



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



[Yüksek Lisans Tezi]

**[AKARSU MAKROBENTİK OMURGASIZLARININ KURAKLIĞA
KARŞI DAYANIKLILIĞININ ARAŞTIRILMASI]**

[Ahmet Arıhan ERÖZDEN]

[Biyoloji Anabilim Dalı]

[Zooloji Programı]

**DANIŞMAN
[Doç. Dr. Oya ÖZULUĞ]**

[Aralık, 2022]

İSTANBUL

Bu çalışma, 20.12.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı, Zooloji Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Oya ÖZULUĞ (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Mahmut ÇALIŞKAN
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Zeynel ARSLANGÜNDOĞDU
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, herhangi bir proje ile desteklenmemiştir.

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

--

ÖNSÖZ

[Hem lisans hem yüksek lisans öğrenimim boyunca sahip olduğu bilgi birikimi de dâhil olmak üzere hiçbir imkânı benden esirgemeyen, Zooloji alanına yönelik heyecanımı paylaşan ve maddi manevi sayısız konuda bana her zaman destek olan çok kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Oya Özuluğ'a,

Zooloji laboratuvarındaki süreçleri öğrenmemde yardımcı olan, öğrenim hayatım boyunca zorlandığım noktalarda benimle deneyimlerini paylaşan, arazi deneyimleri kazandırarak bu çalışmayı yürütecek yetkinliğe gelmemde çok emeği olan hocam Dr. Nilgün Kaya'ya,

Çalışma materyalim olan omurgasızların tayini ve fotoğraflanması için gerekli ekipmanın kullanımını bana öğreten ve kullanmama seve seve izin veren kıymetli hocam Prof. Dr. Müfit Özuluğ'a,

Bu tezin bir esas bileşeni olan arazi çalışmalarımda beni hiç yalnız bırakmayan canım kardeşim Ayşegül Erözden ve çok değerli Ceyda Yazıcı'ya,

Tez sürecim boyunca gösterdikleri anlayıştan dolayı İstanbul Üniversitesi Biyoloji Bölümü Biyoteknoloji Anabilim Dalındaki değerli hocalarım ve çalışma arkadaşlarıma,

Tez sürecim boyunca iş yükümü paylaşan Arş. Gör. Harun İnci de dâhil olmak üzere hayalimi kovalamamda bana itici güç olan tüm lisans arkadaşlarıma,

Lisansüstü eğitime ve bir bilim insanı olmaya giden yolda bana ilham veren ve yol gösteren saygıdeğer hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Fatih Dikmen ve Dr. Almıla Çiftçi'ye,

Tüm hayatım boyunca seçtiğim yollarda bana güç olan, her zaman yanımda olan ve sahip olduğum için çok şanslı olduğum biricik ailem; annem Sibel Erözden'e, babam Aybars Erözden'e, kız kardeşime, anneanneme ve dedeme,

En samimi teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunuyorum. |

Aralık 2022

[Ahmet Arıhan ERÖZDEN]

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	6
2.1 MAKROBENTİK OMURGASIZLARIN EKOLOJİSİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR	6
2.2 MAKROBENTİK OMURGASIZLARIN SUSUZLUK TOLERANSLARINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR	7
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	10
3.1 ARAZİ ÇALIŞMASI	10
3.2 SUSUZLUK DENEYİ SÜRECİ.....	11
3.3 TÜRLERİN TEŞHİSİ	13
3.4 SEDİMAN KURUTMA DENEYİ	13
4. BULGULAR.....	15
4.1 ARAZİ ÇALIŞMALARINDA ÖLÇÜLEN FİZİKO-KİMYASAL DEĞERLER	15
4.2 MAKROBENTİK OMURGASIZ TAKSONLARI, ARAZİ BÖLGESİNE GÖRE DAĞILIMLARI VE ÖLÜM SÜRELERİ	15
4.2.1 Tayini Yapılan Makrobentik Omurgasız Grupları	15
4.2.2 Makrobentik Omurgasızların Arazi Bölgelerine Göre Dağılımları Ve Ölüm Süreleri.....	19
4.3 SEDİMAN KURUTMA DENEYİ SONUÇLARI.....	26
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	28
5.1 MAKROBENTİK OMURGASIZLARA AİT ÖLÜM SÜRELERİNİN OLASI NEDENLERİNİN TARTIŞILMASI.....	29
5.2 MAKROBENTİK OMURGASIZ GRUPLARININ ÖLÜM SAATİ ARALIKLARININ KIYASLANMASI VE OLASI ÇEVRESEL ETKİLERİN YORUMLANMASI.....	36

5.2.1 Birinci saat.....	36
5.2.2 İkinci saat.....	38
5.2.3 Üçüncü ve dördüncü saatler	38
5.2.4 Beşinci, altıncı ve yedinci saatler	39
5.2.5 Dokuzuncu ve onuncu saatler.....	41
5.2.6 On birinci saat.....	42
5.2.7 On ikinci saat.....	42
5.2.8 On beşinci saat.....	43
5.2.9 On altıncı saat	44
5.2.10 Yirminci ve yirmi altıncı saatler.....	45
5.2.11 Otuz dördüncü saat	45
5.2.12 Kırk sekizinci saat	46
5.2.13 Altmışıncı ve yüz altmış sekizinci saatler	47
5.2.14 Olası çevresel etkilerin özeti ve makrobentik omurgasız komünitesinin iyileştirilmesine yönelik notlar	48
5.3 SONUÇ	51
KAYNAKLAR.....	52
EKLER	61
EK-1: TAYİN EDİLEN MAKROBENTİK OMURGASIZLARA AİT FOTOĞRAFLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	70

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1: Kurutma deneyi için seçilen bölge, kenar bölge ve orta bölgenin birinci istasyon olan Karasu Deresi fotoğrafı üzerinde yerleşimi.....	11
Şekil 3.2: Dereden alınan örneğin elekten geçirilmesi.	12
Şekil 3.3: Susuzluk deneyi süreci.	12
Şekil 4.1: Familyalara ait birey sayıları.	18
Şekil 4.2: Makrobentik omurgasız familyalarının istasyonlar arasındaki birey sayısı değişimi.	18
Şekil 4.3: Çalışmamızda elde edilen ve deneyde kullanılan ordolara ait familyalar ve ortalama ölüm süreleri.	19
Şekil 4.4: Çalışmamızda elde edilen familyaların derenin orta ve kenar bölgesinde bulunan bireylerine ait ortalama ölüm sürelerinin karşılaştırması.	20
Şekil 4.5: Gammaridae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.	21
Şekil 4.6: Caenidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.	21
Şekil 4.7: Gomphidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.	22
Şekil 4.8: Platycnemidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.	23
Şekil 4.9: Lymnaeidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.	24
Şekil 4.10: Tüm familyalardan elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.	25
Şekil 4.11: Susuzluk deneylerinde yaygın görülen örneklerin (aynı familya içinde n>9) kontrol saatlerinde gözlenen ölüm oranlarının karşılaştırılması.	26

Şekil 5.1: Susuzluk deneyleri süresince her bir ölüm saatinde her omurgasız grubundan kaç adet bireyin öldüğünü gösteren ısı haritası.	36
Şekil EK-1.1: <i>Gammarus</i> sp.	61
Şekil EK-1.2: <i>Caenis rivulorum</i>	61
Şekil EK-1.3: <i>Gomphus vulgatissimus</i> (a)	62
Şekil EK-1.4: <i>Gomphus vulgatissimus</i> (b)	62
Şekil EK-1.5: <i>Onychogomphus forcipatus</i>	63
Şekil EK-1.6: <i>Calopteryx virgo</i>	63
Şekil EK-1.7: <i>Platycnemis pennipes</i>	64
Şekil EK-1.8: <i>Tabanus</i> sp.	64
Şekil EK-1.9: Chironomidae	65
Şekil EK-1.10: <i>Coprosychoda</i> sp.	65
Şekil EK-1.11: <i>Tipula</i> sp.	66
Şekil EK-1.12: Micronectinae	66
Şekil EK-1.13: Pleidae	67
Şekil EK-1.14: <i>Platambus</i> sp.	67
Şekil EK-1.15: <i>Helophorus</i> sp.	68
Şekil EK-1.16: Limnephilidae	68
Şekil EK-1.17: Oligochaeta	69
Şekil EK-1.18: Lymnaeidae	69

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1: Örneklem yapılan noktaların koordinatları.	10
Tablo 3.2: Sediman Kurutma deneyi için örnekleme tarihleri, deneyin başlama ve sonucun alınma tarihleri.	14
Tablo 4.1: Makrobentik omurgasız örneklemesinde istasyonlara ait bazı fiziksel ve kimyasal değerler.....	15
Tablo 4.2: Makrobentik omurgasızların tayin edilen taksonları, orta ve kenar bölgelerdeki toplam birey sayıları, ÖS ortalamaları, orta ve kenar bölgelerdeki en yüksek ve en düşük ÖS ve toplandıkları arazilerin numaraları	16
Tablo 4.2 (devam): Makrobentik omurgasızların tayin edilen taksonları, orta ve kenar bölgelerdeki toplam birey sayıları, ÖS ortalamaları, orta ve kenar bölgelerdeki en yüksek ve en düşük ÖS ve toplandıkları arazilerin numaraları.	17
Tablo 4.3: Sediman Kurutma deneyinde su eklenen sedimanda görülen canlı grupları ve görülme süreleri.	27

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
°C	: Derece Santigrad
ppm	: Parts-per-million
Ω	: Ohm
mg/L	: Miligram / Litre
μS	: Mikrosiemens

Kisaltmalar	Açıklama
HES	: Hidroelektrik Santral
ÖS	: Ölüm Süresi
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
HS	: Hava Sıcaklığı
SS	: Su Sıcaklığı
T	: Tuzluluk (NaCl)
D	: Direnç
İ	: İletkenlik

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKARSU MAKROBENTİK OMURGASIZLARININ KURAKLIĞA KARŞI DAYANIKLILIĞININ ARAŞTIRILMASI

Ahmet Arıhan ERÖZDEN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Oya ÖZULUĞ

Küresel iklim değişimi ve insan etkileri Dünya üzerindeki hemen her ekosistem üzerinde çeşitli etkilere neden olmaktadır. Bu ortamlardan biri de tatlısu ekosistemlerinden olan akarsulardır. Akarsular iklim değişimi ve antropojenik etkiler nedeniyle her geçen gün kuruma riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Akarsuların kuruması durumunda, buralarda yaşayan makrobentik omurgasızların etkileneceği kuşkusuzdur. Ancak makrobentik omurgasızlar arasında hangi grupların kurumadan ne kadar etkileneceği, hangilerinin susuz ortamda ne kadar hayatta kalabileceği konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bu bilgileri elde etmek amacıyla bu tez çalışmasında Karasu (İstanbul) ve Davul (Kocaeli) derelerinden elde edilen çeşitli makrobentik omurgasızların susuz ortamda hayatta kalma sürelerini, yani susuzluğa olan dayanıklılıklarını belirlemek amaçlanmıştır. Bu doğrultuda 2021 ve 2022 yıllarında arazi çalışmaları yapılmış ve istasyonlara ait bazı fiziko-kimyasal veriler de kaydedilmiştir. Arazi çalışmaları sonucunda 9 ordo (Amphipoda, Ephemeroptera, Odonata, Diptera, Hemiptera, Coleoptera, Trichoptera, Oligochaeta ve Gastropoda) ve bu ordolara ait 15 familya (Gammaridae, Caenidae, Gomphidae, Libellulidae, Calopterygidae, Platycnemidae, Tabanidae, Chironomidae, Psychodidae, Tipulidae, Corixidae, Pleidae, Dytiscidae, Limnephilidae ve Lymnaeidae) ve 12 tür (*Gammarus* sp., *Caenis rivulorum* Eaton, 1884, *Gomphus vulgatissimus* Linnaeus, 1758, *Onychogomphus forcipatus* Linnaeus, 1758, *Orthetrum coerulescens* Fabricius, 1798, *Calopteryx virgo* Linnaeus, 1758, *Platycnemis pennipes* Pallas, 1771, *Tabanus* sp., *Copropsychoda* sp., *Tipula* sp., *Platambus* sp. ve *Helophorus* sp.) bulunmuştur. Bu familyalar ve türler hem Karasu hem de Davul Dere için yeni kayıt niteliğindedir. Susuzluk deneyleri toplam 270 birey üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerin sonucunda Chironomidae familyasına ait elde edilen tüm bireyler susuz ortamda sadece bir saat hayatta kalabilirken, en uzun süre (168 saat) hayatta kalan omurgasız *Gomphus vulgatissimus* türüne ait bir birey olmuştur. Tamamen susuz bir

ortamda ilk altı saat içinde deneyde kullanılan bireylerin %50'sinin öldüğü görülmüştür. Bu çalışma, kuraklık ya da insan etkileri sonucu su içeriğini kaybeden derelerde yaşayan makrobentik omurgasızlar üzerine oluşabilecek etkilerin boyutları hakkında yapılan ilk çalışmadır ve aynı zamanda ülkemizde farklı makrobentik omurgasız gruplarının susuzluğa karşı toleranslarını zamansal değerler ile ilk kez ortaya koymaktadır. |

Aralık 2022, |84| sayfa.

