnek olarak ise Baetidae bireyleri gösterilebilmektedir. Bu türler, hızlı akmayan sucul bölgelerde bulunmaktadır. Habitatları akarsu olan üyelerin vücutları dorso-ventral yönde yassılaşmış şekildedir. Bu canlılar (örneğin, Heptageniidae familyasına ait türler) hareketlerini zeminden kalkmadan gerçekleştirmektedirler. Genellikle taşların alt kısımlarında karşımıza çıkmaktadırlar (Aydınlı, 2008).

Sperm ve yumurtanın meydana gelmesi, Ephemeroptera nimflerinin son dönemlerinde, olgunlaşması ise ergin dönemde gerçekleşmektedir. Ergin bireylerin bırakacağı yumurta sayısı türe özgüdür. Dolania cinsinde 100 tane bile yumurta olmazken Palingenia cinsinde 12000 kadar yumurta oluşmaktadır. Yumurta boyutları 150-200 µm arasında farklılık göstermektedir (Aydınlı, 2008). Bu yumurtalardan farklı olarak Behningiidae familyasına ait yumurtaların çapı 1 mm'den fazla olabilmektedir (Ertorun, 2001). Ephemeroptera erginlerine ait yumurtaların özellikleri yüzey ve şekil bakımından birbirlerinden ayrılmaktadır. Yumurtanın gelişimi ve nimen yumurtadan çıkma süresi

suyun sıcaklığına bağlı olarak 1 hafta ile 1 yıl arasında değişkenlik göstermektedir (Ertorun, 2001; Aydın, 2008). Nimf evresini tamamlayan subimagolar, suyun yüzeyinden taşlara, otların üzerine ve uzun çalılıkların arasına doğru çıkarak karasal dönemlerini başlatmış olurlar. Bu evredeki Ephemeroptera üyeleri, erginlere göre daha dengesiz ve uçuş özellikleri bakımından zayıftırlar. Bu, avcılar için daha savunmasız oldukları bir yaşam evresidir (Aydın, 2008).

Ephemeroptera ordosuna ait üyelerin, subimago ve imago aşamalarının fonksiyonel ağız kısımları yoktur ve dolayısıyla beslenememektedirler. Sindirim sistemleri, yetişkin evrelere geçişte körelerek, uçuşa yardımcı olmak için hava ile şişirilmektedir (Burian, Connecticut ve Haven, 2009).

Ergin safhadaki üyelerde, dinlenme durumunda kanatlar vücut üstünde dik bir konumda bulunmaktadır. Dişi bireylerin ön bacakları, erkeklere göre daha kısadır. Ergin Ephemeroptera vücudunda abdomenin son bölümünde 2 veya 3 adet kaudal filament bulunmaktadır. Filamentlerin görevi, uçarken dengeyi sağlamak ve kopulasyonda görev almaktır (Aydın, 2008).

Ephemeroptera ordosunun erkek üyelerinin oluşturduğu büyük topluluğa ayrı ayrı giren dişiler tek erkekle çiftleşmektedirler. Erkek bireyler çiftleşme sonrasında ölmesine rağmen dişi bireyler yumurtalarını bırakmak için kısa bir süre daha hayatta kalmaktadır. Erkek eşeysel açıklığı 9. segmentte, dişi eşeysel açıklığı ise 8. segmentte bulunmaktadır. Döllenmenin meydana gelmesi maksimum birkaç dakikada gerçekleşmektedir. Dişiler, yumurtalarını familyaya özgü şekillerde suya bırakmaktadırlar. Örneğin, Leptophlebiidae ve Heptageniidae üyeleri suya abdomenlerini daldırarak teker teker yumurta bırakırken, Centroptilum ve Ephemerella üyeleri, yumurtaların tamamını toplu halde suya bırakmaktadırlar. Bunların yanı sıra *Cloeon dipterum* ise yumurtalarını 10-14 gün boyunca saklar ve nimf evreye yaklaştıklarında suya bırakırlar. Bırakılan yumurtaların şekli, oval veya küre olabilmektedir (Aydın, 2008).

Tez çalışmasının amacı, Mezitler Bölgesi'nin akarsu kaynaklarındaki Gammaridae ve Ephemeroptera çeşitliliğini belirlemek ve su kalitesinin birey dağılımına etkilerini ortaya koymaktır.

2. MATERYAL VE METOT

Örneklemlerin yapıldığı istasyonları içerisine alan Bilecik ili, Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda Marmara, Karadeniz, İç Anadolu ve Ege Bölgelerinin kesişim noktaları üzerinde yer almaktadır. 39° ve 40° 31' kuzey enlemleri ile 29° 43' ve 30° 41' doğu boylamları arasında bulunan il, doğudan Eskişehir ile Bolu, güneyden Kütahya, batıdan Bursa ve kuzeyden Sakarya illeri ile ortak sınırlara sahiptir. (<http://www.bilecik.gov.tr>)

Marmara ile İç Anadolu ikliminin bir arada bulunduğu iklim tipi, geçit özelliği göstermektedir. Güneyinde ve doğusunda İç Anadolu'nun iklim özellikleri (yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı) görülürken, diğer bölgelerinde ise kışlar ılık geçmektedir. Yıllık yağış miktarının metrekaare başına 430 milimetre olduğu ilde, sıcaklık 12,3°C ile 37°C arasında seyretmektedir. Şehrin en çok yağış aldığı dönemler, ilkbahar ve sonbahar mevsimleridir. (<http://www.cografya.gen.tr>)

Bilecik ilinin en önemli akarsuyu, Sakarya Nehri'dir. Sakarya Nehri'ne dökülen tüm çay ve dereler ilin diğer su kaynaklarından doğmaktadır. Sakarya Bilecik topraklarına girdikten sonra, ili doğu ve batı yönünde iki parçaya bölecek şekilde, kuzey-güney yönünde akmaktadır. Nehir, Karasu Deresi ve Göksu Çayını da içine alarak kuzeye yönelir.

Karasu Deresi, Bozüyük'ten doğarak Karasu Boğazı'ndan Bilecik merkezine doğru girmektedir. 500 metre sonrasında ise Sakarya Nehri'ne kavuşan derenin debisi düzensizdir. 0,9 m³/sn ile 72,6 m³/sn arasında değişen debi, ortalama olarak 3,6 m³/sn'dir. (<http://www.bilecik.gov.tr>)

Gerçekleştirilen çalışma için Mezitler (Bozüyük-Bilecik) Bölgesinden Ağustos 2017 ile Mayıs 2018 tarihleri arasında 6 farklı istasyondan, 4 farklı zamanda (Ağustos, Eylül, Aralık ve Mayıs) örneklemler yapılmıştır (Görsel 2.1.). Yapılan 24 örnekleme ile Ephemeroptera takımına ve Gammaridae alttakımına ait mevcut türler toplanarak, her bir istasyondan temin edilen su ve sediment örnekleri ile incelenmek ve analiz edilmek üzere laboratuvar ortamına getirilmiştir.



Görsel 2.1. Mezitler (Bilecik, Bozüyük) Bölgesi'nde örnekleme yapılan istasyonlar



Görsel 2.2. Mezitler (Bilecik, Bozüyük) Bölgesi'nde örnekleme yapılan istasyonlar (I-IV)



Görsel 2.3. Mezitler (Bilecik, Bozüyük) Bölgesi'nde örnekleme yapılan istasyonlar (V-VI)

2.1 Örnekleme Alanları

Örnekleme yapılan istasyonların isim ve coğrafi konumları, çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. İstasyonların coğrafi konum özellikleri

Örneklem Noktaları	Coğrafi Konumları	Enlem	Boylam
1. İstasyon	Sarısu Çayı	39°54'50.50"K	29°59'52.11"D
2. İstasyon	Karasu Çayı	39°54'58.14"K	29°59'47.87"D
3. İstasyon	Sarısu Çayı	39°53'53.40"K	29°59'28.80"D
4. İstasyon	Sarısu Çayı	39°54'52.29"K	29°59'47.88"D
5. İstasyon	Mezit Deresi	39°58'32.09"K	29°39'26.04"D
6. İstasyon	Mezit Deresi	39°57'51.61"K	29°39'20.24"D

2.1.1. I. İstasyon

Eskişehir iline bağlı olan Sarısu Çayı’nın bir kolu, Bilecik ilinin Bozüyük ilçesine akmaktadır. Örnekleme yapılan birinci istasyon, Sarısu Çayı’nın bir kolundan meydana gelen akarsu yatağıdır. Zeminin taşla karışık kumlu bir yapıdan oluştuğu akarsu yatağının, çevresinde çeşitli sulak alan bitkileri (*Typha latifolia*, *Juncus sp* gibi) yayılış göstermektedir. Alabalık tesislerinin yakınında bulunan bu istasyon, zaman zaman berrak görünümlü ve düşük debiye sahip özelliktedir (Görsel 2.4.).



Görsel 2.4. I. İstasyon

2.1.2. II. İstasyon

Bilecik ili Bozüyük ilçesinden geçmekte olan Karasu Çayı'nın bir kolu, örnekleme yapılan ikinci istasyondur. Akarsuyun görünümü berrak olmamakla birlikte zemin yapısı oldukça yumuşak ve yüksek çamur içeriğine sahiptir. Akarsu yatağı boyunca çeşitli sulak alan bitkilerinin (*Typha latifolia*, *Juncus sp gibi*) hâkim olduğu bitki örtüsü gözlenmiştir. Örnekleme noktasının yakınında, akarsu yatağına evsel atığın karışmakta olduğu rahatlıkla görülmektedir (Görsel 2.5).



Görsel 2.5. II. İstasyon

2.1.3. III. İstasyon

Sarısu Çayı'nın bir kolu olan örnekleme noktası, dar akarsu yatağının mevcut olduğu ve yüzeyi *Lemna minor* kaplı olan üçüncü istasyondur. Suyun görünümü son derece berrak olmasına rağmen, zemin yapısı çamur olan ve zengin bitki çeşitliliğine hâkim bir akarsudur. Suyun akıntı hızı yavaş olmakla birlikte yaklaşık 2 metrelik genişliğe sahip bir alandan akmaktadır. Akarsuyun hemen yanında yerleşim birimleri ve tarımsal sulama alanları bulunmaktadır (Görsel 2.6).



Görsel 2.6. III. İstasyon

2.1.4. IV. İstasyon

Eskişehir merkezli Sarısu Çayı'nın bir kolu da dördüncü örnekleme noktasıdır. Bu noktada akarsu, 2 farklı koldan beslenmektedir ve kollardan bir tanesi alabalık tesislerinin olduğu bölgeden gelmektedir. Bir koldan gelen akarsuyun yatağı geniş, vejetasyon zengin ve bulanık bir görünüme sahipken; diğer kol dar bir akarsu yatağına, zayıf bitki örtüsüne ve berrak bir görünüme sahiptir. Zemin yapısı genel olarak kumluk olan ama yer yer taşların da mevcut olduğu konumda, dar akarsu yatağından gelen suyun debisi diğer kolun aksine çok zayıf ve sığdır (Görsel 2.7).



Görsel 2.7. *IV. İstasyon*

2.1.5. V. İstasyon

Bağlı olduğu Bursa iline 56 km uzaklıkta olan Mezit Deresi'nin bir kolu, örnekleme yapılan beşinci istasyondur. Genel görünüm itibariyle, fazla berrak olmayan bir suya sahip olan akarsuyun debisinin düşük olduğu gözlenmiştir. Zemin yapısı yer yer taşlık olsa da çoğunlukla kumluk bir yapıya sahiptir. Çeşitli bitkilerin de mevcut olduğu akarsu yatağının, farklı zamanlardaki örnekleme çalışmalarında, antropojenik etkiler nedeniyle kirli bir görüntüye sahip olduğu da gözlenmiştir (Görsel 2.8).



Görsel 2.8. *V. İstasyon*

2.1.6. VI. İstasyon

Bursa iline bağılı olan Mezit Deresi'nin kolunun devamı olan ve beşinci istasyondan 10 km ileride bulunan altıncı istasyon, son örneklem noktasıdır. Akarsuyun debisinin çok düşük olduğı bu noktada, suyun görünümü berrak ve zemin taş ile karışan kumla kaplı yapıdadır. Akarsu yatağıının 2 metre genişlikte olduğı alanda sığ olan suyun kenarlarında çeşitli sulak alan bitkileri bulunmaktadır (Görsel 2.9).



Görsel 2.9. VI. İstasyon

2.2. Su Örneklerinin Analizleri

Araziden örneklenen toplam 24 su numunesinin fizikokimyasal (sıcaklık, pH, redoks, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik) parametreleri örnekleme noktasında anlık olarak ölçülmüştür. Bunun yanı sıra Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ile amonyum ve nitrat değerlerinin analizi için su numunesi saklama şartlarına uygun şekilde laboratuvar ortamına getirilmiştir.

2.2.1. Fiziko-kimyasal Analizler

Örneklenen suların fiziko-kimyasal su kalite parametreleri (sıcaklık, pH, redoks, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik) arazi ortamında Whatman filtre kâğıdı (110 mm) yardımıyla süzöldükten sonra arazi şartlarına uygun, taşınabilir çoklu su ölçüm cihazı (HACH HQ40D multi-parameter) ile ölçölerek kaydedilmiştir. Örnekleme yapılan akarsuların fizikokimyasal analizlerini değerlendirmek adına 4 farklı zamanda, 6 farklı istasyondan elde edilen toplamda 24 adet su örneği incelenerek, ölçümleri sonrasında değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. Amonyum ve Nitrat Analizleri

Örnekleme noktalarından alınan su örneklerinin amonyum (NH₄) ve nitrat (NO₃) konsantrasyon analizleri, örneklerin Whatman filtre kağıdı (110 mm) ile süzölmesinden sonra laboratuvar ortamına getirilip taşınabilir çoklu su ölçüm cihazına (HACH HQ40D multi-parameter taşınabilir pH Metre, pH + İletkenlik + Sıcaklık Ölçümü + Çözülmüş oksijen + redoks ölçer) entegre edilen amonyum elektrotu (INTELLICAL ISE amonyum elektrotu, 2406549) ve nitrat elektrotu (INTELLICAL ISE Nitrate elektrot, 2984790) ile tespit edilmiştir. Akarsulardan alınan su örneklerinin amonyum ve nitrat konsantrasyonları, 4 farklı zamanda, 6 farklı konumdan elde edilen toplamda 24 adet su örneğinin incelenmesi sonrasında değerlendirilmiştir.