Anahtar kelimeler: |Makrobentik omurgasız, Susuzluk toleransı, Kuraklık, İklim değişimi,|



SUMMARY

[M.Sc. THESIS]

[A RESEARCH ON DESSICATION RESISTANCE IN STREAM MACROBENTHIC INVERTEBRATES]

[Ahmet Arihan ERÖZDEN]

Istanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

[Department of Biology]

Supervisor : [Assoc. Prof. Dr.] [Oya ÖZULUĞ]

[Global climate change and human activities cause a variety of impacts on almost every ecosystem on Earth. One such environment is the streams, one of the freshwater ecosystems. Streams face the risk of drying up with each passing day due to climate change and anthropogenic effects. There is no doubt that macrobenthic invertebrates living in these areas will be affected in the case of rivers drying up. However, there is not enough information about which groups among macrobenthic invertebrates will be affected by the drying and how long they can survive in a desiccated environment. In search of this information, this thesis study was carried out with the goal to determine the survival times of various macrobenthic invertebrates obtained from Karasu (Istanbul) and Davul (Kocaeli) streams in a dry environment, in other words, their tolerance to desiccation. For this, field studies were carried out in the years 2021 and 2022 and some physico-chemical data of the stations were recorded. As a result of the field studies, 9 orders (Amphipoda, Ephemeroptera, Odonata, Diptera, Hemiptera, Coleoptera, Trichoptera, Oligochaeta and Gastropoda) and 15 families (Gammaridae, Caenidae, Gomphidae, Libellulidae, Calopterygidae, Platycnemidae, Tabanidae, Chironomidae, Psychodidae, Tipulidae, Corixidae, Pleidae, Dytiscidae, Limnephilidae and Lymnaeidae) and 12 species (*Gammarus* sp., *Caenis rivulorum* Eaton, 1884, *Gomphus vulgatissimus* Linnaeus, 1758, *Onychogomphus forcipatus* Linnaeus, 1758, *Orthetrum coerulescens* Fabricius, 1798, *Calopteryx virgo* Linnaeus, 1758, *Platycnemis pennipes* Pallas, 1771, *Tabanus* sp., *Copropsychoda* sp., *Tipula* sp., *Platambus* sp. and *Helophorus* sp.) were found. These families and species are new records for both Karasu and Davul streams. Desiccation experiments were carried out on 270 total individuals. Results of these experiments demonstrated that, all the individuals belonging to the Chironomidae family could survive for

only one hour in the desiccated environment, while the invertebrate that survived the longest (168 hours) was an individual belonging to the *Gomphus vulgatissimus* species. It was observed that 50% of the individuals used in the experiment died within the first six hours in a completely desiccated environment. This is the first study on the extent of the impacts that may occur on macrobenthic invertebrates living in streams due to the loss of their water content as a result of drought or human effects. It also reveals the desiccation tolerance of different macrobenthic invertebrate groups in Turkey with temporal values for the first time. |

December 2022, |84| pages.

Keywords: | Macrobenthic invertebrates, desiccation tolerance, drought, climate change. |



1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, son 200 yıl içinde insan aktivitesinin ortaya çıkardığı ve küresel ölçüde önemi gittikçe artmakta olan bir iklim olayıdır. İklim değişikliği, sıcaklık ve hava durumunun öngörülebilir davranışlarındaki uzun vadeli değişiklikler olarak tanımlanır. Doğal koşullarda bu değişimler, güneşin kendi varoluşsal süreçleri içerisinde görülen değişiklikler sebebiyle olabilmektedir. Ancak 1800’lü yıllardan bu yana, petrol, gaz ve kömür gibi fosil yakıtların kullanılması nedeniyle iklim değişikliğinin birincil sebebi insan faaliyetleri olmuştur (Anonim, <https://www.un.org/en/climatechange>). Fosil yakıtların yakılması sera gazı adı verilen gazların ortaya çıkmasına neden olur. Sera gazları, Dünya’yı saran, güneşten gelen ısıyı ve zeminden yükselen sıcaklıkları içinde hapseden bir battaniye gibi davranmaktadır.

Küresel ısınma ve bununla bağlantılı diğer ekolojik değişimler, hidrolojik döngü üzerinde kuvvetli etkilere neden olmakta, şiddetli seller veya kuraklıklar gibi iklim olaylarını tetiklemektedir. Bu iklim olaylarından etkilenen su kütlelerinden biri de akarsulardır. Malmqvist ve Rundle, 2002 tarihli makalelerinde akarsuların bu konudaki önemini şu şekilde özetlemiştir: “Akarsular hem insan yerleşiminin odak noktası olduğu için, hem de içme suyu eldesi, sulama, elektrik üretimi ve atık bertarafı için yoğun şekilde kullanıldığı için gezegenimizde belki de en çok etkilenen ekosistemdir”. Akarsu rejimlerini etkileyen faktörler arasında küresel iklim değişimi dışında insan aktiviteleri de bulunmaktadır (Xuchun, 2013). Yakın zamanda Etiyopya’da yapılmış bir çalışmada, akarsu rejimlerinde değişime sebep olan etkenlerin %46.7’sinin iklim değişimi kaynaklı, %53.3’ünün ise doğrudan antropojenik etkenler olduğu ortaya konmuştur. Antropojenik etkenler arasında akarsudan su çıkarma, bölgedeki arazinin farklı amaçlar için kullanılması, barajlar yapılması veya ortama su karışımının engellenmesi gibi olaylar bulunmaktadır (Gadissa, 2019). Bunlara ek olarak, şehircilik, madencilik, endüstriyel aktiviteler ve tarım aktiviteleri akarsu ile zeminin altındaki hiporheik bölge arasındaki bağlantıları bozmakta ve aralıklarda yaşayan omurgasızları olumsuz etkilemektedir (Hancock, 2002).

Hidroelektrik santraller, akarsuları olumsuz etkileyen antropojenik etkenlerden biridir. 2014 yılında yayınlanan bir çalışmada Türkiye’de tatlı su havzalarında toplam 1776 projeden bahsetmiştir. Bu projelerden 281’i (%15,82) işletmede, 557’si (%31,36) yapım aşamasında ve

938'i (%52,82) geliştirme aşamasında olarak kayda geçmiştir. Aynı yayında elektrik ihtiyacının gittikçe arttığından bahsedilmektedir. Bu santrallerin yapımın ise hayvanların sudaki hareketlerinin ve sedimanın sudaki doğal yayılımının bozulması gibi olumsuz etkenlere sebep olmaktadır. 2011 yılında yayınlanmış bir çalışmada ise hidroelektrik santrallerin çevreye olan zararlı etkileri analiz edilmiştir. Bu yayına göre en zararlı unsur habitat bozulması olup bunu hayvan göçleri, rehabilitasyon ve restorasyon, atıklar, yasadışı avlanma ve yüksek gerilim hatları gibi diğer etkenler izlemektedir. Ek olarak, bu tesislerden bazıları koruma altındaki alanlar veya ekoturizm alanlarındadır (Başkaya ve diğ., 2011; Koç, 2014).

2090 yılında Dünya üzerindeki aşırı kurak bölgelerin on katı artacağı ve bunun da bağlantılı çayırarda daha kısa hidroperiyotlara neden olacağı öngörülmektedir. Küresel kuraklık sorunu, hem akarsuları sürekli rejimden süreksiz rejime çevirebilmekte hem de hâlihazırda süreksiz olan suların hidroperiyodunu azaltabilmektedir. Bu ve benzeri şiddetli iklimsel olaylar akarsu faunaları ve ekosistem süreçlerini geri dönülmesi çok zor koşullara maruz bırakacaktır (Davies, 2010). Bu örnekteki gibi, ortamların değişim süreçleri birbirleriyle hem doğrudan hem de dolaylı olarak bağlantılıdır ve birinde yapılacak bir değişimin diğer parametrelerde de değişimlere sebep olması söz konusudur (Strachan, 2014).

Çevre koşullarında oluşan biyoçeşitlilikteki azalmalar gibi ekosistem içi değişimleri incelemek için biyoizlem (biomonitoring) çalışmaları geliştirilmiştir (Bondaruk ve diğ. 2015). Biyoizlem çalışmaları, biyolojik komüniteleri kullanarak sucul ekosistemlerdeki biyolojik ve kimyasal değişimleri izlemek için fiziko-kimyasal yöntemlerden daha kapsamlı ve daha etkili sonuç veren yöntemlerdir (Barbour ve diğ. 2000; Elias ve diğ. 2014). Bu çalışmalar için çeşitli sucul organizmalar tercih edilmektedir. Ancak bunların içinde makrobentik omurgasızlar elde edilmelerinin kolaylığı ve bölgesel çalışma imkânı sağlamaları sebebiyle sıklıkla tercih edilmektedir (Yeon Jae Bae ve diğ. 2005; Mezgebu 2022).

Tatlısu ortamlarının yaygın biyolojik varlıkları olan makrobentik omurgasızlar: 0,2 – 0,5 mm uzunluğundan daha büyük olan, sucul ortamların zeminlerinde yaşayan omurgasız hayvanlardır (Qazi ve Ashok 2012). Makrobentik omurgasızlar olarak nitelendirilen canlıların tür çeşitliliğinin %95'ini sucul böcekleri de içeren tatlı su eklembacaklıları oluşturmaktadır (Yeon, 2005). *Gammarus* sp. (Amphipoda, Gammaridae) gibi yaşam döngüsünün tamamını suda geçiren omurgasızlarla beraber *Caenis* sp. (Ephemeroptera, Caenidae) gibi yaşamının yalnızca belirli bir evresini suda geçiren omurgasızlar da makrobentik omurgasız olarak kabul

edilmektedir (Johnson, 1993). Fitoplankton ve zooplanktonun ardından makrobentik omurgasızlar, besin zincirinin üçüncü halkasını oluşturmaktadırlar. Bir ekosistemde oluşacak kirliliğin en büyük etkisi bentik canlılar üstünde görülmektedir (Kırkağaç, 2004). Bu doğrultuda, makrobentik omurgasızların yaşam alanlarında iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan çevresel değişimler ve bu değişimlerin neden olduğu stres koşulları bu canlılar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Abreu, 2013). Bu değişimlerin oluşturduğu stres koşullarından biri susuzluktur (Qazi ve Ashok, 2012).

Susuzluk, havadaki nem oranına eşit düzeye ($<0,1 \text{ g H}_2\text{O g}^{-1}$) gelene kadar kuruma; Susuzluk toleransı ise bu kurumanın ardından tekrar su kazanımında organizmanın normal fonksiyonlarını kazanması olarak tanımlanmaktadır (Rebecchi, 2007).

Susuzluğun sucul ekosistemler üstünde önemli ve karmaşık etkileri vardır. Kuraklığın sebep olduğu susuzluk, geçici su kütlelerinde böceklerin ölümünde önemli bir etkidir. Susuzluk, yüksek rakımlı bölgelerde su kütlesinin donması ile organizmanın erişebileceği suyun olmamasından kaynaklanabileceği gibi düşük rakımlarda suyun kuraklık sebebiyle yok olması sonucu susuzluk meydana gelir. Akdeniz ikliminin görüldüğü bölgelerde kuruma genellikle yıllık olarak ortaya çıkan bir süreçtir (Chessman, 2014).

Yaz mevsiminde çevrenin kurumasıyla beraber ortaya çıkan ortam değişimlerinin zamanlaması ve şiddeti, sulak dönemde üreyip ortamı tekrar kolonize edecek olan türlerin hangileri olduğunu belirleyici etkenlerdir. Bu ortam değişimleri sonucunda sucul hayvanlar yüksek düzeyde UV ışığa, sıcaklığa, tuzluluk, pH ve oksijen düzeylerinde büyük iniş-çıkışlara ve suyun hızlıca eksilmesine maruz kalmaktadır. Bu stres koşullarının hepsi sucul komüniteleri olumsuz etkilemektedir (Strachan, 2014).

Akarsular, doğal koşullarda hidrolojik varyasyon gösterebilirler. Süreksiz rejimdeki akarsular yılın belirli zamanlarında su içeriklerinin önemli bir kısmını kaybeder, hatta kimi şartlar altında tamamen kururlarken diğer zamanlarda önceki miktardan da fazla su kazanırlar. Bu durum, akarsu ortamlarının canlı kompozisyonunu etkileyen önemli bir faktördür (Stubbington, 2009). Evrim sürecinde geçici su ortamlarında yaşayan pek çok canlı, kurak dönemlerde hayatta kalma becerisi elde etmiştir. Omurgasızların kuraklığa direnci çeşitli karakterleriyle ilişkilendirilmektedir. Bunlar arasında düşük kalitedeki suya dayanıklılık, susuzluğa dayanıklı

yaşam evreleri, coğrafik yayılım becerileri veya suda geçirilen yaşam evrelerinin kısa süreli olması gibi özellikler verilebilir (Iversen ve diğ., 1978; Boulton, 2003; Griswold ve diğ., 2008)

Farklı sucul omurgasız grupları farklı direnç özellikleri veya direnç stratejileri geliştirmişlerdir (Lake, 2003). Mikro-krustaseler kurumaya dayanıklı yumurtalar üretir. Copepodlarda yumurta, juvenil ve ergin aşamaların hepsi bir dinlenme haline girip susuzluğa dayanıklılık gösterebilmektedir (Strachan, 2014).

Fizyolojik özelliklerin yanı sıra bazı gruplar davranışsal stratejilere sahiptir. Kimi omurgasız grupları hareket ederek su öbeklerinin oluşturduğu mikrohabitatlar bulmaya çalışırlar. Ephemeroptera ve Coleoptera erginleri gibi kanatlı böcekler ise uçarak yayılım gösterdikleri için susuzluk şartlarında uçarak başka bir su ortamı aramaları beklenebilir (Bunn, 1997; Strachan, 2014). Farklı gruplar bu tepkileri farklı düzeylerde susuzluk stresine maruz kaldıklarında ortaya koyabilirler (Strachan, 2014). Diğer yandan, kimi sucul taksonlar birkaç saat içinde su ortamı bulamazlarsa sedimanın kuruması sonucunda ölürlər (Robson, 2011). Bazı türler, azaltılmış hidroperiyotlarda coğrafik dağılımlarını değiştirmektedirler (Grimm, 1997). Örneğin, ortalama sıcaklıktaki 3 °C'lık bir artışın, Birleşik Krallık'taki yüksek akarsulardaki ortalama tür zenginliğinin %10-25'inde bir kayıpla sonuçlanacağı tahmin edilmektedir (Durance, 2007). Pek çok türün kurak zamanlarda hayatta kalmasını sağlayan özellikleri olmasına rağmen, su kaybı bu canlılar üzerinde en olumsuz etkiye sebep olan koşullardan biridir (Strachan, 2014).

Çevreye yayılmakta başarılı olmayan taksonların uzun kuraklık dönemlerine dayanması daha güçtür (Sim, 2013). Ancak diğer türler için bu durum, popülasyondaki özelliklerin yeni su rejimine ne derecede uyum sağlayabileceğine bağlıdır. Literatüre bakıldığında çok sayıda farklı türün kuraklık şartları altında hayatta kalmak için çok sayıda farklı stratejisi olduğu görülmektedir (Robson, 2011). Bu doğrultuda, türlerin hayatta kalma stratejileri ile içinde bulundukları sucul habitatlar arasındaki ilişkiler, bu habitatlar kurudukça söz konusu türlerin coğrafik dağılımı ve çeşitliliği üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Strachan, 2014). Ancak, bu yeteneklerin değişen şartlarda etkisinin devam edip etmediği ve uzun süreli kuraklık dönemlerinde ne kadar etkili olacakları hakkında bilgiler sınırlıdır. (Robson, 2011)

Akarsu makrobentik omurgasız komüniteleri, sahip oldukları dayanıklılık özellikleri sayesinde kısa kuraklık dönemleri veya mevsimsel kuraklıklar sonrasında öngörülebilir bir şablon

izleyerek kuraklık öncesi kompozisyonlarına ulaşabilmektedir (Lake, 2003). Ancak bu hızlı toparlanma, şiddetli veya uzun süren kuraklık dönemleri sonucunda gerçekleşmeyebilmektedir (Béche ve diğ. 2009; Bogan ve Lytle 2011).

Sucul organizmalar için su ortamının önemi birçok araştırmada yer almıştır. Ancak iklimsel değişiklikler nedeni ile gelişebilecek kuraklıkların yanı sıra artan nüfus ve enerji ihtiyacını karşılamak için derelerin sularından yararlanma çalışmaları (HES gibi), su ortamı üzerinde kısa veya uzun vadeli etkiler olmasına neden olmaktadır. Bu etkilerin makrobentik omurgasızlar üzerine etkilerini görebilmek için bu tez çalışması kapsamında makrobentik omurgasızların susuzluk stresine karşı dayanıklılıkları belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla çeşitli gruplara ait bireylerin susuzluk deneyleri sonucunda Ölüm Süreleri (ÖS) araştırılmış, bunlara ek olarak derelerde azalan su miktarı doğrultusunda makrobentik omurgasızların dere yatağında enine düzlemde (kenar yada orta bölüm gibi) dağılımları, bu bölgeleri tercih eden gruplar ve ÖS incelenmiştir. |

2. GENEL KISIMLAR

Uluslararası literatürde makrobentik omurgasızlarla ilgili çok sayıda çalışmaya ulaşmak mümkündür. Bu kısımda farklı çalışma konuları genel bir özet şeklinde verilecektir.

2.1 MAKROBENTİK OMURGASIZLARIN EKOLOJİSİNE YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Makrobentik omurgasızların tatlısulardaki ekolojisi kapsamına giren bilimsel araştırmalar incelendiğinde karşılaşılan yayınlar ise genellikle indikatör özelliklerden faydalanan biyoizlem çalışmaları olmaktadır. Manstrantuono, İtalya'daki Nemi Gölü'ndeki zoobentosun organik kirlilik ile olan ilgisini araştırmıştır (Mastrantuono, 1986). Chiba ve diğ., Brezilya'nın güneydoğu bölgesinde şehirle bağlantılı bir tatlısudaki metal kirliliğinin sonucu olarak makrobentik omurgasızlarda oluşan metal birikimi durumunu incelemiştir (Chiba, 2011). Rumbos ve Kungolos, Yunanistan'daki bir dağ deresinde su kalitesi kontrolü için makrobentik omurgasızlardan faydalanmıştır (Rumbos ve Kungolos, 2014). Benzer bir şekilde, Shi ve diğ. Çin'de nehir habitatının elverişliliğini ölçmek için makrobentik omurgasızları içeren multimetrik bir modelden faydalanmışlardır (Shi, 2016). Shoda ve diğ. tarafından yapılan bir çalışmada ise şelalelerle bağlantılı farklı boyutlardaki dağ derelerindeki makroomurgasız topluluklarını kıyaslayarak, su çekilmesinin bentik topluluklar üzerindeki biyolojik etkilerini değerlendirmiştir (Shoda, 2010).

Ayrıca literatürde makrobentik omurgasızların yayılımları ve çeşitliliğini etkileyen faktörleri inceleyen araştırmalar da mevcuttur. 2021 tarihli güncel bir çalışmada mevsimsel ve çevresel değişimlerin ve avcı olan balıkların etkileri incelenmiştir ve farklı omurgasız gruplarının farklı şekillerde yanıtlar oluşturduğu görülmüştür (Dalu ve diğ., 2021).

Makrobentik omurgasızlarla ilgili ülkemizde de çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak bunların çoğu bu canlıların biyo-indikatör özelliğinden faydalanan su kalitesi çalışmaları veya yayılımlarını ve çeşitliliklerini belirlemeye yönelik fauna çalışmalarıdır (Kazancı, 1998; Kazancı, 2000; Duran 2007; Çetinkaya, 2016; Dokumcu 2018; Atış 2020). Karasu Deresi üzerinde daha önce yapılmış bir çalışmada Ostracoda faunası incelenmiştir (Yaltalı, 2007). Bir başka çalışmada ise Karasu Deresi'nin döküldüğü Büyükçekmece Baraj Gölü'nün trofik düzeyini belirlemek için Rotifera faunası incelenmiştir (Dorak, 2019). Karasu Deresi'nin

makrobentik omurgasızları ve bunların özelliklerini incelemeye yönelik olarak yapılan tek çalışma “Balık mide içeriği ile makroomurgasız faunasının ilişkisi” yönünde yapılmış bir doktora tezidir (Çelik 2022). Ancak bu çalışmada makroomurgasızlar sadece Ordo düzeyinde bildirilmiştir ve balık mide içeriği ile karşılaştırılmıştır. Literatürde bulunan çalışmalarda Davul Dere, istilacı balık türlerin yayılım bölgesi olarak verilmiştir (Özuluğ ve diğ., 2013). Ayrıca Davul Dere’nin alg komünitesi ve su kalitesini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmıştır (Yüce, 2020) Karasu Deresi’ne benzer şekilde, literatürde Davul Dere’nin makrobentik omurgasızlarına yönelik bir çalışma ile karşılaşmamıştır.

2.2 MAKROBENTİK OMURGASIZLARIN SUSUZLUK TOLERANSLARINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Omurgasızların zorlu ortam koşullarına yönelik hayatta kalma özellikleri yüzyıllardır çalışılan bir konudur. Anostraca ve Notostraca taksonlarında, Nematodlarda ve diğer çeşitli hayvanların susuz ortamlar altındaki durumlarının incelenmesi 18. yüzyıla dayanmaktadır (Hall, 1992; Fryer, 1996; Hand, 2007).

Cooper ve diğ. tarafından 2009 yılında yayınlanan bir çalışmada, tatlısu omurgasızları arasındaki etkileşimlerin hidroperiyot arttıkça bu toplulukların tür çeşitliliği ve yoğunluğunu belirlemede daha önemli hale geldiği ortaya konmuştur. Aynı çalışmada belirtildiğine göre susuz dönem sonrasında bölgede görülen ilk canlılar, susuz dönem boyunca diyapozda beklemiş yumurtalardan veya pupalardan çıkan canlılardır. Ardından çevre su kütlelerinden döngüsel koloniyal yayılma gösteren canlılar olduğu kaydedilmiştir. Ortam şartlarının daha zor olduğu bu durumlarda makrobentik omurgasızların başlıca avcıları olan balıkların ortaya çıkmasının zor olduğu kaydedilmiş, genellikle yine sucul avcı böceklerin bu ortamlarda baş yirtıcı rolünü üstlenmekte oldukları söylenmiştir (Cooper ve diğ., 2009).

Pallares ve diğ. tarafından 2016 yılında yayınlanan bir çalışmada habitatları farklı olan sucul böceklerin susuzluk dirençleri arasında bir kıyaslama yapılmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre su kaybı oranı bireylerin başlangıçtaki vücut su oranı ile pozitif ilişkiliyken vücut kütlesi veya kutikula kalınlığı ile ilişkili değildir. Bu durum, su kaybının esas belirleyici faktörünün mevcut vücut su miktarı olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Pallares ve diğ., 2016).

Literatürde omurgasızların susuzluğa toleransını araştıran çalışmalar bulunsa da, bunu sağlayan özelliklerin tatlı su omurgasızlarının ani ve daha şiddetli kuraklık şartlarında gösterdikleri

kompozisyon değişimleri iyi bilinmemektedir. Sucul böcek topluluklarında ortaya çıkan bu değişimlerin sonraki aşamada yol açtığı ekolojik değişimleri ise tahmin etmek daha da zordur. Bu zorluğun temel nedeni, ekolojik sonuçların yorumlanması için insan etkisi gibi çevresel parametrelerin de söz konusu olmasıdır (Boulton ve Lake, 2008). Ani ve şiddetli kuraklık şartları altında omurgasızların nasıl etkileneceğine dair yapılacak inceleme çalışmaları hem gelecekteki susuzluk olaylarında hangi türlerin tehlikede olduğunun anlaşılması için katkıda bulunacaktır hem de hassas türlerin olumsuz şartlardan nasıl etkilendiğini ortaya koyarak düzenlemeler ve politikaların doğru yönlendirilmesini sağlayacaktır (Chessman, 2014).

Böyle bir araştırmayı yapmak için gerekli bilgiyi sağlayacak olan, susuzluğun makrobentik omurgasızları ne ölçüde etkilediğine ve bu canlıların susuzluk toleranslarını ölçmeye dair çalışmalar Dünya literatüründe mevcuttur (Stanley, 1994; Dolbeth ve diğ., 2011; Abreu, 2013; Sarremejane, 2019). Ancak bahsedilen bu çalışmalar genellikle mevsimsel olarak belirli lokasyonlardan örneklem yapılarak yürütölmüştür. Makrobentik omurgasızların susuzluk toleransının laboratuvar ortamında yakından izlenmesini içeren çalışmalar da literatürde bulunmaktadır. Céréghino ve diğ. (2020), çalıştıkları sucul ortamdaki bir Bromeliad bitki ve kumlu düz alan ile ilişkili canlılığı incelemiştir. Pernecker ve diğ. (2020), *Cordulegaster heros* (Odonata: Cordulegasteridae) türünün, zamanla kuruyan akarsu sedimanındaki davranışlarını ve hayatta kalma oranlarını ölçmüşlerdir.

Yakın bir çalışma olarak Stubbington ve diğ., doğal ortamdan susuz dönemde elde ettikleri sedimanlara su ekleyerek canlılığın omurgasızlar olup olmadığını kontrol etmişlerdir (Stubbington, 2009). Yine benzer başka bir çalışmada akarsuyun hemen dışındaki ıslak toprakta bir *Pantala flavescens* (Odonata: Libellulidae) nimfi bulunmuştur (Damme ve Dumont, 1999). Bu tez çalışmasında da bu örneklere benzer bir durumun görülüp görölmeyeceği test edilmiştir.

1996'da Williams, besin tercihinde özelleşmeyen (generalist) canlıların geçici su ortamlarında adaptasyonu kolaylaştırdığını savunmuştur. Ancak 2013 yılında Ledger ve diğ. tarafından ve 2014 yılında Chessman ve diğ. tarafından bu durumun geçersiz olduğu gösterilmiştir. Beslenme biçimin bu canlıların susuzluk toleransına bir etkisi bulunmadığı görölmektedir (Williams, 1996; Ledger ve diğ., 2013; Chessman, 2014).

Odonatlarda solunumla ilgili çeşitli çalışmalar da yürütölmüştür. 2018 tarihli bir çalışmada sucul formdan karasal forma geçişte hemolenf sıvısı içindeki CO₂ miktarının değişimi

incelenmiştir (Lee ve diğ., 2018). 2020 ve 2021 tarihli güncel çalışmalarda bu geçişi sağlayan mekanizmaları açıklamak üzere, nimflerin başkalaşma öncesinde ek olarak hava solunumu yapmasını sağlayan değişimleri incelenmiştir (Pennart, 2020; Lee, 2021).

Makrobentik omurgasızların susuzluk stresi altında verdiği tepkiler tolerans boyutu dışında da çalışılmıştır. Örneğin 2019 yılında yapılan bir çalışmada Tipulidae familyasına ait olan sucul larvaların susuzluk stresi altında trofik düzeyindeki fırsatçı değişimleri incelenmiştir (Amundrud ve diğ., 2019).

Kuraklığın belirli bir bölgedeki makroomurgasız kompozisyonu üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmalara örnek olarak California’da ve Arizona’da yapılmış bazı çalışmalar verilebilir (Béche ve diğ., 2009; Bogan ve Lytle, 2011). Strachan, susuzluk koşullarının bu canlılar üzerindeki etkilerini anlamanın, değişmekte olan iklimsel rejimlerin tatlı su omurgasızları üzerindeki etkilerini tahmin etme imkânını arttıracaklarını belirtmiştir (Strachan, 2014). Ancak ülkemizden kuraklık veya susuzluk etkilerinin makrobentik omurgasızlar üzerine etkilerini belirlemeye yönelik bir çalışma bulunamamıştır. |

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 ARAZİ ÇALIŞMASI

Bu tez çalışması kapsamında bazı makrobentik omurgasızların susuzluğa duyarlılığı ölçülmüş ve susuz kalma durumundaki ÖS verisi elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan örnekler, İstanbul ilinin Avrupa yakasında bulunan ve Büyükçekmece Baraj Gölü'ne dökülen Karasu Deresi'nden ve Kocaeli'nde bulunan Davul Dere'den, mevsimsel olarak düzenlenen arazilerde Ocak 2021, Nisan 2021, Ekim 2021, Kasım 2021 ve Nisan 2022 aylarında elde edilmiştir. Örneklem yapılan tarih, yer ve koordinat bilgileri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Örneklem yapılan noktaların koordinatları.