2.2.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Analizleri

Örnekleme noktalarından alınan su örneklerinin kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) konsantrasyonunun tespiti için örneklenen suların arazi ortamında Whatman filtre kâğıdı (110 mm) ile süzölmesinden sonra pH değerleri 2' ye düşürmek için örneklerin içerisine 1-2 damla sülfürik asit (H₂SO₄) damlatılarak 4 °C sıcaklık altında laboratuvara getirilmesi sağlanmıştır. Laboratuvar ortamına getirilen su örnekleri 1 ml örnek HACH LANGE KOİ, TNT 0/1500 mg/L O₂ kiti kullanılarak HACH LANGE DRG 200 marka termoreaktörde 120 dk 150 °C sıcaklıkta yakma işlemi gerçekleştirilmiş ve sonrasında kitlerle uyumlu bir kolorimetre olan HACH DR / 890 cihazı kullanılmıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacı analizi için 4 farklı zamanda, 6 farklı konumdan elde edilen toplam 24 adet su örneği kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir.

2.3. Sediment Örneklerinin Analizleri

2.3.1. Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Analizleri

Dehidrogenaz aktivitesinin belirlenmesinde Tabatabai ve ark. (1999) tarafından önerilen metot uygulanmıştır. Metodun uygulanışına göre, araziden getirilen sediment örneklerinden 5 g tartılarak %0,5'lik 5 ml trifenil tetrazolium klorit ilave edilmiş ve karışımın 37 °C'de 24 saat boyunca inkübe edilmesi sağlanmıştır. İnkübasyon işleminden sonra karışımın üzerine %94' lük etanol ilave edilmiştir. Bu işlemin ardından 485 nm dalga boyunda UV spektrofotometre ile absorbans değerleri belirlenmiş ve dehidrogenaz enzim aktivitesi µg trifenil tetrazolium formazan toprak s-1 cinsinden ifade edilmiştir. Dehidrogenaz aktivitesinin belirlenmesi için 4 farklı zamanda, 6 farklı istasyondan alınmış olan akarsu yataklarındaki sediment örnekleri kullanılmıştır.

2.4 Makrobentoz Örneklerin Toplanması

Arazi çalışmalarında, 4 farklı zamanda (Ağustos, Eylül, Aralık, Mayıs), 6 farklı istasyona gidilerek, toplamda 24 noktadan toplanan Gammaridae ve Ephemeroptera taksonlarına ait örnekler incelenmiştir.

Örneklerin toplanması sırasında, örnekleme noktalarının akarsuyun farklı bölümlerinden olmasına ve farklı zemin yapılarını içermesine dikkat edilmiştir.

Çalışma alanlarından farklı yöntemler ile Gammaridae alttakımı ve Ephemeroptera takımına ait örnekler toplanmıştır. Zemin ve su yapısına göre değişiklik gösteren örnekleme yöntemleri canlıya ulaşabilecek şekilde, toprağı kazma veya taş ve bitkilerin üzerinden toplama şeklinde gerçekleştirilmiştir. 1 mm'lik elekler yardımıyla toplanan örnekler elek üzerinden ince uçlu pens ile alınarak örnekleme şişelerinde %96'luk etil alkolde fikse edilmiştir.

Şişelere toplanan örneklerin üzerine lokasyon, tarih ve saat gibi arazi çalışmasının özellikleri etiketlenmiştir.

2.5. Makrobentoz Örneklerin Tür Tayini

Laboratuvar ortamına getirilen, Gammaridae ve Ephemeroptera üyelerine ait numuneler, Leica Mz12,5 stereo mikroskop ile incelenerek ilk olarak genel morfolojik özelliklerine göre ayrılmıştır.

Tür teşhisi yapılacak olan Gammaridae üyelerine ait örnekler göz, anten, seta, üropod ve periopod yapılarına bakılarak detaylı bir inceleme gerçekleştirilmiştir.

Ephemeroptera üyelerine ait örnekler ise ilk olarak abdomen ve solungaç yapılarına göre ayrılmıştır fakat detaylı inceleme için ağız parçaları (labrum, labium, mandibul ve maksiller), ekstremiteleri ve solungaçları gibi vücut bölümlerinden preparatlar hazırlanmıştır. %50'lik gliserol ve nimf parçalarının lam ile lamel arasına yerleştirilmesiyle hazırlanan preparatlar, ışık mikroskobu altında farklı objektif büyüklükleri ile (x10, x40) incelenmiştir.

Tür teşhislerinin yapılabilmesi için Karaman ve Pinkster (1987), Özbek ve ark. (2007), Müller-Liebenau (1969), Eiseier (2005), Salur ve ark. (2016), Gattoliat ve ark. (2008), Türkmen ve ark. (2013) literatürlerden yararlanılmıştır.

Türlerin teşhislerinde kullanılan ve preparatları hazırlanmış olan taksonomik karakterlerin fotoğrafları Leica Mz12,5 stereo mikroskopa bağlı Canon PowerShot S70 fotoğraf makinesi ile çekilmiştir.

2.6. Araştırmalar Sırasında Kullanılan Cihazlar

- Spektrofotometre
 - ✓ Shimadzu UV-2101 PC
- Ultra Saf Su Cihazı
 - ✓ Millipore ELIX Synthesis A10
- Saf Su Cihazı
 - ✓ Nüve NS 108
- Çalkalama Cihazları
 - ✓ Gerhardt Laboshake
 - ✓ Heidolph Unimax 2010
- Isıtıcı Tabla ve Manyetik Karıştırıcı
 - ✓ Stuart SD 300
 - ✓ Velp Scientifica Arex 2
- Teraziler
 - ✓ OHAUS Analytical Plus (Analitik Terazi)
 - ✓ OHAUS Adventurer Pro (Hassas terazi)
 - ✓ Scaltec SPO 51 (Hassas terazi)
- İnkübatör

- ✓ Nüve EN 120
- Sterilizatör
 - ✓ Nüve FN 500
- Elekler
 - ✓ Retsch Elek Seti (0,5-2,0 mm)
- Multi Parametrelili, pH, Elektriksel İletkenlik, Sıcaklık, Çözünmüş Oksijen Ve Redoks Ölçer
 - ✓ HACH HQ40D multi-parameter
- Dijital Reaktör
 - ✓ HACH DRB 200
- Portatif Kalorimetre
 - ✓ HACH DR/890
- Stereo Mikroskop
 - ✓ Leica Mz 12.5
 - ✓ Canon PowerShot S70
- Işık Mikroskobu
 - ✓ Leica

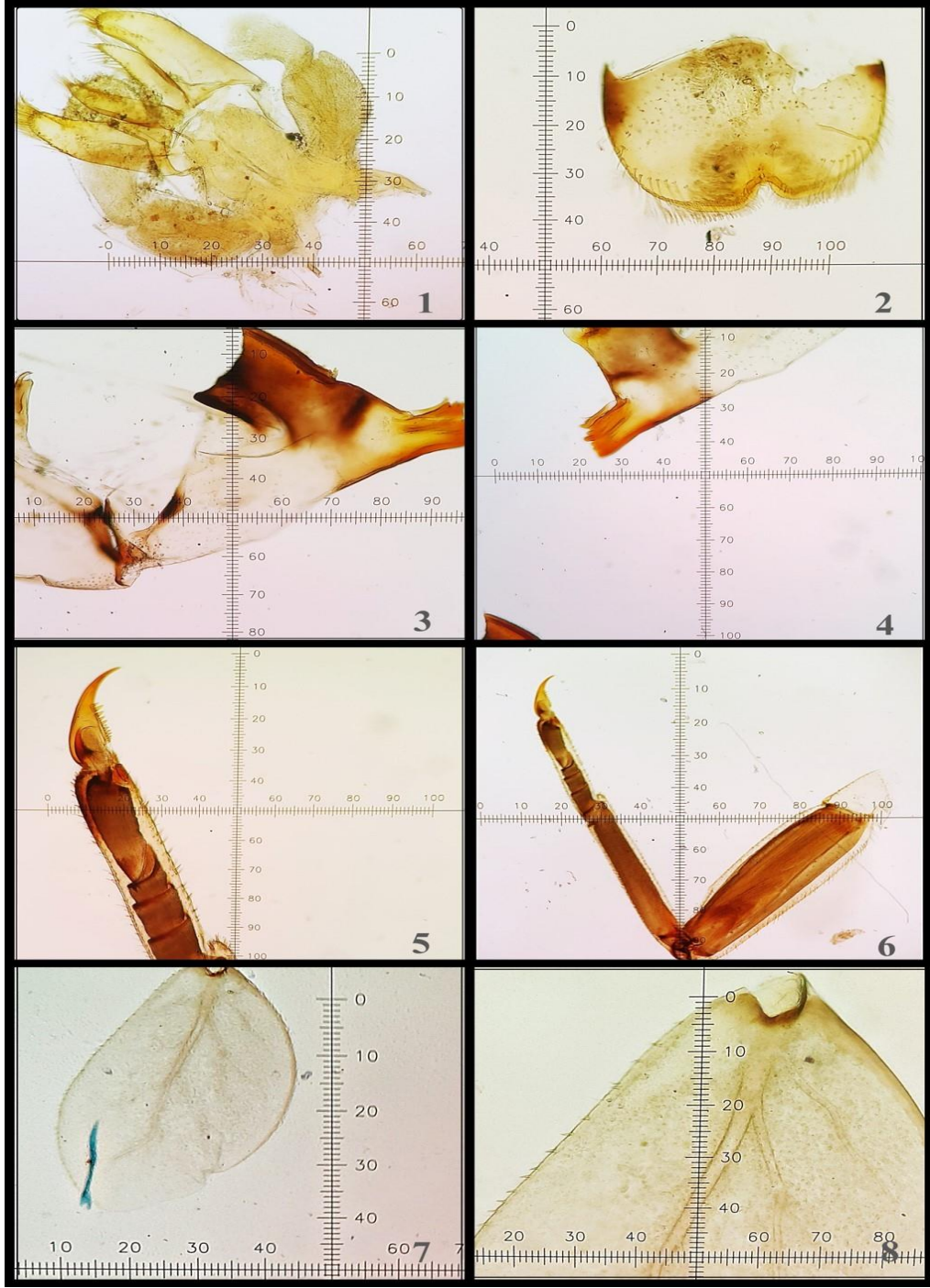
3. BULGULAR

3.1. Makrobentoz Tür Tayini

Arazi çalışması sonrasında, örnekleme alanlarından Gammaridae taksonuna ait 1 familya, 1 cins ve 2 tür; Ephemeroptera taksonu ait, 2 familya, 4 cins ve 7 tür tespit edilmiştir.



Görsel 3.1. 1- *Gammarus balcanicus* genel görünüm, 2-*Gammarus balcanicus* antenler, 3- Gnathopod genel görünüm, 4- Pereiopod, 5- Pereiopod, 6- Pereiopod



Görsel 3.2. *Baetis rhodani* 1- Ağız parçaları, 2- Labrum, 3- Mandibul, 4- Mandibul, 5- Claw, 6- Ekstremit, 7- Solungaç, 8- Solungaç

3.2. Su Analizleri ve Birey Sayıları

Tablo 3.1. I. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözülmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları

I. İstasyon		Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
pH	(-log[H ⁺])	8,02	8,25	7,66	8,03
Eİ	(μS cm ⁻¹)	392	380	400	458
Redoks Potansiyeli	(mV)	145	69,7	135,4	152,3
Çözülmüş Oksijen	(mg/L)	7,93	5,46	7,01	7,61
Sıcaklık	(°C)	16,8	8,1	2,8	13,7
KOİ	(mg/L)	28,35	30,65	28,23	25,63
Amonyum	(mg/L)	5,5	3,03	6,4	3,21
Nitrat	(mg/L)	2,91	2,45	3,18	2,51

Tablo 3.2. I. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları

I. İstasyon		Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
<i>Gammarus balcanicus</i>		504	345	123	80
<i>Gammarus agrarius</i>		215	105	25	24
<i>Baetis rhodani</i>		19	28	10	26

Birinci istasyonda yapılan su ve canlı taksonlarının örnekleme sonuçları, SPSS 22.0 istatistiksel analiz programı kullanılarak Pearson Korelasyon testi ile incelenmiştir. Test sonuçlarına göre, Ephemeroptera taksonunun bolluğu ile pH, Eİ, sıcaklık ve KOİ değerleri pozitif korelasyon gösterirken; redoks potansiyeli, ÇO, amonyum ve nitrat

değerleri negatif korelasyon göstermektedir. Gammaridae taksonunun bolluğu incelendiğinde ise pH, ÇO, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat değerleri ile taksona ait birey sayıları arasındaki ilişki pozitif korelasyon gösterirken; redoks potansiyeli ve Eİ değerleri, negatif korelasyon göstermektedir.

Tablo 3.3. II. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözülmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları

II. İstasyon		Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
pH	(-log[H⁺])	7,61	7,91	7,86	7,57
Eİ	(μS cm⁻¹)	532	493	460	555
Redoks Potansiyeli	(mV)	60,7	96,1	70,3	91,5
Çözülmüş Oksijen	(mg/L)	5,01	6,86	5,13	7,21
Sıcaklık	(°C)	20,2	12,5	4,3	16,5
KOİ	(mg/L)	58,67	42,34	47,38	41,91
Amonyum	(mg/L)	10,9	9,56	11,9	9,86
Nitrat	(mg/L)	2,31	2,04	2,6	2,18

Tablo 3.4. II. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları

II. İstasyon				
	Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
<i>Gammarus balcanicus</i>	25	398	300	354
<i>Gammarus agrarius</i>	10	134	104	78

İkinci istasyonda yapılan su ve canlı taksonlarının örnekleme sonuçları, SPSS 22.0 istatistiksel analiz programı kullanılarak Pearson Korelasyon testi ile incelenmiştir.