İstasyon no	Örneklem tarihi	Yer	Koordinat
1:1 1:2 1:3	8 Ocak 2021, 29 Nisan 2021, 5 Ekim 2021	İstanbul Büyükçekmece, Karasu Deresi	41°10'53.0"N 28°23'20.3"E
2	7 Kasım 2021	Kocaeli Davul Dere	40°54'25.8"N 30°2'21.3"E
3	24 Nisan 2022	İstanbul Büyükçekmece, Karasu Deresi	41°10'59.7"N 28°24'14.6"E

İstasyonda örneklem yapmak için Müller bezinden yapılmış bir el kepçesi kullanılmıştır. makrobentik omurgasızlar akarsuyun orta kısmındaki taşlı bölgeden ve su ile kara sınırında, vejetasyonun bulunduğu, suyun kenar bölgesinden alınmıştır. Suyun dışında kalan yarı kuru zeminden ise küçük bir el küreği aracılığı ile sadece zemin kumu alınarak kurumaya bırakılmak üzere kutularda muhafaza edilmiştir. Orta bölge, kenar bölge ve kurutma deneyi için seçilen yarı kuru bölge Şekil 3.1'de, İstasyon 1'in fotoğrafı üzerinde işaretlenerek gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Kurutma deneyi için seçilen bölge, kenar bölge ve orta bölgenin birinci istasyon olan Karasu Deresi fotoğrafı üzerinde yerleşimi.

El kepçesine toplanan dal, taş gibi istenmeyen materyaller mümkün olduğunca suya geri bırakılmış, kepçede kalan içerik doğrudan geniş, kapaklı, plastik kaplara alınmıştır. Bu kaplara, içindeki materyali kaplayacak kadar dere suyu doldurulmuştur ve deney ortamına ulaşana kadar canlılar bu kaplarda muhafaza edilmiştir.

Örneklerin alındığı her istasyonda suyun hava sıcaklığı, su sıcaklığı, pH, elektrik potansiyeli, tuzluluk (NaCl), direnç, çözülmüş oksijen ve iletkenlik değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Ölçümler için arazide Eutech (PCD650) Multiline ölçüm cihazı kullanılmıştır.

3.2 SUSUZLUK DENEYİ SÜRECİ

Araziden toplanan örnekler deneye alınana kadar arazide bulunduğu plastik kutuların (10 x 25 cm) içinde 2 gün ile 18 gün arasında bekletilmiştir. Örnekler deneye alınana kadar doğal ortamı taklit edilerek ortamın doğal sıcaklığında ve açık havada muhafaza edilmiştir. Doğal çamur ve su ortamlarında tutuldukları için ayrıca besleme yapılmamıştır.

Deneyin ilk aşamasında 0,5 mm göz açıklığına sahip elekler ile süzme işlemi yapılmış, elek üzerinde kalan omurgasız örnekleri tek tek kendi boyutlarına uygun tüplere alınarak süzülen ortam suyu tüplere eklenmiştir (Şekil 3.2). Tüplerin hava ile teması kesilmemiştir. Yaklaşık 6-7 saat sulu ortamda bekledikten sonra canlılık ibarelerinde bir değişiklik olmadığı görülen bireyler ile susuz stres deneyine başlanmıştır. Deneyler grupların boyut ve yapısal özellikleri ne göre çeşitli büyüklükteki tüplerde ya da açık olarak petrilerde yapılmıştır. Petride yürütülen deneylerde hareket kontrolü petri altında bulunan bir kâğıtta çizilmiş sınır çizgileri kontrol edilerek takip edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.2: Dereden alınan örneğin elekten geçirilmesi.



Şekil 3.3: Susuzluk deneyi süreci.

Deney esnasında susuzluk periyotları tüplerden suyun tamamen çekilmesi ve tüplerin kurulanması ile başlatılmıştır. Bu işlem her bir birey için ayrı ayrı tekrar edilmiştir.

Susuzluk periyotlarındaki omurgasızların belirli aralıklarla canlı olup olmadığı kontrol edilmiştir. Kontrollerde canlılık göstergesi olarak bireyin hareket edip etmemesi baz alınmıştır. Hareketi görmek için bir mikroskop veya büyüteç aracılığı ile bir süre birey incelenmiş, bu esnada pens ile uyarılar verilerek canlılık ibareleri kontrol edilmiştir. Bu müdahalelerin bir sonucu olarak hareket gözlemlendiği durumda omurgasız hala canlı olarak kabul edilmiş ve sonraki kontrol saatine kadar su eklemekten deneye devam edilmiştir.

Müdahaleler sonucunda hareket gözlenmediği takdirde, omurgasızın bulunduğu tüpe tekrar dere suyu eklenmiş ve gözlem altında tutulmuştur. Su ekledikten bir süre sonra hareket etmeye başlayan omurgasızlar bu şekilde not alınmış ve sonraki saat başında tekrar suları alınarak kurumaya bırakılmıştır. Deney süresince susuzluk ve kontrol periyotları, kontrollerde gözlenen sonuçlar Excel’de kaydedilmiştir.

3.3 TÜRLEİN TEŞHİSİ

Her bir omurgasızın öldüğünden emin olunduktan sonra deney bitirilmiştir. Ölen bireyler %70 alkol içinde, tüplerinde muhafaza edilmiştir.

Tüplerin içindeki örnekler, LEICA M205A Stereozoom mikroskop altında, Nilsson, 1996a ve Nilsson 1996b’den yararlanarak tayin edilmiştir (Nilsson, 1996a; Nilsson, 1996b). Tayin edilen makrobentik omurgasız grupları LEICA M205A Stereozoom mikroskop ile fotoğraflanmıştır (Ek-1). Bu taksonların birey sayıları ve her bir taksonun ortalama ölüm süresi Bulgular kısmında verilmiştir.

3.4 SEDİMAN KURUTMA DENEYİ

Suların yeniden yükseldiği dönemlerde derenin geçici olarak kuru kalmış olan bölgelerinde canlılığın nasıl yeniden başladığı ve ne kadarının yeniden hayata döndüğünü incelemek amacıyla kurutma deneyi yapılmıştır. Birinci istasyonda farklı zamanlarda yapılan arazi çalışmalarında, akarsu yatağında suyun geçici süreyle çekilmiş olduğu bölümünden kürek yardımı ile alınan nemli sediman 10 x 25 cm ebatlarında plastik kaplara alınmıştır. Hava alması için üzeri kâğıt havlu ile örtülmüş ve dış ortamda doğal iklim şartlarında tamamen kurumaya

bırakılmıştır. Kuruyan zemin kumu ince boyuttadır. 5-14 ay kuru kalan zemin kumu, bulundukları plastik kapların içinde 1:1 saf su ve dere suyuyla ıslatılmıştır. Bu aşamadan itibaren bu toprak her gün kontrol edilerek içinde bir canlılık olup olmadığı kaydedilmiştir. Deneyin örnekleme tarihleri, deney başlangıç ve sonuç tarihleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Sediman Kurutma deneyi için örnekleme tarihleri, deneyin başlama ve sonucun alınma tarihleri.

İstasyon No	Örnekleme Tarihi	Deney başlama tarihi	Kuru kalma süresi	İlk canlı görülme tarihleri
1:1	8.01.2021	8.03.2022	14 ay	29.03.2022
1:2	29.04.2021	8.03.2022	10 ay	24.03.2022
1:3	5.10.2021	8.03.2022	5 ay	29.03.2022

4. BULGULAR

Tez çalışması kapsamında yürütülen arazi çalışmaları, susuzluk deneyleri ve sediman kurutma deneyi sonucunda elde edilen veriler bu bölümde ayrı alt başlıklarda verilmiştir.

4.1 ARAZİ ÇALIŞMALARINDA ÖLÇÜLEN FİZİKO-KİMYASAL DEĞERLER

2021 yılının Ocak, Nisan, Ekim ve Kasım ayları ile 2022 yılının Ağustos ayında 5 farklı arazi yapılmıştır. Her bir arazide ölçüm sonucunda elde edilen sulara ait fiziko-kimyasal bulgular Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Makrobentik omurgasız örneklemesinde istasyonlara ait bazı fiziksel ve kimyasal değerler (H.S: Hava Sıcaklığı, S.S: Su Sıcaklığı, T: Tuzluluk (NaCl), D: Direnç, Ç.O.; Çözünmüş Oksijen, İ: İletkenlik).

Tarih / İstasyon No	H.S. (°C)	S.S. (°C)	Ph	T. (ppm)	D. (Ω)	Ç.O. (mg/L)	İ. (μS)
8.01.2021 / 1:1	10	11,6	8,03			4,84	1,082
29.04.2021 / 1:2	14	16,7	6,69	924,5	540,2		1,855
5.10.2021 / 1:3	22	17,3	6,69	804,5	630,8		1,579
7.11.2021 / 2	16	13.5	7.93	632.9	780.0	5.06	622.1
24.04.2022 / 3	14	21	6,61	693	724	0,1	1,382

4.2 MAKROBENTİK OMURGASIZ TAKSONLARI, ARAZİ BÖLGESİNE GÖRE DAĞILIMLARI VE ÖLÜM SÜRELERİ

Arazilerden elde edilen makrobentik omurgasızlar mümkün olan en düşük taksonomik düzeyde tayinleri yapılmış ve ÖS ölçümü için susuzluk deneylerine maruz bırakılmıştır.

4.2.1 Tayini Yapılan Makrobentik Omurgasız Grupları

Arazi çalışmaları sonucunda 9 ordoya ve 16 familyaya ait 18 sistematik grup tayin edilmiş olup toplamda 270 bireyin ölüm süreleri belirlenmiştir. Makrobentik omurgasızların tayin edilen taksonları, orta ve kenar bölgelerdeki toplam birey

sayıları, ÖS ortalamaları, orta ve kenar bölgelerdeki en yüksek ve en düşük ÖS ve toplandıkları arazilerin numaraları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Makrobentik omurgasızların tayin edilen taksonları, orta ve kenar bölgelerdeki toplam birey sayıları, ÖS ortalamaları, orta ve kenar bölgelerdeki en yüksek ve en düşük ÖS ve toplandıkları arazilerin numaraları (T.B.S.: Toplam Birey Sayısı, O.B.S.: Orta Bölge Birey Sayısı, K.S.S.: Kenar Bölge Birey Sayısı, T. Ort. ÖS.: Türlerin Ortalama ÖS (saat), O. Ort. ÖS.: Orta Bölge Ortalama ÖS (saat), K. Ort. ÖS.: Kenar Bölge Ortalama ÖS (saat)).

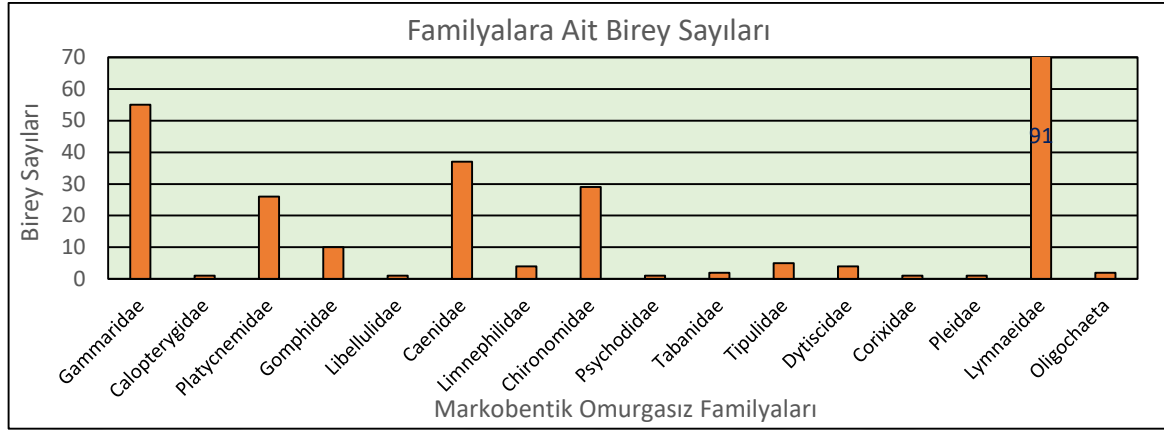
Makrobentik Omurgasız Taksonları	T. B. S.	O. B. S.	K. B. S.	T. Ort. ÖS.	O. Ort. ÖS.	K. Ort. ÖS.
Amphipoda						
Gammaridae						
<i>Gammarus sp.</i>	55	33	22	6,85	6,45	7,45
Ephemeroptera						
Caenidae						
<i>Caenis rivulorum</i>	37	17	20	4,78	5,47	4,2
Odonata	38	8	30	17,42	16,2	17,86
Gomphidae	10	3	7	42,6	30,4	39,75
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	6	2	4	41,66	12	56,5
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	4	1	3	44	42,66	48
Libellulidae						
<i>Orthetrum coerulescens</i>	1	0	1	34	0	34
Calopterygidae						
<i>Calopteryx virgo</i>	1	0	1	7	0	7
Platycnemididae						
<i>Platycnemis pennipes</i>	26	5	21	7,5	2	8,81
Diptera	37	36	1	5,16	5,19	4
Tabanidae						
<i>Tabanus sp.</i>	2	2	0	8,5	8,5	0
Chironomidae						
Chironomidae	29	29	0	1	1	0
Psychodidae						
<i>Coprosychoda sp.</i>	1	0	1	4	0	4
Tipulidae						
<i>Tipula sp.</i>	5	5	0	28,2	28,2	0
Hemiptera	2	2	0	2	2	0
Corixidae						
Micronectinae	1	1	0	2	2	0
Pleidae						
Pleidae	1	1	0	2	2	0
Coleoptera						
Dytiscidae	4	0	4	12,5	0	12,5
<i>Platambus sp.</i>	3	0	3	11,33	0	11,33
<i>Helophorus sp.</i>	1	0	1	16	0	16
Trichoptera						
Limnephilidae						
Limnephilidae	4	0	4	9,5	0	9,5
Annelida						
Oligochaeta						
Oligochaeta	2	2	0	1	1	0
Gastropoda						
Lymnaeidae						
Lymnaeidae	91	59	32	9,58	7,05	13,9

Tablo 4.2 (devam): Makrobentik omurgasızların tayin edilen taksonları, orta ve kenar bölgelerdeki toplam birey sayıları, ÖS ortalamaları, orta ve kenar bölgelerdeki en yüksek ve en düşük ÖS ve toplandıkları arazilerin numaraları (O. Min. ÖS.: Orta Bölge Minimum ÖS. (saat), O. Maks. ÖS.: Orta Bölge Maksimum ÖS (saat), K. Min. ÖS.: Kenar Bölge Minimum ÖS (saat), K. Maks. ÖS.: Kenar Bölge Maksimum ÖS (saat), T. Min. ÖS.: Türlerin Minimum ÖS (saat), T. Maks. ÖS.: Türlerin Maksimum ÖS (saat)).

Makrobentik Omurgasız Taksonları	O. Min. ÖS.	O. Maks. ÖS.	K. Min. ÖS.	K. Maks. ÖS.	T. Min. ÖS.	T. Maks. ÖS.	İstasyon No.
Amphipoda							
Gammaridae							
<i>Gammarus sp.</i>	3	12	2	16	2	16	1:1, 1:2, 1:3
Ephemeroptera							
Caenidae							
<i>Caenis rivulorum</i>	3	7	3	5	3	7	1:1, 1:2
Odonata							
Gomphidae	1	60	4	168	1	168	1, 3
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	17	60	9	168	9	168	1, 3
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	17	23	9	168	9	168	1:1, 1:3
Libellulidae	20	60	48	48	20	60	1:1, 1:3, 3
<i>Orthetrum coerulescens</i>	-	-	-	-	-	-	1:2
Calopterygidae	-	-	-	-	-	-	1:1
<i>Calopteryx virgo</i>	-	-	-	-	-	-	1:1
Platycnemididae							
<i>Platycnemis pennipes</i>	1	3	4	15	1	15	1:1, 1:2, 1:3
Diptera							
Tabanidae	1	48	0	0	1	48	1, 2, 3
<i>Tabanus sp.</i>	6	11	0	0	6	11	1:1, 2
Chironomidae							
Chironomidae	1	1	0	0	1	1	2, 3
Psychodidae							
<i>Coprosychoda sp.</i>	-	-	-	-	-	-	1:1
Tipulidae							
<i>Tipula sp.</i>	10	48	0	0	10	48	2
Hemiptera							
Corixidae	-	-	-	-	-	-	3
Micronectinae	-	-	-	-	-	-	3
Pleidae							
Pleidae	-	-	-	-	-	-	3
Coleoptera							
Dytiscidae	0	0	10	12	10	12	2
<i>Platambus sp.</i>	0	0	10	12	10	12	2
<i>Helophorus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	2
Trichoptera							
Limnephilidae							
Limnephilidae	0	0	9	10	9	10	1:3
Annelida							
Oligochaeta							
Oligochaeta	1	1	0	0	1	1	3
Gastropoda							
Lymnaeidae							
Lymnaeidae	1	13	3	26	1	26	1

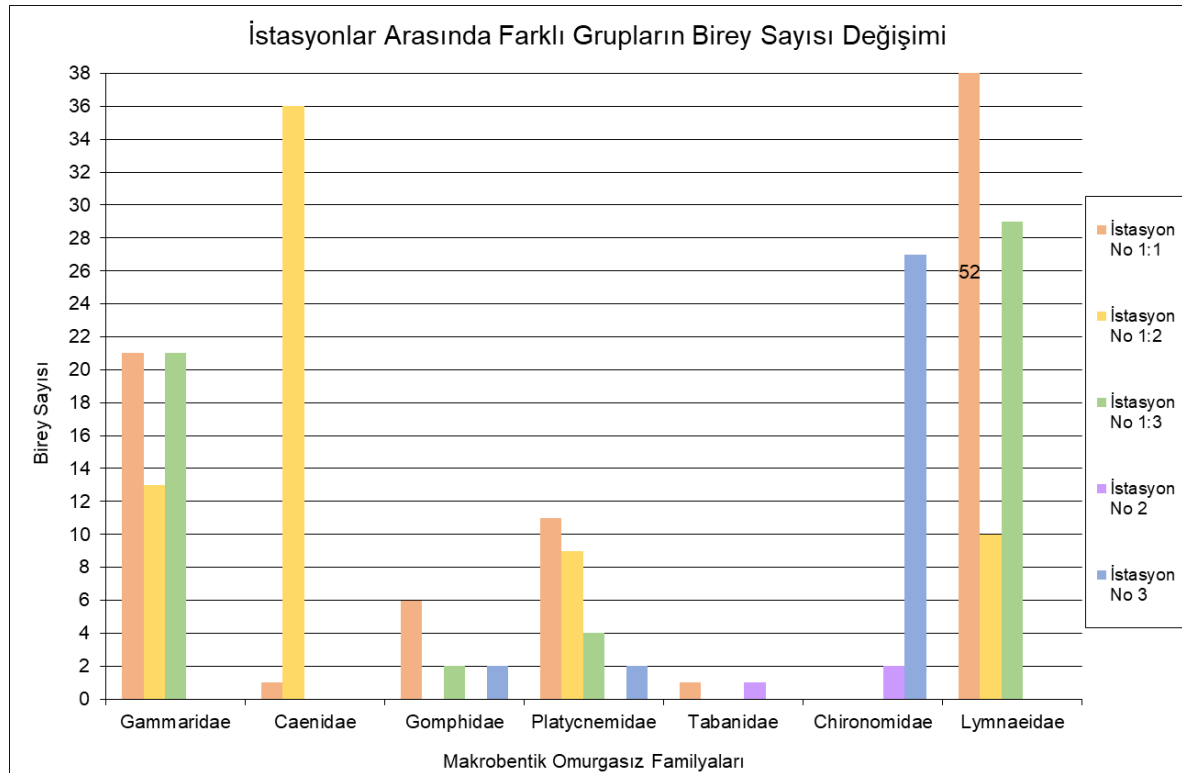
En yüksek birey sayısına sahip olan grup 91 birey ile Gastropoda (Lymnaeidae), ardından 55 birey ile Amphipoda (Gammaridae), 38 birey ile Odonata (Platycnemidae, Gomphidae, Libellulidae ve Calopterygidae), 37 birey ile Ephemeroptera ve 31 birey ile Diptera'dır. En düşük birey sayısına sahip olan gruplar ise 2 birey ile Hemiptera (Corixidae, Pleidae) ve

Oligochaeta, ardından 4 bireyle Coleoptera (Dytiscidae) ve Trichoptera (Limnephilidae)'dır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Familiyalara ait birey sayıları.

Araziler sırasında elde edilen omurgasız familyaları içerisinde Gammaridae, Caenidae, Gomphidae, Platycnemidae, Tabanidae, Chironomidae ve Lymnaeidae familyalarına ait olan birey sayıları, istasyonlar arasında farklılık göstermektedir. Bu farklar daha sonra yorumlamalarda kullanılmak üzere grafiğe çevrilmiştir (Şekil 4.2).

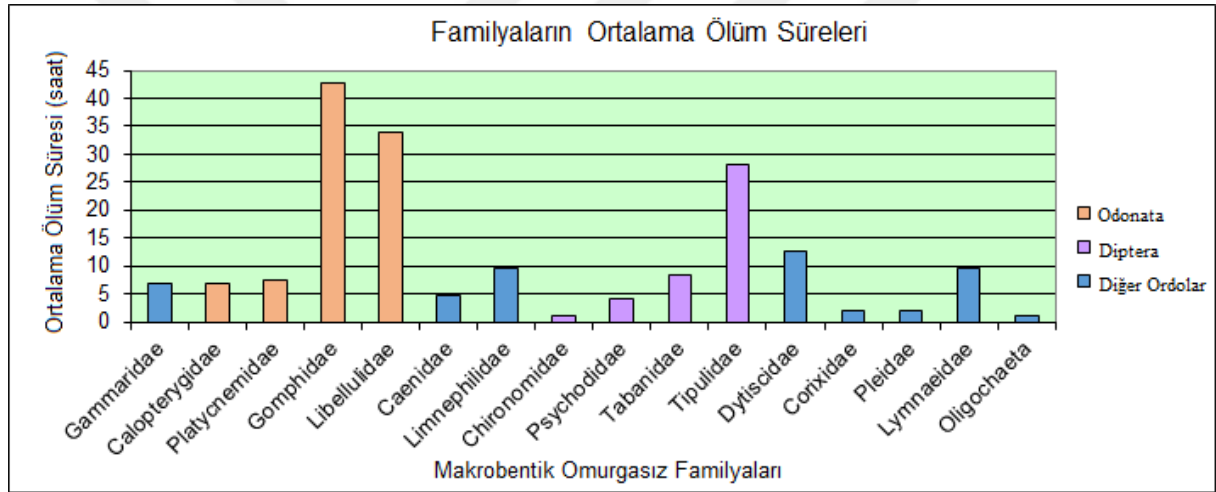


Şekil 4.2: Makrobentik omurgasız familyalarının istasyonlar arasındaki birey sayısı değişimi.

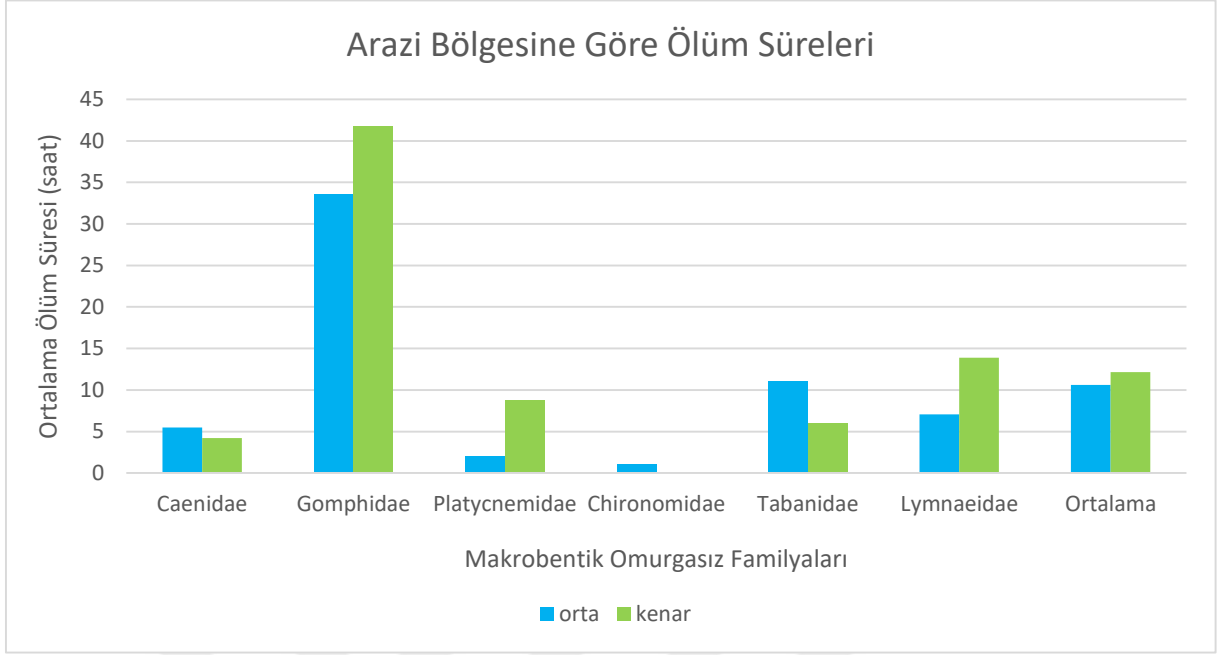
4.2.2 Makrobentik Omurgasızların Arazi Bölgelerine Göre Dağılımları Ve Ölüm Süreleri

Örneklemlerde elde edilen bireylerin derenin kenar ve orta bölümüne göre dağılımları incelenmiştir. Buna göre 270 bireyden 159'unun orta bölgede, 111 tanesinin ise kenar bölgede yerleştiği görülmüştür. Ancak bu dağılım farklı taksonomik gruplara göre değişkenlik göstermektedir.

Arazi çalışmalarında elde edilen tüm familyalara ait ortalama ölüm süreleri ve her iki arazi noktasında da bulunan familyalar için derenin kenar ya da orta bölgelerinden kaydedilen ölüm sürelerinin ortalamaları hesaplanmıştır (Şekil 4.3, Şekil 4.4).