Gammaridae taksonunun bolluğu ile pH, redoks potansiyeli, ÇO değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde pozitif korelasyon varlığı tespit edilirken; Eİ, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat değerlerinin negatif korelasyon varlığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.5. III. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözülmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları

III. İstasyon		Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
pH	(-log[H⁺])	7,92	8,21	7,81	7,78
Eİ	(μS cm⁻¹)	728	668	691	702
Redoks Potansiyeli	(mV)	125,3	82,5	83,9	115,7
Çözülmüş Oksijen	(mg/L)	7,8	7,27	7,41	7,54
Sıcaklık	(°C)	18,6	9,1	3,1	14,1
KOİ	(mg/L)	28,33	35,67	38,33	24,33
Amonyum	(mg/L)	1,39	0,94	1,61	0,97
Nitrat	(mg/L)	1,62	1,48	1,72	1,53

Tablo 3.6. III. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları

III. İstasyon				
	Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
<i>Gammarus balcanicus</i>	210	247	172	276
<i>Gammarus agrarius</i>	50	57	58	29

Üçüncü istasyonda yapılan su ve canlı taksonlarının örnekleme sonuçları, SPSS 22.0 istatistiksel analiz programı kullanılarak Pearson Korelasyon testi ile incelenmiştir. Gammaridae taksonunun bolluğu ile pH, redoks potansiyeli, sıcaklık değerleri arasındaki

ilişki incelendiğinde pozitif korelasyon varlığı tespit edilirken; Eİ, ÇO, KOİ, amonyum ve nitrat değerlerinin negatif korelasyon varlığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.7. IV. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözülmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları

IV. İstasyon		Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
pH	(-log[H⁺])	7,63	7,72	7,58	7,62
Eİ	(µS cm⁻¹)	548	610	531	603
Redoks Potansiyeli	(mV)	138,6	81,2	58,9	124,7
Çözülmüş Oksijen	(mg/L)	7,48	6,88	6,65	7,31
Sıcaklık	(°C)	19,1	11,4	4,9	13,8
KOİ	(mg/L)	26,33	30,33	27,33	21,43
Amonyum	(mg/L)	2,11	1,34	2,61	1,57
Nitrat	(mg/L)	2,18	1,05	2,31	2,01

Tablo 3.8. IV. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları

IV. İstasyon		Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
<i>Gammarus balcanicus</i>		460	556	226	481
<i>Gammarus agrarius</i>		120	81	39	31
<i>Baetis rhodani</i>		0	63	120	217
<i>Baetis vernus</i>		0	1	0	0

Dördüncü istasyonda yapılan su ve canlı taksonlarının örnekleme sonuçları, SPSS 22.0 istatistiksel analiz programı kullanılarak Pearson Korelasyon testi ile incelenmiştir. Test sonuçlarına göre, Ephemeroptera taksonunun bolluğu ile Eİ ve nitrat değerleri pozitif korelasyon gösterirken; pH, redoks potansiyeli, ÇO, sıcaklık, KOİ amonyum ve nitrat değerleri negatif korelasyon göstermektedir. Gammaridae taksonunun bolluğu incelendiğinde ise pH, ÇO, Eİ, redoks potansiyeli, sıcaklık ve KOİ değerleri ile taksona ait birey sayıları arasındaki ilişki pozitif korelasyon gösterirken; amonyum ve nitrat değerleri, negatif korelasyon göstermektedir.

Tablo 3.9. V. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözünmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları

V. İstasyon					
		Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
pH	(-log[H⁺])	8,15	8,32	8,14	8,07
Eİ	(μS cm⁻¹)	421	494	450	368
Redoks Potansiyeli	(mV)	157,1	87,5	81,3	137,8
Çözünmüş Oksijen	(mg/L)	6,89	6,35	6,15	6,63
Sıcaklık	(°C)	22	14,3	5,4	16,4
KOİ	(mg/L)	28,35	35,68	20,67	27,44
Amonyum	(mg/L)	1,78	1,01	2,34	1,18
Nitrat	(mg/L)	1,48	0,98	1,65	1,24

Tablo 3.10. *V. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları*

V. İstasyon				
	Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
<i>Gammarus balcanicus</i>	38	15	41	56
<i>Baetis rhodani</i>	4	24	30	45
<i>Baetis lutheri</i>	0	2	8	7
<i>Baetis vernus</i>	0	2	3	3
<i>Baetis pavidus</i>	21	0	0	0
<i>Habrophlebia lauta</i>	1	0	0	0
<i>Epeorus znojko</i>	3	0	0	0
<i>Electrogena lateralis</i>	2	0	0	0
<i>Ephemerella ignita</i>	1	0	0	0

Beşinci istasyonda yapılan su ve canlı taksonlarının örnekleme sonuçları, SPSS 22.0 istatistiksel analiz programı kullanılarak Pearson Korelasyon testi ile incelenmiştir. Test sonuçlarına göre, Ephemeroptera taksonunun bolluğu ile redoks potansiyeli, ÇO, amonyum ve nitrat değerleri pozitif korelasyon gösterirken; pH, Eİ, sıcaklık ve KOİ değerleri negatif korelasyon göstermektedir. Gammaridae taksonunun bolluğu incelendiğinde ise ÇO, redoks potansiyeli, sıcaklık, amonyum ve nitrat değerleri ile taksona ait birey sayıları arasındaki ilişki pozitif korelasyon gösterirken; pH, Eİ ve KOİ değerleri, negatif korelasyon göstermektedir.

Tablo 3.11. VI. İstasyondan örneklenen su numunelerinin pH, Eİ, redoks potansiyeli, çözülmüş oksijen, sıcaklık, KOİ, amonyum ve nitrat analiz sonuçları

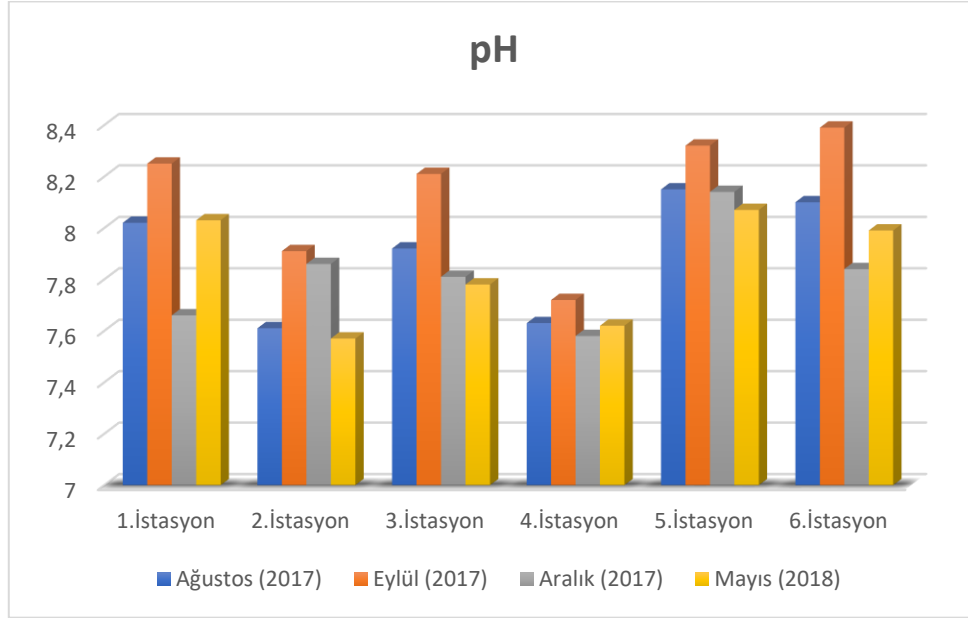
VI. İstasyon					
		Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
pH	(-log[H⁺])	8,1	8,39	7,84	7,99
Eİ	(μS cm⁻¹)	417	432	456	426
Redoks Potansiyeli	(mV)	140,9	91,5	42,7	70,1
Çözülmüş Oksijen	(mg/L)	7,11	6,77	6,08	6,66
Sıcaklık	(°C)	17,1	9,8	3,9	13,6
KOİ	(mg/L)	30,33	28,67	30,67	25,57
Amonyum	(mg/L)	1,59	0,87	1,77	1,32
Nitrat	(mg/L)	1,01	0,85	1,08	0,95

Tablo 3.12. VI. İstasyondan örneklenen taksonlara ait türlerin sayıları

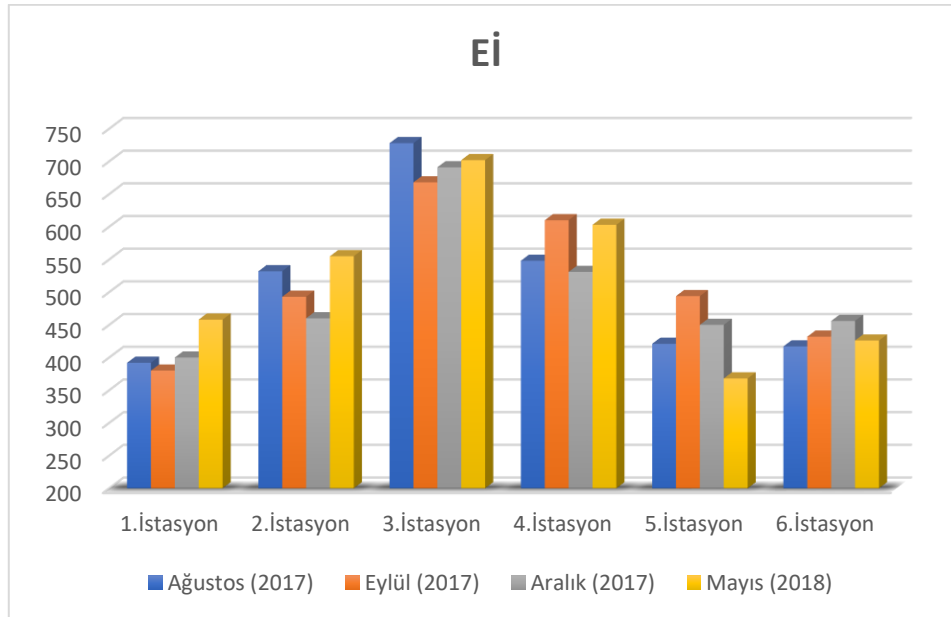
VI. İstasyon				
	Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
<i>Baetis rhodani</i>	26	16	85	114
<i>Baetis lutheri</i>	0	0	0	5
<i>Baetis vernus</i>	0	2	0	2
<i>Electrogena lateralis</i>	0	1	0	0
<i>Echinodorus dispar</i>	0	2	0	0

Altıncı istasyonda yapılan su ve canlı taksonlarının örnekleme sonuçları, SPSS 22.0 istatistiksel analiz programı kullanılarak Pearson Korelasyon testi ile incelenmiştir. Test

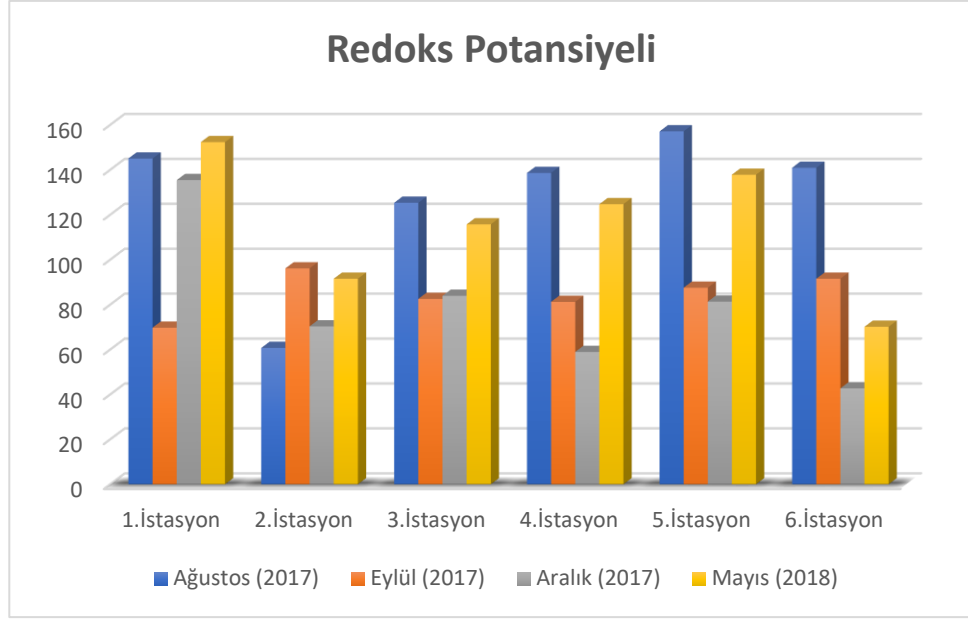
sonuçlarına göre, Ephemeroptera taksonunun bolluğu ile Eİ, amonyum ve nitrat değerleri pozitif korelasyon gösterirken; pH, redoks potansiyeli, sıcaklık, ÇO ve KOİ değerleri negatif korelasyon göstermektedir.