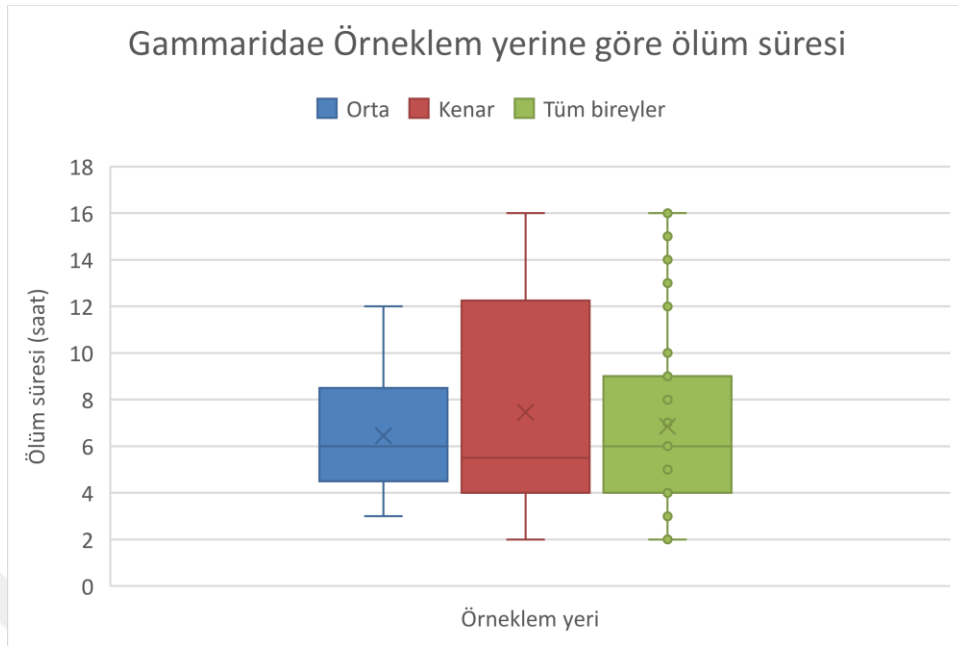


Şekil 4.3: Çalışmamızda elde edilen ve deneyde kullanılan ordolara ait familyalar ve ortalama ölüm süreleri.



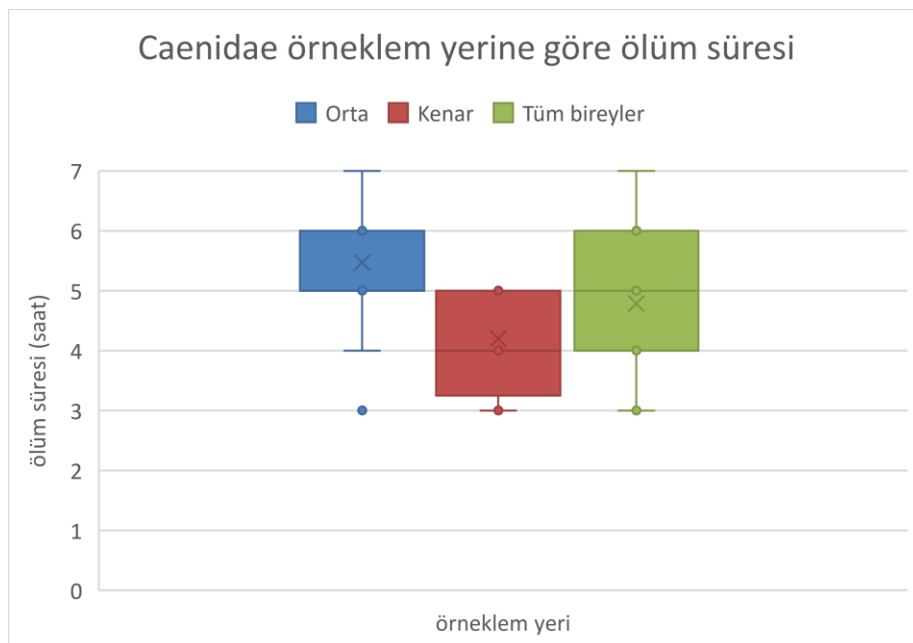
Şekil 4.4: Çalışmamızda elde edilen familyaların derenin orta ve kenar bölgesinde bulunan bireylerine ait ortalama ölüm sürelerinin karşılaştırması.

Amphipoda ordosundan Gammaridae familyasına ait *Gammarus* sp. bulunmuştur. Toplam 55 birey elde edilmiştir. Bu bireyler derenin hem orta hem kenar bölgesinde bulunmuştur (Orta bölge: 33, Kenar bölge: 22). Yapılan deneyler sonucunda susuzluğa bağlı ölüm süresi en düşük 2, en yüksek 16 saat olarak ölçülmüştür. Gammaridae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayılarının derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı Şekil 4.5'te görülmektedir.



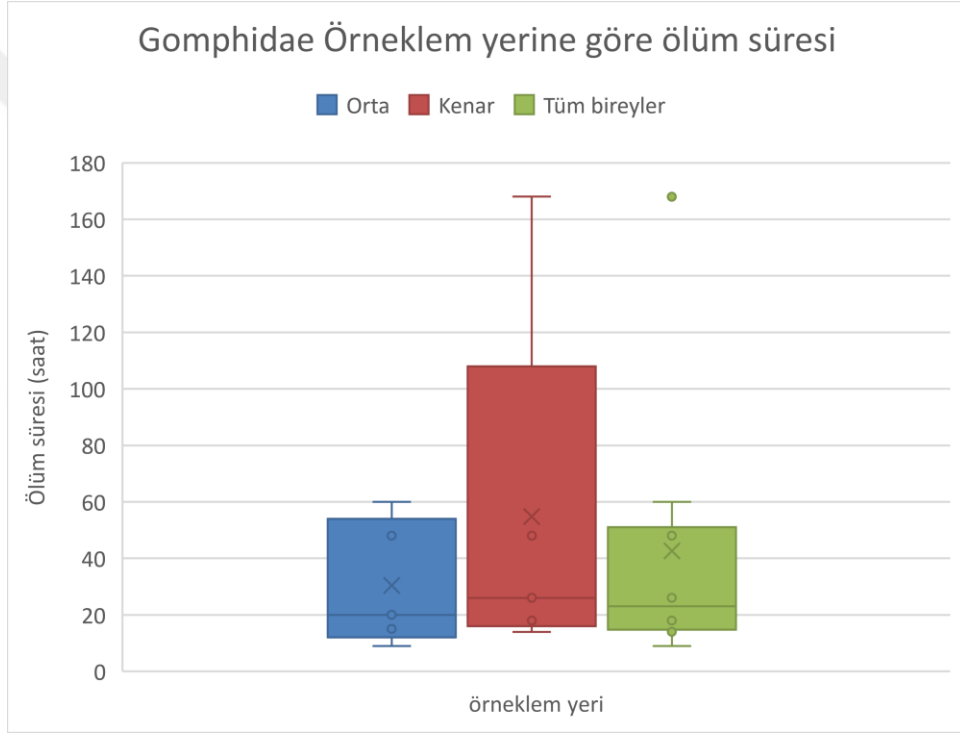
Şekil 4.5: Gammaridae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.

Ephemeroptera ordosundan Caenidae familyasına ait *Caenis rivulorum* türü bulunmuştur. Toplam 37 birey elde edilmiştir. Bu bireyler derenin orta ve kenar bölgelerde birbirine yakın sayılarda bulunmuştur (Orta bölge: 17, Kenar bölge: 20). Yapılan deneyler sonucunda kurumaya bağlı ölüm süresi en düşük 3, en yüksek 7 saat olarak ölçülmüştür. Caenidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayılarının derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı Şekil 4.6'da görülmektedir.



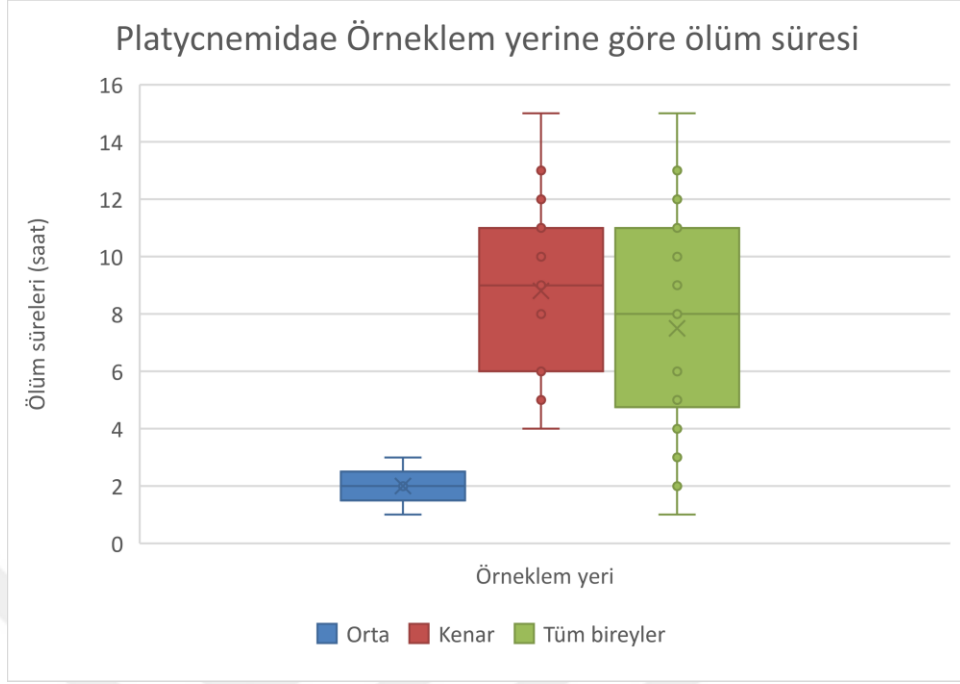
Şekil 4.6: Caenidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.

Odonata ordosunun Anisoptera subordosundan 2 familyaya ait (Gomphidae, Libellulidae) 3 tür (*Orthetrum coerulescens*, *Gomphus vulgatissimus*, *Onychogomphus forcipatus*) bulunmuştur. Üç türe ait toplam 11 birey elde edilmiştir. Bu bireyler derenin orta bölgesinden çok kenar bölgesinde bulunmuştur (Orta bölge: 3, Kenar bölge: 8). Yapılan deneyler sonucunda susuzluğa bağlı ölüm süresi en düşük 9, en yüksek 168 saat olarak ölçülmüştür. Gomphidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayılarının derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı Şekil 4.7’de görülmektedir.



Şekil 4.7: Gomphidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.

Odonata ordosunun Zygoptera subordosundan 2 familyaya ait (Calopterygidae, Platycnemidae) 2 tür (*Calopteryx virgo*, *Platycnemis pennipes*) bulunmuştur. Toplam 27 birey elde edilmiştir. Bu bireyler çoğunlukla derenin kenar bölgesinde bulunmuştur (Orta bölge: 5, Kenar bölge: 22). Yapılan deneyler sonucunda susuzluğa bağlı ölüm süresi en düşük 1, en yüksek 15 saat olarak ölçülmüştür. Platycnemidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayılarının derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı Şekil 4.8’de görülmektedir.



Şekil 4.8: Platycnemidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.

Diptera ordosundan 4 familyaya ait (Chironomidae, Psychodidae, Tabanidae, Tipulidae) çeşitli sistematik kategorilerde tayini yapılmış (*Copropsychoda* sp., *Tabanus* sp., *Tipula* sp.,) bireyler bulunmuştur. Toplam 37 birey elde edilmiştir. Bu bireyler çoğunlukla derenin orta bölümde bulunmuştur (Orta bölge: 36, Kenar bölge: 1). Yapılan deneyler sonucunda susuzluğa bağlı ölüm süresi Chironomidae familyasında sabit olarak bir saat diğer familyalarda en düşük 2, en yüksek 48 saat ile Tipulidae familyasına ait olarak ölçülmüştür.

Hemiptera ordosundan 2 familyaya ait (Corixidae, Pleidae) toplam 2 birey elde edilmiştir. Bu bireyler derenin orta bölgesinde bulunmuştur (Orta bölge: 2, Kenar bölge: 0). Yapılan deneyler sonucunda susuzluğa bağlı ölüm süresi 2 saat olarak ölçülmüştür.

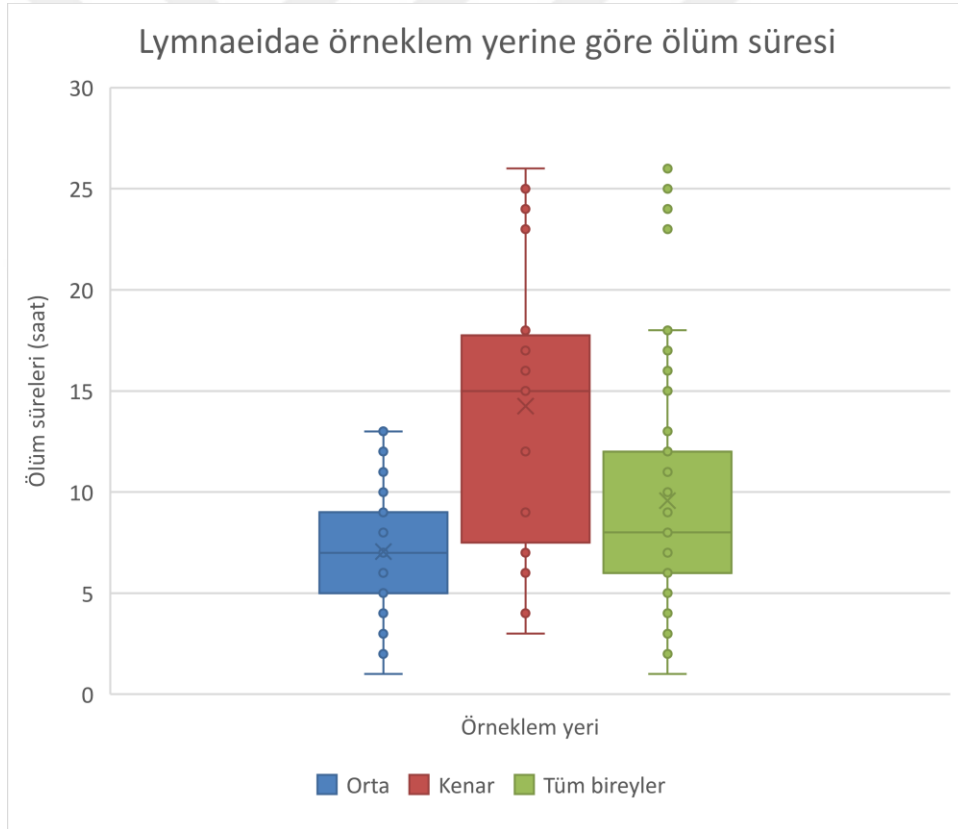
Coleoptera ordosundan Dytiscidae familyasına ait 2 cins (*Platambus* sp., *Helophorus* sp.) bulunmuştur. Toplam 4 birey elde edilmiştir. Bu bireyler derenin kenar bölgesinde bulunmuştur (Orta bölge: 0, Kenar bölge: 4). Yapılan deneyler sonucunda susuzluğa bağlı ölüm süresi en düşük 10, en yüksek 16 saat olarak ölçülmüştür.

Trichoptera ordosundan Limnephilidae familyasına ait toplam 4 birey elde edilmiştir. Bu bireyler derenin kenar bölgesinde bulunmuştur (Orta bölge: 0, Kenar bölge: 4). Yapılan

deneyler sonucunda susuzluğa bağlı ölüm süresi en düşük 9, en yüksek 10 saat olarak ölçülmüştür.

Oligochaeta klasisine ait toplam 2 birey elde edilmiştir. Bu bireyler orta bölgelerde bulunmuştur (Orta bölge: 2, Kenar bölge: 0). Yapılan deneyler sonucunda susuzluğa bağlı ölüm süresi 1 saat olarak ölçülmüştür.

Gastropoda klasisinden Lymnaeidae familyasına ait toplam 91 birey elde edilmiştir. Bu bireyler daha çok orta bölgede bulunmuştur (Orta bölge: 59, Kenar bölge: 32). Yapılan deneyler sonucunda susuzluğa bağlı ölüm süresi en düşük 1 saat, en yüksek 26 saat olarak ölçülmüştür. Lymnaeidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayılarının derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı Şekil 4.9'da görülmektedir.

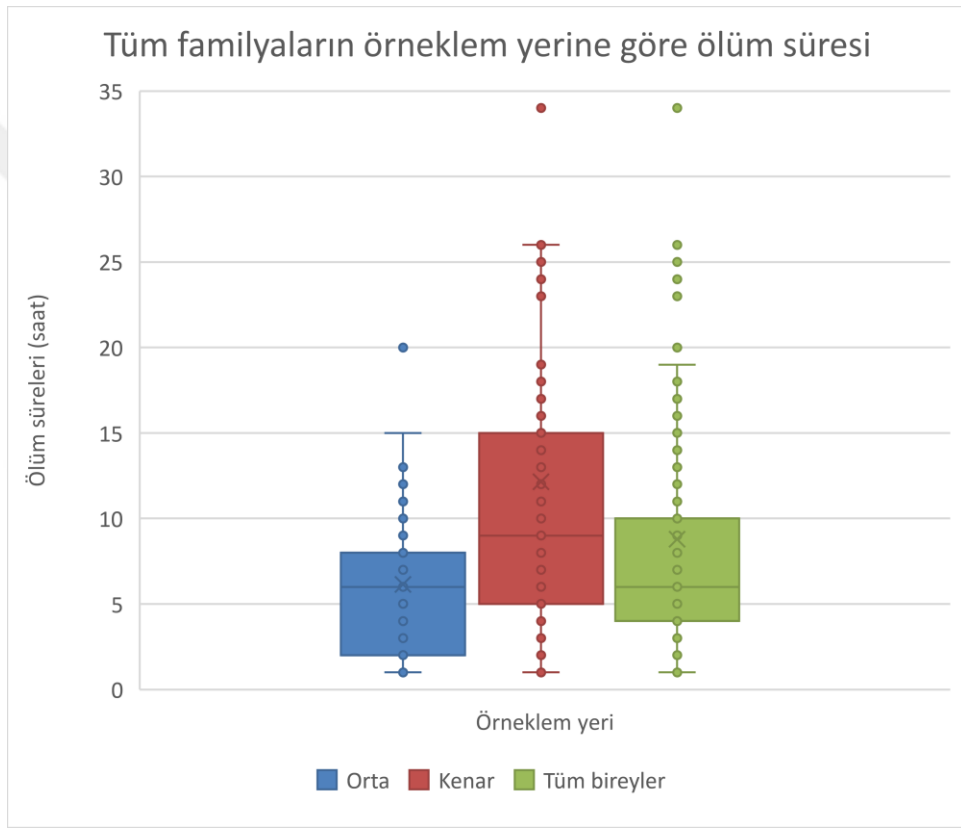


Şekil 4.9: Lymnaeidae familyasında elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.

Deney sonuçlarına göre en uzun ölüm süresi ortalama 42,6 saat ile Odonata ordosunun Gomphidae familyasıdır. İkinci sırada 34 saat ile Odonata ordosunun Libellulidae familyası,

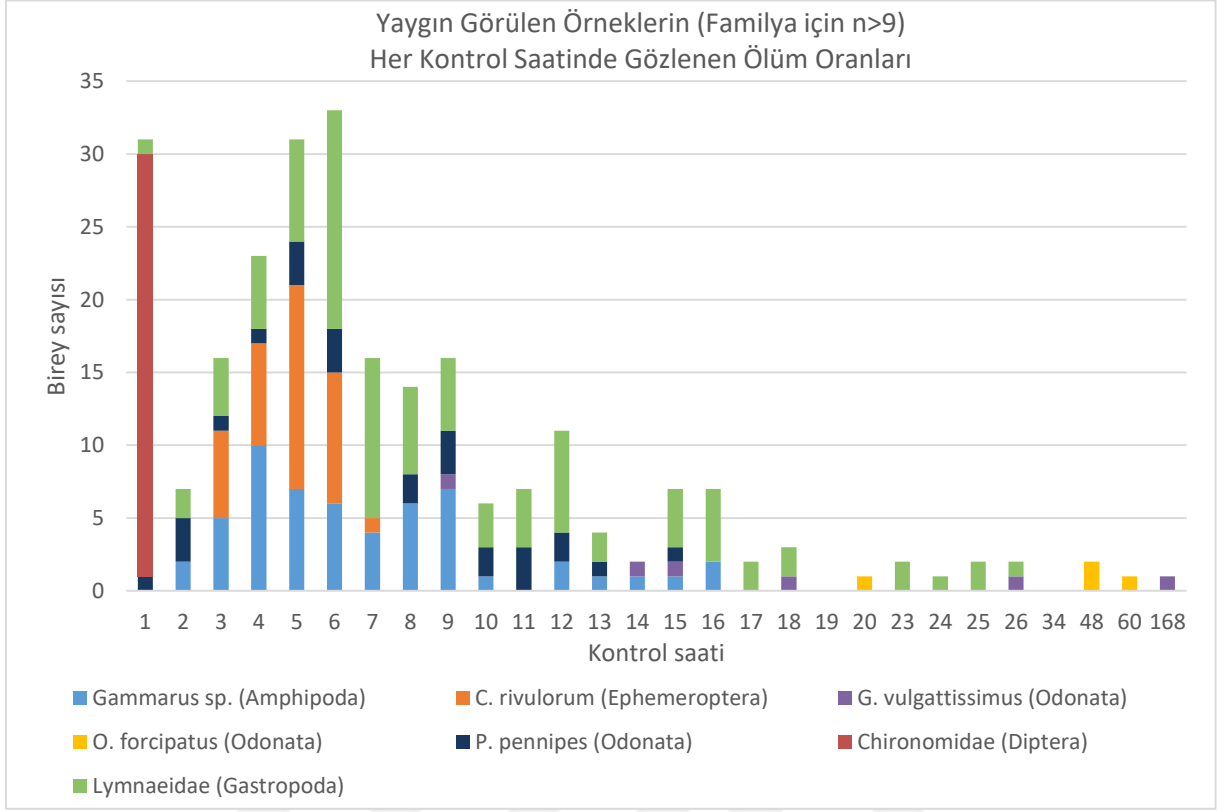
üçüncü sırada ise 28,2 saat ile Diptera ordosunun Tipulidae familyası bulunmaktadır (Tablo 4.2).

Deneylerde kullanılan 270 bireyin yoğunluklu olarak hangi saatler arasında öldüğü ve ölen bireylerin orta ve kenar bölgelerdeki dağılımı da incelenmek üzere görselleştirilmiştir. Buna göre tüm familyalardan elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayılarının derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.10: Tüm familyalardan elde edilen bireylerin ölüm süreleri, bu sürelerde ölen birey sayısı ve ölen birey sayıları ve derenin kenar ve orta bölgesine göre dağılımı.

Susuzluk deneyleri süresince saat başı makrobentik omurgasızların canlılık durumu kontrol edilmiştir. Her saatte yapılan kontrol sonucunda öldüğü kaydedilen makrobentik omurgasızlar içerisinde, birey sayısı 10 veya daha fazla olan familyalara ait ölüm oranlarının saatlere göre dağılımı Şekil 4.11'de görülmektedir.



Şekil 4.11: Susuzluk deneylerinde yaygın görülen örneklerin (aynı familya içinde n>9) kontrol saatlerinde gözlenen ölüm oranlarının karşılaştırılması.

4.3 SEDİMAN KURUTMA DENEYİ SONUÇLARI

Sediman kurutma deneylerinde derenin suyunun çekildiği kenar bölgelerden alınan hafif nemli sediman incelendiğinde makrobentik omurgasızlara ait her hangi bir bireye rastlanmamıştır. Hafif nemli sediman açık havada bırakılarak olası kuraklık durumunda gelişebilecek kuruma durumu taklit edilerek bekletilmiştir. Alınan ilk sediman örneği en uzun süre (14 ay) kuru kalan örnek olmuştur, alınan üçüncü sediman örneği ise en kısa sürede (5 ay) kuru kalmıştır. Tamamen kurumuş sediman örnekleri yağmur suyu taklit edilerek yeniden ıslatılmıştır. Bu örneklerden günlük olarak örnekler alınmış ve mikroskop altında canlılık olup olmadığı incelenmiştir. Deney 2 ay boyunca işletilmiştir. İlk canlılık 16 gün sonra görülmüştür. Görülen ilk organizmalar Protozoa ve Ostracoda olmuştur. Takip eden günlerde 22. ve 35. Günlerde Nematoda grubuna ait bireyler de görülmüştür (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Sediman Kurutma deneyinde su eklenen sedimanda görülen canlı grupları ve görülme süreleri.

Arazi tarihi / Su ekleme tarihi	Kuru kalma süresi	Protozoa görülme süresi	Ostracoda görülme süresi	Nematoda görülme süresi
8.01.2021 / 8.03.2022	14 ay	21 gün	23 gün	-
29.04.2021 / 8.03.2022	10 ay	16 gün	16 gün	22 gün
5.10.2021 / 8.03.2022	5 ay	21 gün	23 gün	35 gün

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında akarsu makrobentik omurgasızlarının susuzluk toleransının ölçülmesi amacıyla elde edilen 270 birey üzerinde susuzluk deneyleri yapılmıştır. Çalışmada bulunan gruplar, türler, birey sayıları, ölüm süreleri (min-maks) ve ortalama ölüm süreleri ayrıntılı olarak Tablo 4.2’de belirtilmiştir. Elde edilen omurgasızlar arasında en yüksek birey sayısında sahip olan familya, Gastropoda klasisine ait olan Lymnaeidae familyası (91 birey) olmuştur. Bu familyaya ait bireyler yapılan deneylerde kullanılan bireylerin yaklaşık %34’ünü oluşturmaktadır. Birey sayısı bakımından en yüksek ikinci grup ise Amphipoda ordosuna ait olan Gammaridae familyasıdır (55 birey). Bu familyaya ait bireyler deneylerde kullanılan bireylerin %20’sini oluşturmaktadır. Üçüncü sırada olan Ephemeroptera takımının Caenidae familyası (37 birey) ile yine aynı sayıda birey bulunan Diptera takımı (37 birey), her biri ayrı ayrı, toplam bireylerin yaklaşık %14’ünü oluşturmuşlardır.

Bu taksonomik gruplar, arazi çalışmalarında elde edilen bireylerin %81 gibi önemli bir çoğunluğunu (270 bireyden 220’sini) oluşturmaktadır. Bu durum, elde edilen bu bireylerin benzer ortam koşullarına sahip olan diğer hemen hemen her akarsuda bulunabileceklerini göstermektedir. Gastropoda, Amphipoda, Ephemeroptera ve Diptera taksonları, makrobentik omurgasızların yaygın görülen taksonlarıdır. Bu gruplar aynı zamanda besin zincirinde önemli yerler tutmaktadırlar (Wetzel, 2017).