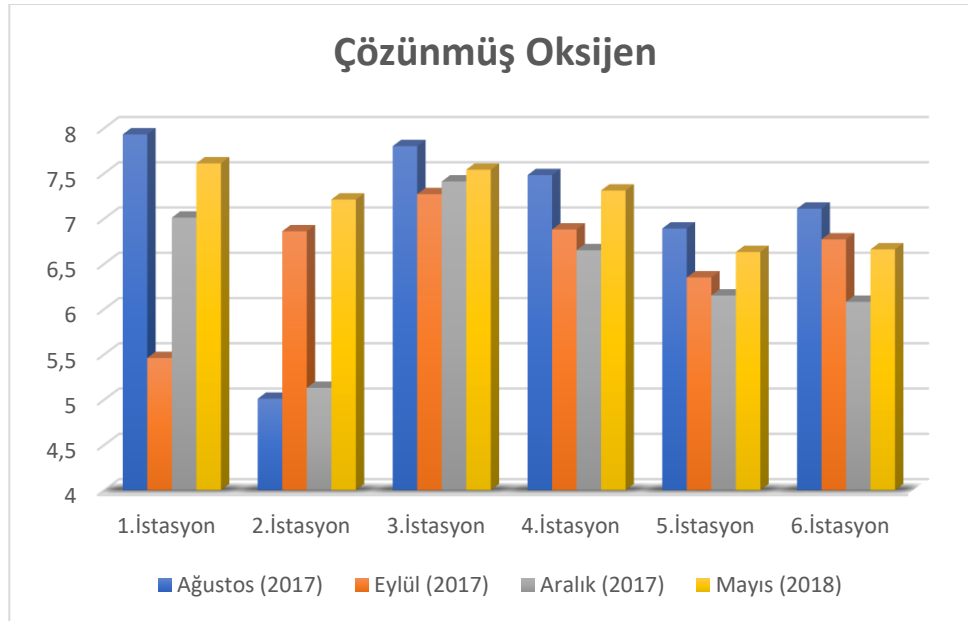
Şekil 3.1. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin pH değerleri



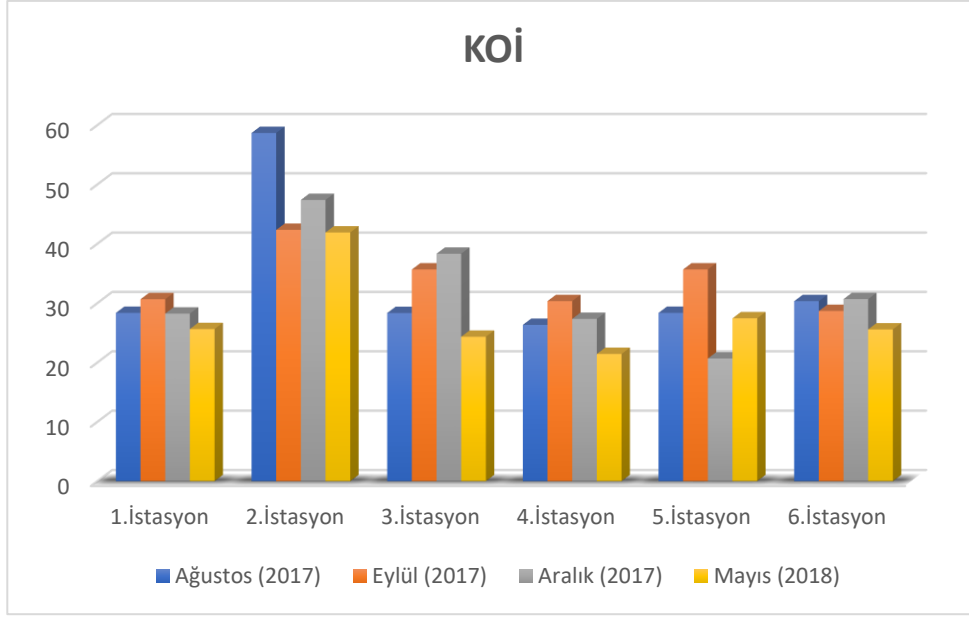
Şekil 3.2. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin Eİ değerleri



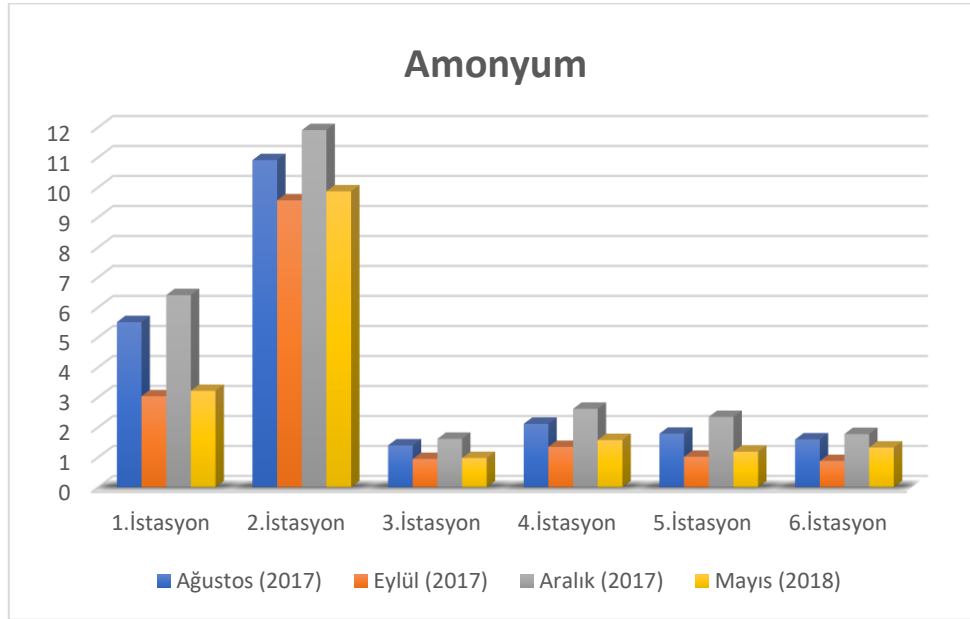
Şekil 3.3. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin Redoks Potansiyeli değerleri



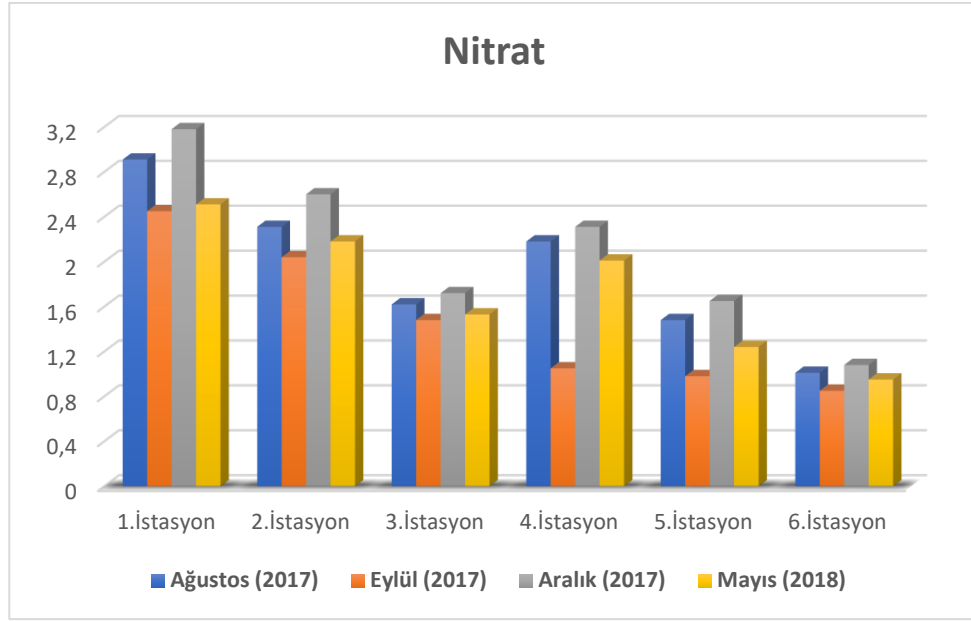
Şekil 3.4. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin çözülmüş oksijen değerleri



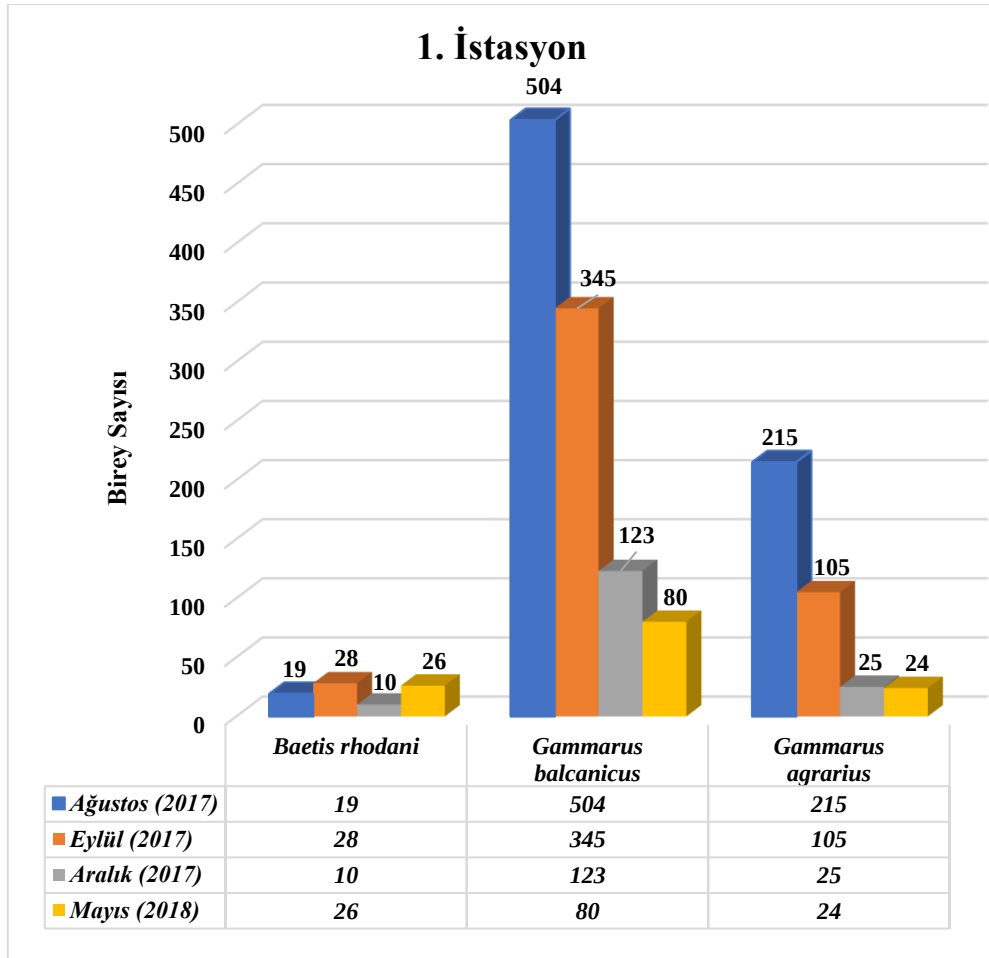
Şekil 3.5. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin KOİ değerleri



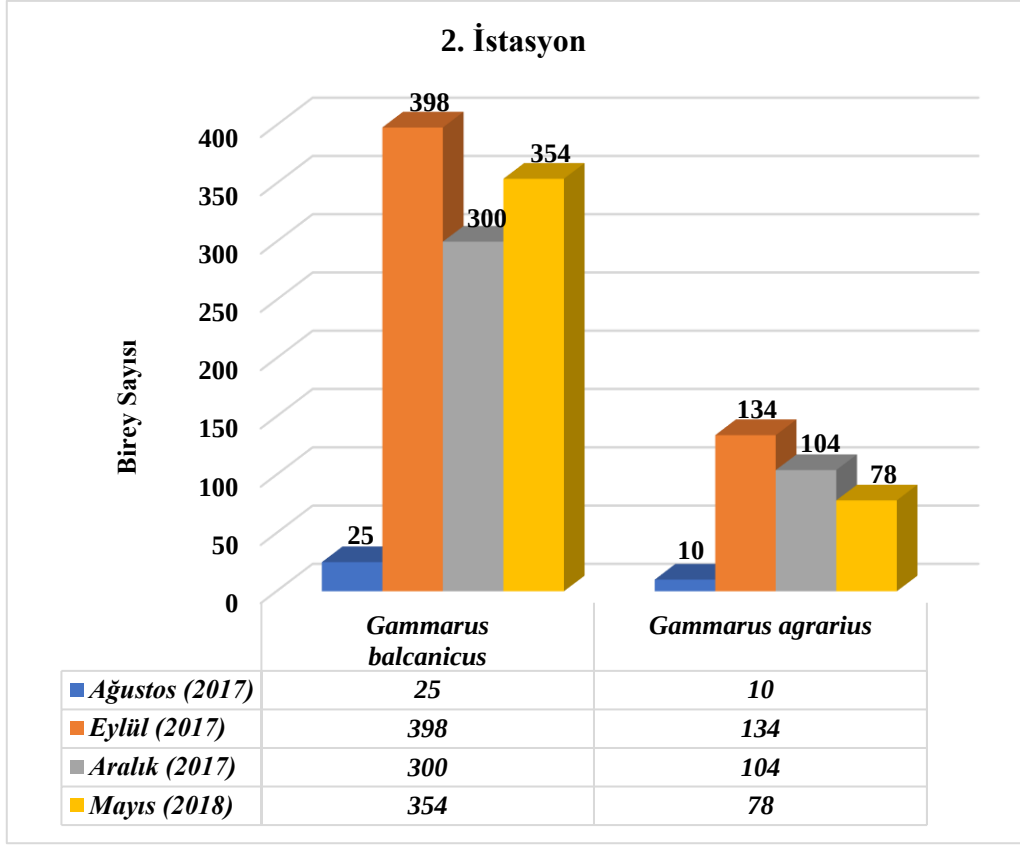
Şekil 3.6. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin amonyum değerleri



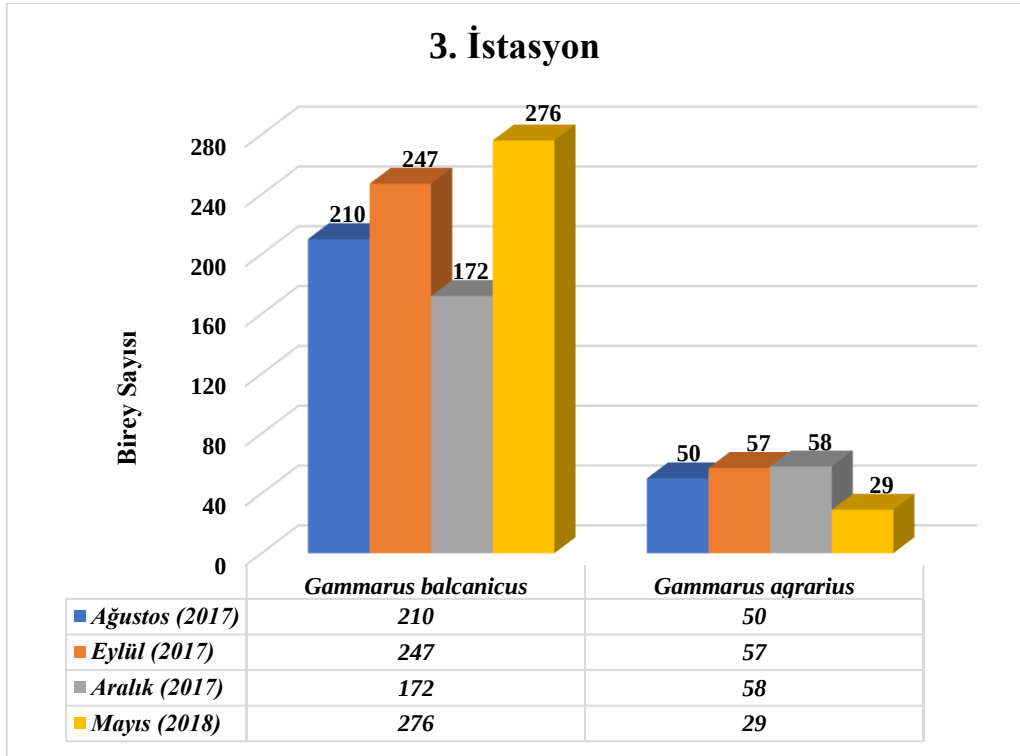
Şekil 3.7. İstasyonlardan örneklenen su numunelerinin nitrat değerleri



Şekil 3.8. I. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları

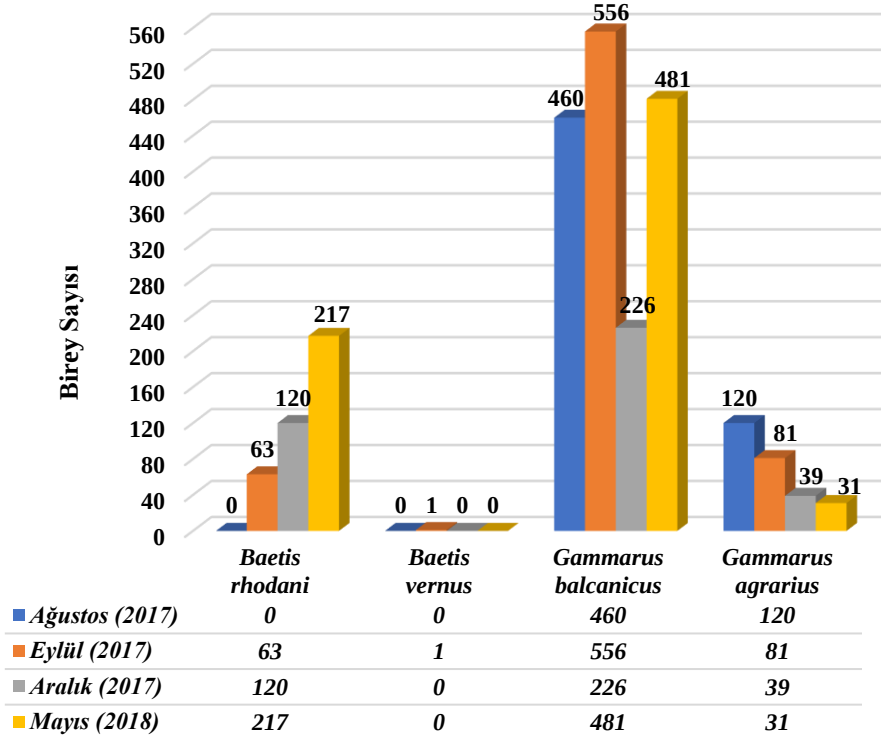


Şekil 3.9. II. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları



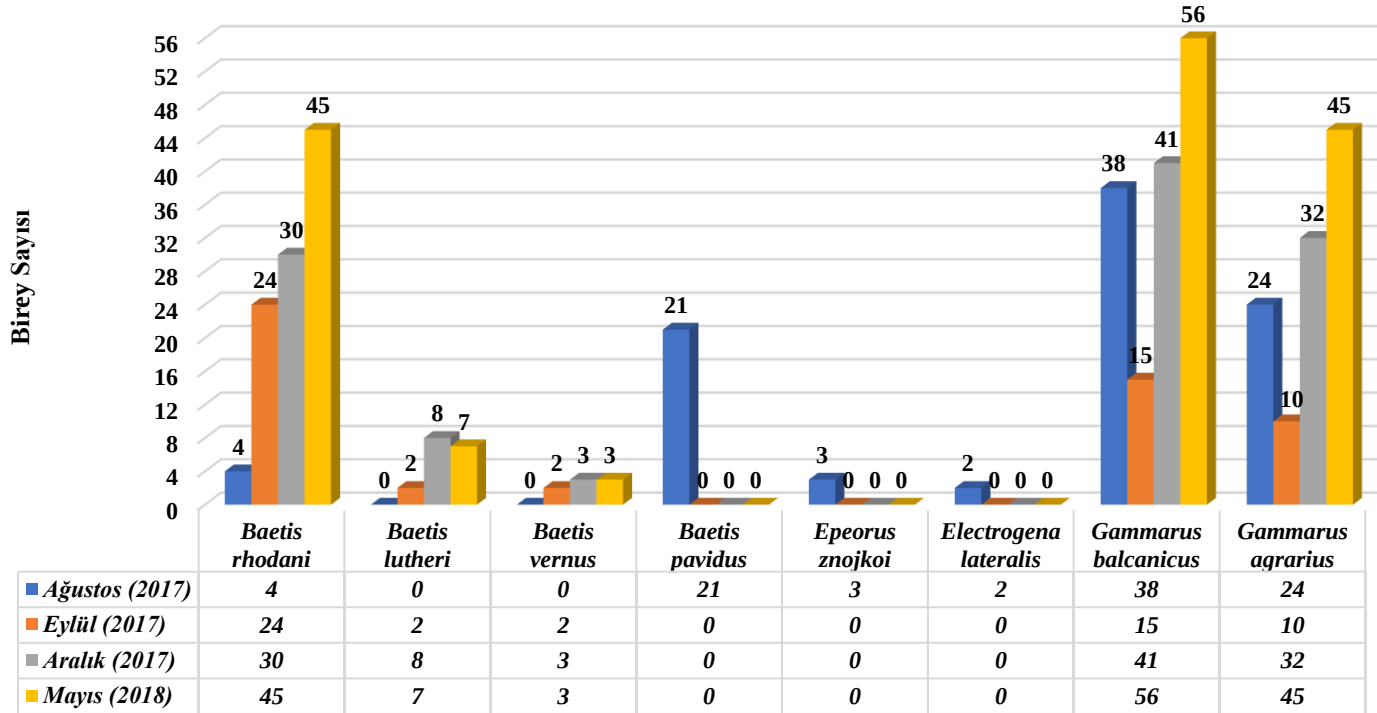
Şekil 3.10. III. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları

4. İstasyon

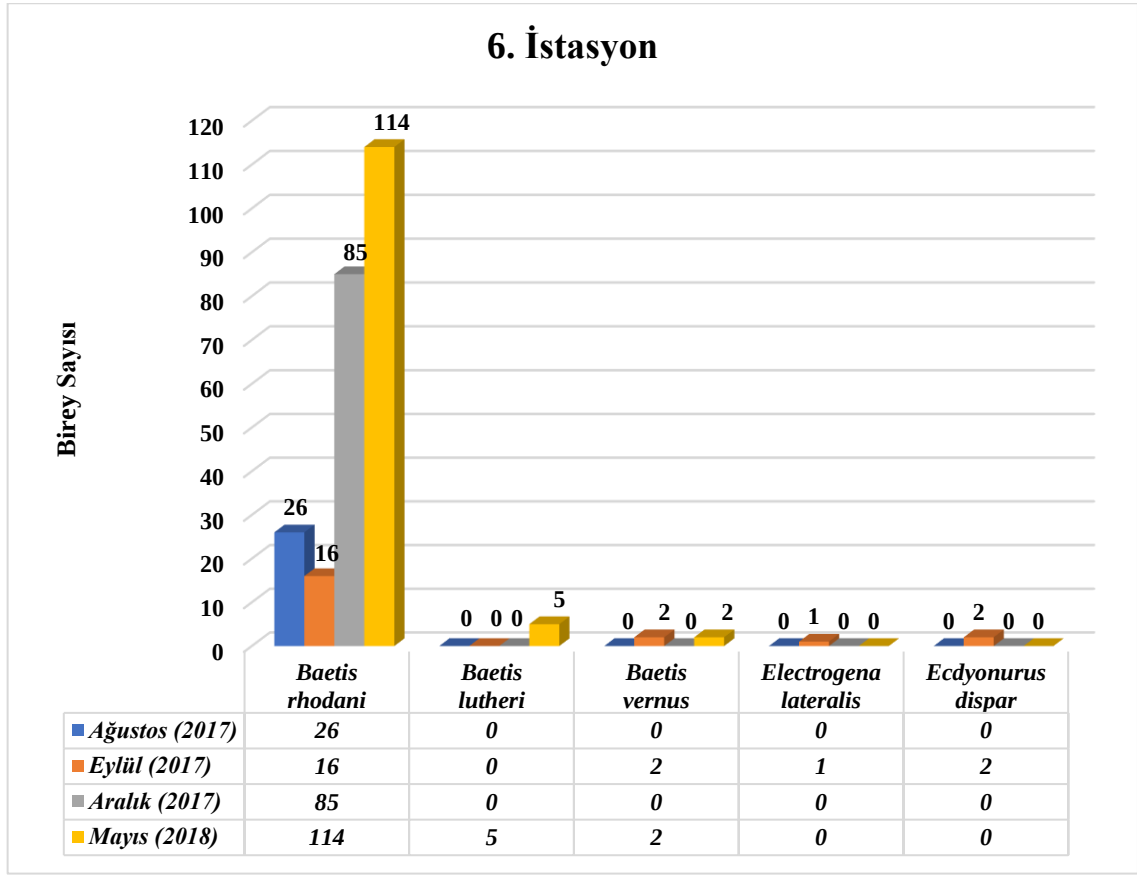


Şekil 3.11. IV. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları

5. İstasyon



Şekil 3.12. V. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları



Şekil 3.13. VI. İstasyondan örneklenen bireylerin sayıları

3.3. Sediment Enzim Aktivitesi

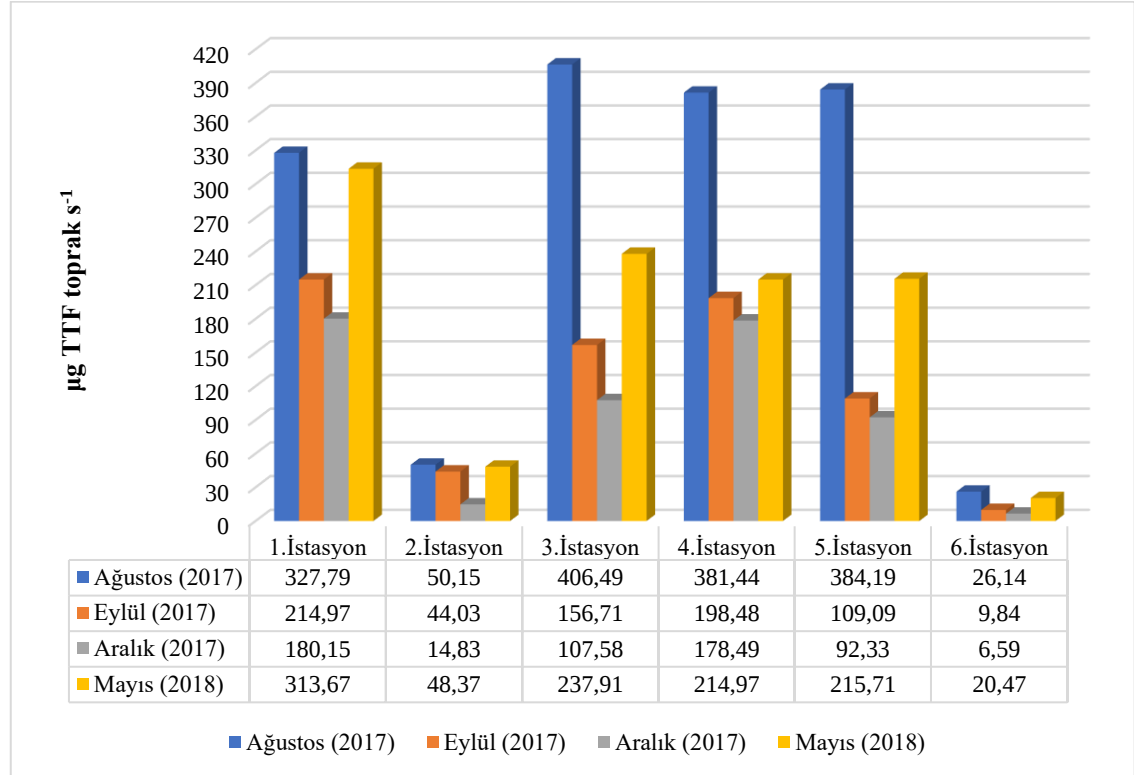
3.3.1. Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi

Tablo 3.13. İstasyonlardan örneklenen sediment numunelerinin dehidrogenaz enzim aktivitesi sonuçları

	Ağustos (2017)	Eylül (2017)	Aralık (2017)	Mayıs (2018)
1. İstasyon	327,79	214,97	180,15	313,67
2. İstasyon	50,15	44,03	14,83	48,37
3. İstasyon	406,49	156,71	107,58	237,91
4.İstasyon	381,44	198,48	178,49	214,97
5.İstasyon	384,19	109,09	92,33	215,71
6.İstasyon	26,14	9,84	6,59	20,47

Arazi çalışması sonrasında, 6 farklı istasyondan 4 farklı zamvea alınan sediment örneklerinin dehidrogenaz enzim aktivitesi incelenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına

göre, enzim aktivitesi 6,59 ile 406,49 $\mu\text{g TF toprak s}^{-1}$ değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir. İstasyonların dehidrogenaz enzim aktiviteleri, fizikokimyasal parametrelere ve vejetasyon yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Buna göre en yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi değeri 3. istasyonda, en düşük ise 6. istasyonda belirlenmiştir.



Şekil 3.14 İstasyonlardan örneklenen sediment numunelerinin dehidrogenaz enzim aktiviteleri

4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Su, dünya yüzey alanının 3/4 ' ünü oluştursa da tüm su kaynaklarının yalnızca %2,5'i tatlı sudur ve bu durum insanlar için tatlı suların önemini daha da arttırmaktadır (Joutsijoki ve ark., 2014). Temiz su, bitki ve hayvan yaşamının çeşitliliğini destekleyen ve canlılığın sürdürülebilirliğini sağlayan doğal kaynaklardan biridir (Saxena ve Gangal, 2010). Kirlilik, sucul ekosistemlerin biyolojik bütünlüğünü etkileme, su kalitesini düşürme ve insan sağlığına zarar verme potansiyeline sahiptir (Graça ve ark., 2002). Dünya çapında tatlı su kaynaklarının kirlenmesi, doğal ve endüstriyel kimyasal atıklar nedeniyle artmaktadır ve bu durum insanlığın karşılaştığı temel çevresel sorunlardan biridir (Yeston ve ark., 2006). Bu nedenle su kalitesi, insan ve ekosistem sürdürülebilirliğinin tüm yönlerinde hayati bir rol oynamaktadır ve günümüzde büyük bir sorun haline gelmiş bulunmaktadır. Ayrıca, tatlı su kaynaklarının, durum değerlendirilmesi de birçok ülkenin çevre mevzuatına dahil edilmiştir (Saxena ve Gangal, 2010; Joutsijoki ve ark., 2014; Walker ve ark., 2015).

Su kalitesi, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Saxena ve Gangal, 2010). Su kaynakları yönetiminin daha iyi planlaması ve geliştirilmesi için su kalite parametrelerinden yararlanılmalıdır. Su kalite kriterlerini belirlemek için fiziksel ve kimyasal bileşen ölçümlerinin yanı sıra su analiz sonuçlarının raporlanıp, karşılaştırılması için de yöntemler geliştirilmelidir (Walker ve ark., 2015). Sucul alanlarda antropojenik rahatsızlıkların etkilerini değerlendirmek için ise biyoçeşitlilik göstergeleri, biyotik indeksler veya topluluk yapısı gibi fonksiyonel parametrelerdeki değişiklikler ölçülerek, veriler analiz edilebilmektedir (Graça ve ark., 2002).

Antropojenik, doğal veya endüstriyel etkiler gibi makro veya mikro kirleticilerden kaynaklanan su kalitesi sorunlarının ele alınmasında, dikkat edilmesi gereken en önemli adım kirleticilerin tespitidir (Yeston ve ark., 2006). Tatlı su ekosistemleri, farklı antropojenik baskılara ve değişen ekolojik koşullara karşı duyarlılıklara sahip farklı organizma grupları tarafından iskân edilmektedir (Joutsijoki ve ark., 2014). Bununla birlikte, kirleticilerdeki artış ve farklılığın yanı sıra, kirleticilerin zaman içinde spesifik olması, olağandışı metodolojilerin kullanılmasını teşvik etmektedir (Castellanos Romero ve ark., 2017). Bu gibi biyolojik araştırmalar, genel olarak nüfus ve topluluklardaki zamansal ve mekânsal örüntüleri tespit etmek için tasarlanmıştır ve kirliliğin veya fiziksel rahatsızlıkların neden olduğu biyolojik kaynakların zarar

değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır (Logan ve Brooker, 1983). Bunların arasında sudaki makrobentozların kullanımı, su kalitesindeki değişimin belirlenmesi ve haritalandırılmasında etkinlik gösteren önemli bir metodolojidir (Castellanos Romero ve ark., 2017). Topal ve ark. (2016)'na göre sularda karşılaştığımız makrobentoz örneklerin habitatlarını, bolluk ve çeşitliliğini incelerken su kalite sınıflarından yararlanmamız hem canlıları hem de suları değerlendirmekte büyük avantaj sağlamaktadır.

Çevresel baskılara karşı fonksiyonel önemi ve değişken duyarlılıkları nedeniyle bentik makroomurgasız taksonları, su kaynağındaki değişiklikleri saptamak için biyolojik izlemede yaygın olarak kullanılmaktadır (Joutsijoki ve ark., 2014). Kullanımının oldukça ekonomik ve sonuçlarının doğru olması ile önceleri var olan koşulları yansıtmaması bu metodolojiyi önemli hale getirirken, geleneksel analitik yöntemlerin su analizine karşı sadece anlık bir değerlendirme sunması, makroomurgasızların biyoindikatör olarak kullanımını arttırmaktadır (Castellanos Romero ve ark., 2017). Ayrıca, nispi bollukları bakımından niteliksel ölçülendirmenin kolay olması ve kirlilik toleransı ile ilgili bilgi verebilecek taksonların iyi tanımlanmış olmaları nedeniyle de makroomurgasızlar örnek biyoindikatörlerdir (Ioz ve ark., 1995). Örneğin, Ephemeroptera taksonuna ait birçok üyenin, organik kirliliğe duyarlı olduğu ve Gammaridae taksonuna ait üyelerin de stres ve toksisite çalışmalarında kullanıldığı bilinmektedir (Naylor, Pindar ve Calow, 1990; Joutsijoki ve ark., 2014).

Daha önce yapılan çalışmalarda, sucul biyoindikatörlerden yalnızca su kalitesi için değil, çeşitli mikroorganizma çalışmaları için de yararlanılmıştır. Lemly ve ark. (2000)'nın yaptığı çalışmada sulardaki besin içeriklerinin, mikroorganizmaların gelişimi ve sucul biyoindikatörlerin hayatta kalma süresi ile ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca, sucul alanlarda bulunan mikroorganizmaların, organik maddelerin biyolojik ayrışmasına katkı sağladığı da bilinmektedir (Chen ve ark., 2012).

Yapılan tez çalışmasında, Mezitler bölgesi ve çevresindeki farklı akarsu kaynaklarından farklı mevsimsel dönemlerde su ve sediment ile Gammaridae ve Ephemeroptera üyelerine ait örneklemeler yapılmıştır. 6 farklı istasyondan 4 farklı zamanda (Ağustos 2017, Eylül 2017, Aralık 2017, Mayıs 2018) yapılan örnekleme sonucunda toplam 24 adet su ve sediment örneği ile farklı taksonlara ait makrozoobentoz örnekler elde edilmiştir. Su örnekleme sonrasında, suyun fizikokimyasal parametreleri (pH, sıcaklık, Eİ, redoks potansiyeli ve çözünmüş oksijen) ile amonyum ve nitrat konsantrasyonları anlık olarak ölçülmüş ve KOİ analizleri yapılmıştır. Su örneklerinin

yanı sıra 24 örneklemeden alınan sediment numunelerinin dehidrogenaz enzim aktiviteleri analiz edilmiştir. İstasyonlardan örneklenen Gammaridae ve Ephemeroptera taksonuna ait bireylerin morfolojik incelemeleri ve tür tayinleri yapıldıktan sonra bağırsak mikrofloraları incelenmiştir. Tez çalışmasının amacı, Mezitler Bölgesi'nin akarsu kaynaklarındaki Gammaridae ve Ephemeroptera çeşitliliğini belirlemek ve su kalitesinin birey dağılımı ile bireylerin bağırsak mikrofloralarına etkilerini ortaya koymaktır.

Yüksek lisans tez çalışmasında tercih edilen arazi bölgesi, daha önce böyle bir araştırmanın yapılmadığı ve antropojenik etkilere maruz kalan bir alan olduğundan dolayı tercih edilmiştir. Bölgede yapılan ön çalışma ile akarsu yatakları incelenmiş ve makrobentoz canlı çeşitliliği ile ilgili bilgi toplanmıştır. Bölgenin akarsu kaynaklarında bolluğu yüksek olan Gammaridae ve Ephemeroptera üyelerinin, önceki çalışmalarda sucul alanların indikatörleri olarak kullanılması, bu çalışma için her iki canlı grubunu da model organizma haline getirmiştir. Araştırmanın yapıldığı istasyonlar, farklı kaynaklardan gelen akarsular olmaları ve hem doğal hem de beşerî etkilere maruz kalabilen bölgeler olmaları nedeni ile seçilmiştir. Örnekleme, mevsimsel farklılığı göz önünde bulunduracak şekilde 4 farklı zamanda yapılmıştır.

Çalışmanın yapıldığı arazi bölgesinde, Gammaridae taksonuna ait 2 farklı tür; Ephemeroptera taksonuna ait 8 farklı tür belirlenmiştir. Ağustos (2017), Eylül (2017), Aralık (2017) ve Mayıs (2018) aylarında, 6 istasyondan yapılan toplam 24 örnekleme sonucunda en bolluğu en fazla olan türler *Gammarus balcanicus* ve *Baetis rhodani* olmuştur. *Gammarus balcanicus*, Gammarus cinsine ait türlerin içerisinde, tür tanımlamasının en zor olduğu türlerden biridir (İPEK, 2009). Yakın türlerine göre morfolojik farklılıklarından dolayı, *Gammarus balcanicus*'un çalışmalarda daha detaylı incelenmesi gerekmektedir (Hou, Fu ve Li, 2007). Asya, Avrupa ve Anadolu'da yaygın görülen bir tür olmasına rağmen ekstremitelerindeki aşırı varyasyon sebebi ile teşhis edilirken hata yapılan türlerden biri haline gelmiştir. Daha çok soğuk akarsularda yayılım gösteren *Gammarus balcanicus*'un durgun sularda da rapor edildiği olmuştur (İPEK, 2009).

İstasyonlardan toplanan Ephemeroptera üyeleri arasında bolluğu en yüksek tür olan *Baetis rhodani*, tüm Avrupa'da en yaygın, bol ve ekolojik olarak önemli olan Ephemeroptera türleri arasındadır. Aynı zamanda Kuzey Yarımküre 'de kozmopolit bir

tür olarak tanımlanmakta ve yaygın olarak akış kalitesinin biyolojik göstergeleri olarak kullanılmaktadırlar (Williams, Ormerod ve Bruford, 2006).

Makrobentoz canlıların akarsulardaki yaşamlarını sürdürebilmeleri için suyun fizikokimyasal özellikleri önemli bir rol üstlenmektedir. Bu fizikokimyasal parametrelerden biri de akarsuyun sıcaklığıdır. Çünkü suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin çoğu doğrudan sıcaklıktan etkilenmektedir. Sucul hayvan ve bitki topluluklarının çoğu, belirli bir su sıcaklığı aralığında hayatta kalır ve bunlardan birkaçı, bu parametredeki aşırı değişikliklere tolerans gösterebilir. (Mahapatra, Nanda ve Panigrahy, 2011).

Yapılan çalışmalarda *Baetis rhodani* türüne ait üyelerin üreme ve hayatta kalma koşulları araştırılmış ve uygun sıcaklığın 3 °C ile 22 °C arasında olduğu tespit edilmiştir (December, 1972). Bu çalışmada, örnekleme yapılan tüm istasyonlardaki akarsu sıcaklıkları, bolluğu en fazla görülen Ephemeroptera ordosuna ait *Baetis rhodani* türü için, en uygun sıcaklık aralıklarıdır. Bunun yanı sıra, Gammaridae taksonuna ait bireyler sıcaklık değişimlerine karşı geniş tolerans aralığına sahipken, sucul ortamlarda bazı pestisitlerin etkileri düşük sıcaklıklarda artmaktadır (Dalhoff ve ark., 2018). 3. ve 4. istasyonların alabalık çiftliklerine ve sulama alanlarına olan yakınlıkları, su kaynaklarının pestisit içerme ihtimalini arttırmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği, çeşitli yollarla çevreyi etkileyerek kullanıcı çatışmasına, rejim değişikliğine ve su kirliliğine neden olabilir. Balık çiftliği atık suları en çok, makrobentoz topluluklarını etkilemektedir (Kirkagaç, Pulatsü ve Köksal, 2004). Mayor ve ark. (2011), çiftliklerdeki yenmemiş yem ve balık dışkısının, balık çiftliklerinin altındaki sucul alanlara etkileri olduğunu belirtmişlerdir.

Shahid ve ark. (2018), yaptığı çalışmada düşük pestisit konsantrasyonlarının, Gammaridae taksonuna ait bireylerde zamanla adaptasyona sebep olabileceğini ortaya koymuşlardır. Su numunelerinden yapılan analiz sonuçları incelendiğinde, pestisit olma ihtimalinin yüksek olduğu istasyonlarda, sıcaklık değişimlerinin Gammaridae üyelerinin birey sayılarında değişikliğe neden olduğu fakat türleri tamamen ortadan kaldırmadığı gözlenmektedir.

Akarsularda pH seviyesi, suyun H^+ ve OH^- iyon içeriklerinin bir ölçüsüdür. Organik kirlilik içeren suyun büyük bir kısmı asidik olmaya eğilimlidir (Mahapatra, Nanda ve Panigrahy, 2011). Yapılan arazi çalışması sonrasında, örneklerin alındığı akarsuların pH değerlerinin, 7,57 ile 8,39 arasında değişiklik göstermekte olduğu belirlenmiştir. Örnekleme yapılan konumların bitki kompozisyonu incelendiğinde, vejetasyonun yüksek

olduğu noktalarda pH değerlerinin, diğer konumlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Organik maddelerin, sulak alan bitkilerinin bulunduğu habitatlarda yüksek olmaları, organik madde ayrışmasının neden olduğu organik asit konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak da pH değerlerini düşürmektedir (Sánchez ve ark., 2007). Bitki yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde pH değerlerinin daha düşük çıkması, bitki köklerinin suya yaptıkları CO₂ salınımının pH değerlerinin düşüşüne etkisi olduğu görüşünü desteklemektedir (Türker ve ark., 2016).

Daha önceki çalışmalarda, pH değerlerine etki eden en önemli nedenlerin nitrifikasyon, denitrifikasyon ve organik maddelerin mineralizasyonu olduğu gözlenmiş ve bu nedenlerin meydana gelebilmesi için en uygun değerlerin 6,5-9,5 aralığı olduğu belirlenmiştir. Örneklem noktalarının pH değerlerine bakıldığında nitrifikasyon ve denitrifikasyonun meydana gelebilmesinin mümkün olduğu görülmektedir (Saz, 2017). Bu nedenle istasyonlardan örneklenen suların pH değerleri diğer parametrelere bağlı olarak değişmektedir.

Yapılan çalışmada, toplanan makrobentoz örneklerin birey sayılarının, ölçülen pH değerleri ile ilişkisi incelendiğinde yalnızca 5. ve 6. istasyonlarda negatif korelasyon değerleri elde edilmiştir. Bunun nedeni ise bu iki istasyonda diğerlerine göre bitki kompozisyonunun düşük olması ve pH değerlerinin buna bağlı olarak değişmekte olmasıdır. Daha önceki çalışmalarda, bu canlılara ait bolluğun, pH seviyesinin 5,0 üstü olduğu durumlarda arttığı belirtilmiştir (Dunson, 1977; Duarte, Rebores ve Caçador, 2008) . Bunun yanı sıra tüm istasyonlarda mevcut olan Gammaridae ve Ephemeroptera taksonlarına ait üyelerin, canlılıklarını sürdürebilecekleri pH aralığında bulundukları gözlenmiştir.

Arazi çalışması yapılan, akarsu kaynaklarının elektriksel iletkenlik (EI) verilerinin incelenmesi sonucunda, konumların yüksek bitki kompozisyonuna sahip olduğu durumlarda değerlerin yükselmekte olduğu görülmektedir. Vejetasyon ile direkt olarak ilişkisi olmayan elektriksel iletkenlik değerlerinin, bitki yoğunluğu fazla olan yerlerde yüksek çıkmasının nedeni, transpirasyon ve evaporasyon ile akarsulardaki anyon ve kation moleküllerinin derişimlerinin farklılık göstermesidir. Bu nedenle, elektriksel iletkenlik değerleri arasındaki farklılık, akarsu yataklarındaki bitkilerin bolluğu ve çeşitliliğine göre değişmektedir (Saz, 2017). Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, Ephemeroptera ve Gammaridae taksonlarına ait birey sayıları ile EI değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı gözlenmektedir.

Redoks potansiyeli, sudaki oksijenin indirgenme yükseltgenme tepkimelerinin sayısal olarak ifadesidir (Sugiura ve ark., 2018). Sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu arttığında redoks potansiyelinin de arttığı görülmektedir ve bu da ortamın aerobik yapıda olduğunu kanıtlar niteliktedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu, balıklar, omurgasızlar ve suda yaşayan diğer tüm canlılar için gerekli olan oksijen miktarını ifade etmektedir (Mahapatra, Nanda ve Panigrahy, 2011). Buna bağlı olarak, redoks potansiyeli ve çözünmüş oksijen değerlerinin düşmesi ile sucul ortamdaki nitrifikasyonu gerçekleştiren bakteri sayısında artış görülmektedir. Bu nedenle, redoks potansiyeli ve çözünmüş oksijen değerleri, nitrifikasyon ve denitrifikasyonun takibi için önemli parametrik değerlerdendir (Saz, 2017).

Gerçekleştirilen arazi çalışmasında, örnekleme yapılan akarsuların bitkiler ile temasının fazla olduğu durumlarda redoks potansiyelinde artış gözlemlenmiştir. Örnekleme bölgesindeki vejetasyon sebebiyle redoks potansiyeli ve çözünmüş oksijen değerlerinde artış gözlenirken, amonyum ve KOİ değerleri azalma göstermektedir (Oon ve ark., 2015).

KOİ, suların içerdiği maddelerin gereksinim duydukları oksijen miktarını ifade eden, akarsu ve atık suların incelenmesi için tercih edilen önemli bir parametredir (Kayna, Methods ve Genel, 2012). Sucul ortamlardan elde edilen KOİ değerleri, akarsuyun pH, çözünmüş oksijen, amonyum ve nitrat gibi fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin, sudaki çözünmüş oksijen miktarı arttıkça kimyasal oksijen ihtiyacı buna bağlı olarak düşüş gösterecektir (Oon ve ark., 2015). Su parametrelerinin değişmesinin yanı sıra, vejetasyon yapısı ve antropojenik etkilerin de KOİ değeri üzerinde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Saz, 2017). Daha önceki çalışmalarda, bitki köklerinin kontaminantların giderilmesinde açıkça rol oynadığı, bunun sonucunda ise KOİ değerlerinde anlamlı azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir (Ni ve ark., 2016).

Sulardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının düşük, KOİ konsantrasyonlarının yüksek seviyeleri, olası kirliliğin bir göstergesidir (Mahapatra, Nanda ve Panigrahy, 2011). Ephemeroptera ordosuna ait üyelerin bolluk ve çeşitliliğine etki eden başlıca tehdit kirliliktir (Jandry ve ark., 2014). Bu gruba ait üyelerin oksijen konsantrasyonunun düşmesine ve kirliliğe karşı toleranslarının olmadığı da bilinmektedir (Kırkağaç ve Köksal, 2009). Hamid ve ark. (2017), yaptığı çalışmada, farklı nehirlerden örneklenen su parametrelerini, Ephemeroptera sayıları ile ilişkilendirerek ve KOİ

değerlerinin yüksek olduğu numunelerde, çözünmüş oksijen konsantrasyonu yüksek olsa bile, taksona ait birey sayılarının azaldığını tespit etmiştir.

Ephemeroptera üyelerinin aksine, Gammaridae taksonuna ait bireyler organik kirliliğin olduğu bölgelerde de canlılıklarını sürdürebilmektedir (Kırkağaç ve Köksal, 2009). Gammaridae üyeleri, yüksek ekolojik toleransa sahip canlılardır. Akarsularda besin arama esnekliği, göç yeteneği ve sürüklenme eğilimi, ekosistemleri kolayca işgal ederek kolonize yayılım göstermelerini sağlar. Yüksek üreme kapasitesi ve çok sayıda, uzun ömürlü (1-2 yıl) yavru vermeleri ile sucul alanlarda sıkça karşılaşılan makrobentoz örneklerinin başında gelmektedir (Gerhardt, Bloor ve Mills, 2011).

Yapılan arazi çalışmasındaki istasyonlar incelendiğinde, redoks potansiyeli ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile KOİ değerlerinin Gammaridae üyeleri üzerinde etkili olmadığını, bu canlıların bolluğuna etki eden ana sebeplerin habitat içerisindeki bitki kompozisyonu ve su miktarı olduğunu görmekteyiz. Çünkü Gammaridae taksonuna ait üyeler, akarsuların içerisindeki bitkilere tutunarak yaşamlarını sürdürmektedirler. Bu nedenle akış hızı fazla olmayan, bitkisel kompozisyonu yüksek bölgeler, bu taksonunun üyeleri için en iyi habitat koşullarını oluşturmaktadır. Ephemeroptera taksonuna ait üyeler ise redoks potansiyeli ve çözünmüş oksijen konsantrasyonunun yüksek olduğu istasyonlarda, farklı kirlilik ve stres etkilerinin de olmadığı durumlarda yüksek bolluk ve çeşitlilik oranına sahiptirler (Jandry ve ark., 2014).

Sucul alanlarda, çözünmüş oksijen miktarına ve redoks potansiyeline bağlı olarak amonyum konsantrasyonunda farklılıklar gözlenmektedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun fazla olduğu yüksek kalitedeki sucul ortamlar, nitrifikasyonu meydana getiren mikroorganizmaların, mikrobiyal aktivitelerinin artmasını sağlamaktadır. Daha hızlı ve sağlıklı büyüyen mikroorganizmaların faaliyetleri sonucunda nitrifikasyon meydana gelmekte ve amonyum giderimi sağlanmaktadır (Vymazal, 2007). Amonyum gideriminin sağlanması için temel dönüşümlere (amonyaklaşma, nitrifikasyon ve denitrifikasyon) ihtiyaç vardır (Zhang ve ark., 2010). Özellikle, nitrifikasyon ile denitrifikasyon, amonyum ve nitrat giderimini sağlarken, azot döngüsünü gerçekleştirmiş olurlar (Vymazal, 2007). Bunun yanı sıra, amonyumun nitrifikasyonu sonrasında meydana gelen nitrat, oksitlenmiş azot formunun bir ölçüsüdür ve su ortamlarında önemli bir makrobesidir (Mahapatra, Nanda ve Panigrahy, 2011).

Lemly ve ark. (2000) yaptığı çalışmada, yüksek konsantrasyonlu nitrat ve fosfatın, böcek gövdesi yüzeylerindeki filamentli bakterilerin büyümesi ile ilişkili olduğu ve besin

bakımından zengin sucul alanlarda, Ephemeroptera üyelerinde önemli bir azalma olduğunu göstermişlerdir. Aynı çalışmada gerçekleştirilen laboratuvar incelemeleri, bakteri büyümesinin Ephemeroptera üyelerinin hayatta kalma oranını düşürdüğü doğrulamıştır.

Yaptığımız bu çalışmada, amonyum ve nitrat sonuçları incelediğinde, en yüksek değerlerin 2. istasyonda ölçüldüğü görülmektedir. Örnekleme yapılan suya evsel atığın karıştığı bu noktada KOİ değerlerinin yüksek olması ve bununla birlikte çözünmüş oksijen konsantrasyonunun da düşük olması, 2. istasyonunun kirlilik seviyesinin diğer istasyonlara göre fazla olduğunu göstermektedir. İstasyondan örneklenen canlıların sadece Gammaridae taksonuna ait bireyler olması, Ephemeroptera üyelerine rastlanmamış olması da elde edilen bulguların doğruluğunu kanıtlamaktadır.

Dehidrogenaz enzim aktivitesi yaygın olarak topraktaki biyolojik aktivitenin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (Makoi ve Ndakidemi, 2008). Brzezińska ve ark. (2001), bu enzimlerin sadece elektron mikroorganizma hücrelerinde bulunan diğer bileşikleri de kullanabileceğini saptamışlardır (Brzezińska ve ark., 2001). Böylece, dehidrogenaz enzim aktivitesi, toprakta meydana gelen dönüşümlerin oranını yansıtır ve toprağın genel mikrobiyal aktivitesinin bir indeksi olarak kabul edilir (Moeskops ve ark., 2010; Kaczyńska, Borowik ve Wyszowska, 2015). Bu da olası bir mikrobiyal oksidatif aktivite ölçüsü olarak düşünülebilir (Makoi ve Ndakidemi, 2008).

Dehidrogenaz enzim aktivitesi, aynı zamanda topraklardaki kirliliğin türünü, önemini ve bunlara ek olarak toprak böcekleri, eser elementler veya toprağa yapılan uygulamalardan kaynaklanan herhangi bir bozulmanın ölçüsünü de göstermektedir (Makoi ve Ndakidemi, 2008). Örneğin, McCarthy ve ark. (1994), kâğıt hamuru ve kâğıt fabrikası atıklarıyla kirlenmiş topraklarda dehidrogenaz enzim aktivitesinin yüksek olduğunu, Pitchel ve ark. (1990) da uçucu kül ile kirlenmiş topraklarda bu aktivitenin düşük olduğunu bildirmişlerdir (Pichtel ve Hayes, 1990; Siddaramappa ve ark., 1994). Benzer şekilde, düşük dozda pestisitlerde daha yüksek dehidrogenaz aktivitesi ve daha yüksek dozda pestisitlerde enzimin daha düşük aktiviteyi bildirmiştir (Makoi ve Ndakidemi, 2008). Dehidrogenaz enzim aktivitesinin kirlilik göstergesi olarak önemi, hücre dışı ortamda birikme yeteneklerinin olmamasıyla da desteklenmektedir (Kaczyńska, Borowik ve Wyszowska, 2015).

Dehidrogenazların rolü, organik substrattan inorganik alıcılara hidrojen transferini gerçekleştirmekten oluşur (Kaczyńska, Borowik ve Wyszowska, 2015). Bu süreçler,

toprak mikroorganizmalarının solunum yollarının bir parçasıdır ve toprak tipi ile toprak hava-su koşulları ile yakından ilişkilidir (Makoi ve Ndakidemi, 2008).

Sucul alanlardaki biyolojik içerikler (mikroorganizmalar, fauna ve flora elemanları), toprak yapısı (organik madde miktarı ve içeriği, pH) ve iklim gibi farklı özellikler dehidrogenaz enzim aktivitesini etkilemektedir (Duarte, Reboreda ve Caçador, 2008). Çalışmamızın dehidrogenaz enzim aktivitesi sonuçları incelendiğinde, vejetasyonun en zayıf olduğu bölgeler olan 2. ve 6. istasyonlarda, değerlerin diğer istasyonlara oranla daha düşük olduğu görülmektedir. Aynı zamanda sıcaklıkların en düşük olduğu Aralık ayında da enzim aktivitesi en aza inmiş durumdadır. Bunun sebebi ise kış aylarında bitkisel aktivitenin azalmasıdır. Daha önceki çalışmalarda, vejetasyon tipindeki farklılıkların da dehidrogenaz aktivitesinde değişiklikler meydana getirdiği saptanmıştır (Pancholy ve Rice, 1972). Brzezinska ve ark. (1998), toprağın su içeriğinin ve sıcaklığının, toprak redoks durumuna etkisiyle dolaylı olarak dehidrogenaz aktivitesini de etkilediğini öne sürmüştür. Bu redoks dönüşümleri, toprak mikroorganizmalarının solunum aktivitesi ile yakından ilişkilidir (Makoi ve Ndakidemi, 2008).

Tez çalışmasında elde edilen verilere dayanarak, Mezitler (Bilecik, Bozüyük) Bölgesi'nin akarsu kaynaklarındaki Gammaridae ve Ephemeroptera biyoçeşitliliğinin, su kalite değerleri ve habitat özellikleri bir arada incelendiğinde, canlıların sayı ve dağılımlarının bu değişkenlerden etkilendiği görülmektedir. Gerçekleştirilen tez çalışması, bölge adına literatürdeki eksikliği gidermek anlamında önemli bir adım olacak ve multidisipliner yeni çalışmalara temel oluşturacaktır.

KAYNAKÇA

- Alhejoj, I., Salameh, E. and Bandel, K. (2014) *Mayflies (Order Ephemeroptera): An Effective Indicator of Water Bodies Conditions in Jordan*, *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences*. doi: 10.12983/ijres-2014-p0361-0370.
- Aydınlı, C. (2008) *Sultansuyu Çayı (Malatya)'Nin Ephemeroptera (Insecta) Limnofaunası*, Anadolu Üniversitesi.
- Balachandran, C., Chandran, M. D. S. and Ramachandra, T. V (2012) 'Distribution and Biology of the Mayflies (Ephemeroptera) of Western Ghats', *Centre for Ecological Sciences*, pp. 1–17.
- Benlloch, S., Lopez-Lopez, A., Casamayor, E. O., Ovreas, L., Goddard, V., Daae, F. L., Smerdon, G., Massana, R., Joint, I., Thingstad, F., Pedros':Alıo, C. ve Rodriguez-Valera, F. (2002), *Prokaryotic genetic diversity throughout the salinity gradient of a coastal solar saltern*. *Environ. Microbiol.* 4: 349-360.
- Brittain, J. E. (1982) *Biology of Mayflies*, *Annual Reviews*.
- Brittain, J. E. (2011) *Life history, seasonal variation and production of Andesiops torrens (Lugo-Ortiz and McCafferty) and Andesiops peruvianus (Ulmer) (Ephemeroptera: Baetidae) in a headwater Patagonian stream*, *Zoological Museum*. doi: 10.1016/j.limno.2010.07.002.
- Brzezińska, M. et al. (2001) 'Effect of oxygen deficiency on soil dehydrogenase activity in a pot experiment with triticale cv . Jago vegetation', pp. 145–149.
- Burian, S. K., Connecticut, S. and Haven, N. (2009) 'Ephemeroptera (Mayflies)', *Invertebrates*, pp. 299–314.
- Cardinal, J., Ravelomanana, V. and Valencia-Pabon, M. (2008) 'The Elaboration Of Indices To Assess Biological Water Quality. A Case Study M.', *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 30(C), pp. 39–44. doi: 10.1016/j.endm.2008.01.008.
- Cardoni, S. et al. (2015) 'DNA barcode assessment of Mediterranean mayflies (Ephemeroptera), benchmark data for a regional reference library for rapid biomonitoring of freshwaters', *Biochemical Systematics and Ecology*, 62, pp. 36–50. doi: 10.1016/j.bse.2015.07.035.
- Castellanos Romero, K. et al. (2017) 'Lentic water quality characterization using macroinvertebrates as bioindicators: An adapted BMWP index', *Ecological Indicators*. Elsevier Ltd, 72, pp. 53–66. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.07.023.

- Ceneviva-Bastos, M. et al. (2017) 'Trophic guilds of EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera) in three basins of the Brazilian Savanna', *Limnologica*, 63, pp. 11–17. doi: 10.1016/j.limno.2016.12.004.
- Chen, Z. et al. (2012) 'Chemosphere Effect of vegetation in pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands treating sulphate rich groundwater contaminated with a low and high chlorinated hydrocarbon', *Chemosphere*. Elsevier Ltd, 89(6), pp. 724–731. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.06.042.
- Copilaş-Ciocianu, D. et al. (2014) 'Zoogeography of epigean freshwater amphipoda (Crustacea) in Romania: Fragmented distributions and wide altitudinal variability', *Zootaxa*, 3893(2), pp. 243–260. doi: 10.11646/zootaxa.3893.2.5.
- Copilaş-Ciocianu, D. and Boroş, B. V. (2016) 'Contrasting life history strategies in a phylogenetically diverse community of freshwater amphipods (Crustacea: Malacostraca)', *Zoology*, 119(1), pp. 21–29. doi: 10.1016/j.zool.2015.11.001.
- Courtemanch, D. L., Davies, S. P. and Laverty, E. B. (1989) 'Incorporation of biological information in water quality planning', *Environmental Management*, 13(1), pp. 35–41. doi: 10.1007/BF01867585.
- Dalhoff, K. et al. (2018) 'Seasonal sensitivity of *Gammarus pulex* towards the pyrethroid cypermethrin', *Chemosphere*. Elsevier Ltd, 200, pp. 632–640. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.02.153.
- December, E. R. (1972) 'Effect of Temperature on the Time of Hatching in *Baetis rhodani* (Ephemeroptera : Baetidae)', 51, pp. 47–51.
- Duarte, B., Reboreda, R. and Caçador, I. (2008) 'Seasonal variation of extracellular enzymatic activity (EEA) and its influence on metal speciation in a polluted salt marsh', *Chemosphere*. Elsevier Ltd, 73(7), pp. 1056–1063. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.07.072.
- Dunson, W. A. (1977) 'Aquatic Insect Diversity And Biomass In Strip Mine Drainage', 11, pp. 16–21.
- Ertorun, N. (2001) *Karasu Çayı (Sinop)'nın Ephemeroptera (Insecta) Limnofaunası*, Anadolu Üniversitesi.
- Ertorun, N. and Tanatmış, M. (2004) 'KARASU ÇAYI (Sinop)'nın Ephemeroptera (Insecta) Limnofaunası', *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(1), pp. 107–114.
- Gerhardt, A., Bloor, M. and Mills, C. L. (2011) 'Gammarus: Important taxon in

- freshwater and marine changing environments', *International Journal of Zoology*, 2011, pp. 2–4. doi: 10.1155/2011/524276.
- Gerland, P. et al. (2014) 'Reports World population stabilization unlikely this century', (September), pp. 1–5. doi: 10.1038/42935.
- Graça, M. A. S. et al. (2002) 'In situ tests for water quality assessment : a case study in Pampean rivers', 36, pp. 4033–4040.
- Hickey, C. W. and Clements, W. H. (1998) 'Effects of heavy metals on benthic macroinvertebrate communities in New Zealand streams', *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17(11), pp. 2338–2346. doi: 10.1897/1551-5028(1998)017<2338:EOHMOB>2.3.CO;2.
- Hou, Z., Fu, J. and Li, S. (2007) 'A molecular phylogeny of the genus Gammarus (Crustacea: Amphipoda) based on mitochondrial and nuclear gene sequences', 45, pp. 596–611. doi: 10.1016/j.ympev.2007.06.006.
- Hou, Z. and Sket, B. (2016) 'A review of Gammaridae (Crustacea: Amphipoda): The family extent, its evolutionary history, and taxonomic redefinition of genera', *Zoological Journal of the Linnean Society*, 176(2), pp. 323–348. doi: 10.1111/zoj.12318.
- Ioz, C. Z. et al. (1995) 'Are Biological Indices Bmpw ' and Aspt ' and Their Significance Regarding Water Quality Seasonally Dependent? Factors Explaining Their Variations', 29(I).
- İpek, M. (2009) *Eskişehir ve Yakın Çevresi Tatlısu Gammaridea (Crustacea-Amphipoda) Faunası Üzerine Araştırmalar*, Osmangazi Üniversitesi.
- Jandry, J. et al. (2014) 'Ephemeroptera communities as bioindicators of the suitability of headwater streams for restocking with white-clawed crayfish , *Austropotamobius pallipes*', *Ecological Indicators*. Elsevier Ltd, 46, pp. 560–565. doi: 10.1016/j.ecolind.2014.07.005.
- Joutsijoki, H. et al. (2014) 'Evaluating the performance of artificial neural networks for the classification of freshwater benthic macroinvertebrates', *Ecological Informatics*, 20, pp. 1–12. doi: 10.1016/j.ecoinf.2014.01.004.
- Kaczyńska, G., Borowik, A. and Wyszowska, J. (2015) 'Soil Dehydrogenases as an Indicator of Contamination of the Environment with Petroleum Products', *Water, Air, and Soil Pollution*, 226(11). doi: 10.1007/s11270-015-2642-9.
- Kaesler, R. L., Cairns, J. and Crossman, J. S. (1974) 'Redundancy in data from stream

- surveys', *Water Research*, 8(9), pp. 637–642. doi: 10.1016/0043-1354(74)90122-5.
- Kayna, M., Methods, S. and Genel, V. E. (2012) 'Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)'.
- Kırkagaç, M. U., Pulatsü, S. and Köksal, G. (2004) 'Effects of land-based trout farms on the benthic macroinvertebrate community in a Turkish brook', *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 56(1), pp. 59–67. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.05.137.
- Kırkagaç Mine ve Köksal, G. (2009) 'Akarsularda Bentik Makroomurgasızların Su Kirliliğine Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi: Biyotik ve Çeşitlilik İndekslerin Kullanımı', 65, pp. 203–234. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Klose, S. and Tabatabai, M. A. (1999) 'Urease activity of microbial biomass in soils', 31, pp. 205–211.
- Lemly, A. D. (2000) 'Using bacterial growth on insects to assess nutrient impacts in streams', pp. 431–446.
- Lemly, A. D. and King, and R. S. (2000) 'An Insect-Bacteria Bioindicator For Assessing Detrimental Nutrient Enrichment In Wetlands', *The Society of Wetland Scientist*, 20(1), pp. 91–100.
- Logan, P. and Brooker, M. P. (1983) 'The macroinvertebrate faunas of riffles and pools', *Water Research*, 17(3), pp. 263–270. doi: 10.1016/0043-1354(83)90179-3.
- Mahapatra, S. S., Nanda, S. K. and Panigrahy, B. K. (2011) 'A Cascaded Fuzzy Inference System for Indian river water quality prediction', *Advances in Engineering Software*. Elsevier Ltd, 42(10), pp. 787–796. doi: 10.1016/j.advengsoft.2011.05.018.
- Makoi, J. H. J. R. and Ndakidemi, P. A. (2008) 'Selected soil enzymes : Examples of their potential roles in the ecosystem', *Journal of Biotechnology*, 7(3), pp. 181–191. doi: 10.5897/AJB07.590.
- Mandaville, S. M. (2001) 'Taxa Tolerance Values – Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters', (902).
- Mayor, D. J. and Solan, M. (2011) 'Complex interactions mediate the effects of fish farming on benthic chemistry within a region of Scotland', *Environmental Research*. Elsevier, 111(5), pp. 635–642. doi: 10.1016/j.envres.2011.03.013.
- Moeskops, B. et al. (2010) 'Soil microbial communities and activities under intensive organic and conventional vegetable farming in West Java, Indonesia', *Applied Soil*

- Ecology*. Elsevier B.V., 45(2), pp. 112–120. doi: 10.1016/j.apsoil.2010.03.005.
- Monferrán, M. V. et al. (2011) ‘Integrated survey of water pollution in the Suquia River basin (Córdoba, Argentina)’, *Journal of Environmental Monitoring*, 13(2), pp. 398–409. doi: 10.1039/c0em00545b.
- Naylor, C., Pindar, L. and Calow, P. (1990) ‘Inter- and intraspecific variation in sensitivity to toxins; the effects of acidity and zinc on the freshwater crustaceans *Asellus Aquaticus* (L.) and *Gammarus pulex* (L.)’, *Water Research*, 24(6), pp. 757–762. doi: 10.1016/0043-1354(90)90032-2.
- Ni, L. et al. (2016) ‘Correlation Among Soil Enzyme Activities, Root Enzyme Activities, and Contaminant Removal in Two-Stage In Situ Constructed Wetlands Purifying Domestic Wastewater’, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer US, 97(1), pp. 131–137. doi: 10.1007/s00128-016-1844-1.
- Oki, T. and Kanae, S. (2006) ‘Global hydrological cycles and world water resources’, *Science*, 313(5790), pp. 1068–1072. doi: 10.1126/science.1128845.
- Oon, Y. L. et al. (2015) ‘Hybrid system up-flow constructed wetland integrated with microbial fuel cell for simultaneous wastewater treatment and electricity generation’, *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd, 186, pp. 270–275. doi: 10.1016/j.biortech.2015.03.014.
- Özbek, M., Öztürk, H. H. and Özkan, N. (2015) ‘Gammaridae (Amphipoda) fauna of the inland-waters of Marmara and Paşalimanı islands and Kapıdağ Peninsula’, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 32(4), pp. 213–216. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.4.07.
- Pichtel, J. and Hayes, J. (1990) ‘Influence of Fly Ash on Soil Microbial Activity and Populations’, *Journal of Environmental Quality*, 597(Table 1), pp. 593–597. doi: 10.1166/jnn.20.
- Rawlins, B. G. et al. (1998) ‘Review of agricultural pollution in the Caribbean with particular emphasis on small island developing states’, *Marine Pollution Bulletin*, 36(9), pp. 658–668. doi: 10.1016/S0025-326X(98)00054-X.
- Sánchez, E. et al. (2007) ‘Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution’, *Ecological Indicators*, 7(2), pp. 315–328. doi: 10.1016/j.ecolind.2006.02.005.
- Saxena, S. and Gangal, S. (2010) ‘Assessment of drinking water of different localities in Brij region : A physico-chemical study’, 2(4), pp. 157–164.

- Saz, Ç. (2017) *Ekolojik yakıt hücresi entegre yapay sulak alan sistemlerinde bitkilerin biyoelektrik üretme ve atık su arıtma performanslarına etkisinin araştırılması*. Anadolu Üniversitesi.
- Siddaramappa, R. et al. (1994) 'Evaluation of coal combustion byproducts as soil liming materials: their influence on soil pH and enzyme activities', *Biology and Fertility of Soils*, 17(3), pp. 167–172. doi: 10.1007/BF00336317.
- Sunil K. Pancholy and Elroy L. Rice 'Soil Enzymes in Relation to Old Field Succession: Amylase, Cellulase, Invertase, Dehydrogenase, and Urease' (1972).
- Soldner, M. et al. (2004) 'Relationship between macroinvertebrate fauna and environmental variables in small streams of the Dominican Republic', *Water Research*, 38(4), pp. 863–874. doi: 10.1016/S0043-1354(03)00406-8.
- Sugiura, K. et al. (2018) 'Assessment of the flagellar redox potential in *Chlamydomonas reinhardtii* using a redox-sensitive fluorescent protein, Oba-Qc', *Biochemical and Biophysical Research Communications*. Elsevier Ltd, 503(3), pp. 2083–2088. doi: 10.1016/j.bbrc.2018.07.163.
- Suhaila, A. H. and Che Salmah, M. R. (2017) 'Application of aquatic insects (Ephemeroptera, plecoptera and trichoptera) in water quality assessment of Malaysian headwater', *Tropical Life Sciences Research*, 28(2), pp. 143–162. doi: 10.21315/tlsr2017.28.2.11.
- Ternjej, I. et al. (2014) 'The impact of gypsum mine water: A case study on morphology and DNA integrity in the freshwater invertebrate, *Gammarus balcanicus*', *Environmental Pollution*, 189, pp. 229–238. doi: 10.1016/j.envpol.2014.03.009.
- Topal, M. and Arslan Topal, E. I. (2015) '2014-2015 Kış Sezonunda Caro Deresi (Elazığ)'nin Bazı Fizikokimyasal Parametreler Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi', *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1), pp. 43–53.
- Türker, O. C. et al. (2016) 'Evaluation of an innovative approach based on prototype engineered wetland to control and manage boron (B) mine effluent pollution', *Environmental Science and Pollution Research*, 23(19), pp. 19302–19316. doi: 10.1007/s11356-016-7122-2.
- Vymazal, J. (2007) 'Removal of nutrients in various types of constructed wetlands', *Science of the Total Environment*, 380(1–3), pp. 48–65. doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.09.014.
- Walker, D. et al. (2015) 'Multi-criterion water quality analysis of the Danube River in

- Serbia: A visualisation approach', *Water Research*, 79(1983), pp. 158–172. doi: 10.1016/j.watres.2015.03.020.
- Washington, H. G. (1984) 'Diversity , Biotic and Similarity Indices To', *Water*, 18(6), pp. 653–694. doi: 10.1016/0043-1354(84)90164-7.
- Williams, H. C., Ormerod, S. J. and Bruford, M. W. (2006) 'Molecular systematics and phylogeography of the cryptic species complex *Baetis rhodani* (Ephemeroptera, Baetidae)', *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 40(2), pp. 370–382. doi: 10.1016/j.ympev.2006.03.004.
- Yeston, J. et al. (2006) 'A thirsty world', *Science*, 313(5790), p. 1067. doi: 10.1126/science.313.5790.1067.
- Zhang, C. B. et al. (2010) 'Effects of plant diversity on nutrient retention and enzyme activities in a full-scale constructed wetland', *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd, 101(6), pp. 1686–1692. doi: 10.1016/j.biortech.2009.10.001.
- <http://www.bilecik.gov.tr>
- <http://www.cografya.gen.tr>