Makrobentik omurgasızlara ait örneklerin toplandığı derelerin fiziksel ve kimyasal parametreleri, yüzey suları kalite yönetmeliğine göre (Anonim, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm>) karşılaştırılmıştır. Tüm istasyonların su sıcaklığının birinci sınıf su kalitesi değerleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Suyun pH değeri dikkate alındığında 1:1, 1:2, 1:3, 2 ve 3 numaralı istasyonların hepsinin birinci ve ikinci sınıf su kalitesi ile uyumlu olduğu görülmüştür. İletkenlik parametresi incelendiğinde 2 numaralı istasyonun ikinci sınıf su kalitesi, diğer istasyonların ise üçüncü sınıf su kalitesi ile uyumlu görülmüştür

5.1 MAKROBENTİK OMURGASIZLARA AİT ÖLÜM SÜRELERİNİN OLASI NEDENLERİNİN TARTIŞILMASI

Amphipoda, Gammaridae: Susuzluk deneylerine maruz bırakılan Gammaridae familyasını içeren Amphipoda ordosuna ait omurgasızların oksijen ihtiyaçları yüksektir ve genellikle de çözünmüş oksijen (ÇO) seviyesi yüksek olan suları tercih ederler. Üremeleri için gereken optimum su sıcaklığı 10-20 °C olarak kaydedilmiştir (Wetzel, 2017). Susuzluk deneylerinde Gammaridlerin ÖS ortalaması 6,85 saat olarak ölçülmüştür. Deneye tabii tutulan bireyler içinde en düşük ÖS 2 saat, en yüksek ÖS ise 16 saat olmuştur (Tablo 4.2). Ancak bireylerde görülen ölüm olayının yoğun olduğu zaman aralığı 4- 12 saat aralığı olarak görülmektedir. Bu aralık orta bölge için 4,5- 2,8 saat, kenar bölge için 4- 12 saattir (Şekil 4.5). Bu tezin arazi çalışmasında Gammaridae familyası yalnızca 1:1, 1:2 ve 1:3 numaralı istasyonlarda Ocak, Nisan ve Ekim aylarında bulunmuştur (Tablo 4.2). Bu çalışmalar esnasında su sıcaklığı literatür bilgisi ile paralel olarak 11,6 °C, 16,7 °C ve 17,3 °C olarak ölçülmüştür (Tablo 4.1). Aynı derenin farklı bir kolu olması rağmen 3 numaralı istasyondan Gammarid bulunmaması, su sıcaklığının uygun aralığın dışında olması (21 °C) ile açıklanabilmektedir. Gammarus cinsi Amphipodlar normal şartlar altında kuruyan (yıl içinde su miktarı değişen dereler gibi) sucul ekosistemlerde dayanıklılık göstermeleri nedeniyle bu ortamlarda yaygın olarak bulunurlar. Doğal ortam şartlarında zemin çamurunu kazarak içindeki nemden faydalanan Gammaridler, bu tezin deneyleri esnasında da durmaksızın hareket halinde olan davranış sergilemişlerdir (Cooper ve diğ., 2009). Gösterdikleri kıvrılıp açılma hareketi yumuşak bir zeminde yer açmak için elverişli olarak gözlenmiştir. Ancak bu tez çalışmasında yürütülen sediman kurutma deneylerinde tekrar su ile ıslatılan zemin materyalinde Gammaridler ortaya çıkmamıştır (Tablo 4.3). Bununla birlikte, Gammaridae familyasının susuzluk stresinde en uzun süre hayatta kalan bireyleri benzer vücut boyutlarındaki *Caenis rivulorum*, *Platambus* sp. veya Limnephilidae gibi taksonlara kıyasla daha uzun süre hayatta kalmıştır. Bunun nedenin Gammaridleri içeren Crustaceaların kabuklarının, böcek kutikulasına göre daha mineralize ve daha sert olması, bu nedenle metabolik ihtiyacı olan suyu nispeten daha az kaybetmesi olduğu tahmin edilmektedir (Badawy, 2015).

Insecta: Ephemeroptera: Susuzluk deneyine maruz bırakılan Caenidae familyasını da içeren Ephemeroptera ordosuna ait nimfler nispeten yüksek oksijenli suları tercih etmekle beraber orta derecede organik madde yüküne sahip sularda da bulunabilmektedirler. Yaşam döngüleri

yaklaşık 1 yıl sürer ve bunun çoğunluğu suyun içindedir (Wetzel, 2017). Ephemeroptera nimfleri aynı zamanda Odonata nimflerinin besinleri arasında da yer almaktadır (Pritchard, 1964). Odonata bireylerinin sayısının azaldığı istasyonda (1:2) Ephemeroptera nimflerinin sayısının artmış olması, bu iki gurubun yayında belirtilen av-avcı etkileşimine dair bulguyu doğrular niteliktedir. Susuzluk deneylerinde Ephemerlerin ÖS ortalaması 4,78 saat olarak ölçülmüştür. Deneye tabii tutulan bireyler içinde en düşük ÖS 3 saat, en yüksek ÖS ise 7 saat olmuştur (Tablo 4.2). Bireylerde görülen ölüm olayının yoğun olduğu zaman aralığı 4- 6 saat olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu aralık orta bölgedeki bireyler arasında 5- 6 saat, kenar bölgede bulunan bireyler için ise 3- 5 saattir (Şekil 4.6). Diğer birçok gruptan farklı olarak bu grupta, orta bölgede bulunan bireylerin susuzluk direncinin kenar bölgelerde bulunanlara oranla daha yüksek olduğu görülmüştür.

Insecta, Odonata: Susuzluk deneylerine maruz bırakılan Gomphidae, Libellulidae, Calopterygidae ve Platycnemidae familyalarını içeren Odonata ordosuna ait nimfler genellikle makrovejetasyon olan bölgede kendini sedimana gömerek yaşarlar (Wetzel, 2017). Bu tezin arazi çalışmasında toplanan Odonatların %79'u (38 bireyin 30'u), bu bilgilerle paralel olarak, vejetasyonun olduğu kenar bölgeden elde edilmiştir. Odonata nimflerinin oksijen ihtiyacının yüksek olduğu kaydedilmiştir (Wetzel, 2017). Bu tez çalışmasında Odonatların çoğunluğunun fotosentez aktivitesi yüksek olan kenar bölgede bulunması, literatürdeki bilgiler ile paraleldir. Farklı arazilerden elde edilen Odonatlar incelendiğinde, su sıcaklığının artışı ile Odonatların bulunma oranı arasında ters orantı görülmüştür (Tablo 4.1; Şekil 4.2). Ancak araziler arasındaki mevsimsel değişimlerin, türlerin yaşam döngülerinden kaynaklanmış olabileceği ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır (Wetzel, 2017). Susuzluk deneylerinde Odonatların ÖS ortalaması 17,42 saat olarak ölçülmüştür. Deneye tabii tutulan bireyler içinde en düşük ÖS 1 saat (*Platycnemis pennipes*), en yüksek ÖS ise 168 saat (*Gomphus vulgatissimus*) olmuştur (Tablo 4.2). Bireylerin ölümünün en yoğun olduğu saat aralıkları incelenmiştir, ancak bu durum familyalar arasında değişim göstermektedir. Gomphidae familyasında ölüm olayının yoğun olduğu zaman aralığı 15- 51 saat olarak görülürken, ölen birey yoğunluğunun kenar ve orta bölümde farklı olduğu, orta bölge için 12- 54 saat, kenar bölge için ise 16- 108 saat olarak değiştiği görülmüştür (Şekil 4.7). Ölüm olayının yoğun olduğu zaman aralığı Platycnemidae familyası için ise 5- 11 saat olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu aralık orta bölge için 1,5- 2,5 saat, kenar bölge için ise 6- 11 saattir (Şekil 4.8). Her iki familyada da derenin kenar bölgesinde bulunan bireylerin ölüme daha yüksek dayanıklılık gösterebildiği görülmektedir. Bu tez

çalışmasında Anisoptera subordosa dahil olan Gomphidae ve Libellulidae familyaları, Zygoptera subordosa dahil olan Calopterygidae ve Platycnemidae familyalarından daha yüksek minimum, ortalama ve maksimum ÖS göstermiştir (Tablo 4.2). Anisopterlerin Zygopterlerden daha uzun sürede ölmesi biyofiziksel bir nedene dayandırılmaktadır. Pallares ve diğ. tarafından 2016 yılında yayınlanan bir çalışmada sucul böceklerde su kaybını kontrol eden ana etkenin vücudun içinde bulunabilen su miktarı olduğu ortaya konmuş ve ayrıca canlının yüzey alanı / vücut kütlesi oranının önemli olduğu ve bu oranın azaldıkça susuzluk direncinin arttığı belirtilmiştir (Pallares ve diğ., 2016). Bu deney kapsamında incelenen örnekler arasında Anisoptera örnekleri Zygoptera örneklerine eşit boyutta veya daha büyük vücut ölçülerindedir (Şekil EK-1.3; Şekil EK-1.5; Şekil EK-1.6; Şekil EK-1.7). Matematiksel olarak, daha ince uzun vücut yapısına sahip olan Zygopterlerin, aynı hacme sahip olan Anisopterlerin daha tıknaz yapısı sebebiyle daha büyük bir yüzey alanı/ vücut kütlesi oranına sahip olması beklenmelidir. Anisopterlerin, Zygopterlere kıyasla daha toleranslı olmasının nedeninin daha büyük boyutlarından veya vücut şekillerinden kaynaklanan yüzey alanı/ vücut kütlesi oranının nispeten az olması olduğu tahmin edilmektedir. Odonata ordosuna ait bir türün susuzluk toleransının ölçülmesiyle ilgili bir çalışmada Pernecker (2020), deneylerinde derenin doğal şartlarını canlandırmış ve zamanla kuruyan bir zemin kumunda *Cordulegaster heros* nimflerinin ölüm sürelerini ölçmüştür. Bu deneyde deneye alınan bireylerin %50'si ilk 15 günde, %85'i ise ilk 22 günde ölmüştür (Pernecker, 2020). Pernecker'ın deneyi sonucunda elde ettiği günlerle ölçülen ölüm süreleri, bu tez çalışmasında elde edilen saatlerle ölçülmüş ölüm sürelerinden çok daha uzundur. Doğrudan susuz ortama maruz bırakılan ve yine Odonata ordosundan olan omurgasızların ölüm süreleri bu tez çalışmasında çok daha kısadır. Bunun sebebinin, Pernecker'ın deneyinde zemindeki yavaşça kuruyan kumun ortamda oluşturduğu nem olduğu tahmin edilmektedir. Pernecker'ın çalışmasının taklit ettiği doğal ortam şartlarından ziyade bu tez çalışmasının deneyleri, Chessman (2014)'ın makalesinde belirttiği şekilde makrobentik omurgasızların ani ve şiddetli susuzluk şartları altında gösterdikleri dayanıklılığı incelemek üzerine planlanmıştır ve iki çalışma arasındaki farkın bu boşluğu kapatması hedeflenmektedir.

Insecta, Diptera: Diptera ordosu, makrobentik omurgasız komünitelerinin baskın grubu olarak tanımlanmıştır. Bu tez çalışmasında çoğunluğunu Chironomidae familyasının oluşturduğu toplam dört familyaya ait (Chironomidae, Psychodidae, Tabanidae, Tipulidae) 37 birey bulunmuştur. Çoğu larval evrelerini kışın geçirir ve genellikle yılda 1 nesil verirler. Bazı

Chironomid larvalarında düşük oksijen seviyelerine dayanmalarını sağlayan bir çeşit hemoglobin vardır (Wetzel, 2017). Susuzluk deneylerinde Dipterlerin ÖS ortalaması 5,16 saat olarak ölçülmüştür. Deneye tabii tutulan bireyler içinde en düşük ÖS 1 saat, en yüksek ÖS ise 48 saat olmuştur (Tablo 4.2). Dipter familyaları arasında maksimum ölüm süresi en düşük olan (1 saat) familya Chironomidae olmuştur. Literatürde verilen oksijensizliğe direnç karakterine rağmen bu tezin deneylerinde Chironomid larvalarının tamamı (29 birey) birinci saatin sonunda ölmüştür. Chironomidler oksijenlerini difüzyon yoluyla vücutlarının genelinden alacak kadar küçüktür (Cooper ve diğ., 2009). Bu durumun su olmayan ortamda solunumun yapılamamasından ziyade, çok küçük boyutta olmaları nedeniyle (Şekil EK-1.9) bu çalışmadaki diğer pek çok omurgasızla kıyasla daha yüksek bir yüzey alanı/ vücut kütlesi oranına sahip olmaları ve bu nedenle hızlı kurumaları ve metabolik ihtiyaç olan su miktarının hızla kaybedilmesi sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir. 2016 tarihli bir çalışmada, sucul omurgasızların susuzluğa direncini belirleyen etkenin su tutabilme kapasitesi olduğu ve yüzey alanı/ vücut kütlesi oranı azaldıkça bu direncin de arttığı kaydedilmiştir (Pallares ve diğ. 2016). Diptera ordosundan susuzluk deneyleri içerisinde en yüksek maksimum ÖS gösteren familya ise Tipulidae familyası olmuştur. Tipulidae familyasına ait olan bireyler, bu deney içinde sırasıyla en yüksek ÖS değerlerini gösteren Gomphidae (168) ve Libellulidae (60) (Odonata: Anisoptera) familyalarından sonra 48 saatlik bir ÖS ile en yüksek üçüncü ÖS değerini göstermiştir. Tipulidae familyası, Diptera ordosu içinde en büyük vücut boyutuna sahip olan familyadır (EK-1.11). Bu durumun, yukarıda bahsedildiği üzere, düşük bir yüzey alanı/ vücut kütlesi oranı sağladığı ve bu canlıların ÖS'nin daha yüksek çıkmasına sebep olduğu tahmin edilmektedir.

Gastropoda, Pulmonata: Lymnaeidae familyasındaki bireyler membranları boyunca gaz değişimi yapabilirler. Yeterince oksijene erişimi olmadıklarında anaerobik metabolizma kullanarak veya metabolik hızlarını düşürerek düşük ÇO miktarlarına ve kurumaya dayanıklılık gösterirler. Bu familyaya ait olan bireyler genellikle bulunukları su ortamında kıyıya yakın kısımları tercih eder, hatta yaşamları boyunca zaman zaman su dışına çıkabilirler. Bunu mümkün kılan önemli bir faktörün Gastropodların Pulmonata grubuna dâhil olmalarının bir getirisi olarak hava solunumu yapabilmeleri olduğu kabul edilmektedir (Marshall ve McQuaid, 1991; Pyron ve Brown, 2015; Wetzel, 2017). Vücutlarını kaplayan kalsiyum karbonat yapılı kabukların ise su tutmaya yardımcı olması beklenmektedir. Susuzluk deneylerinde Lymnaeidlerin ÖS ortalaması 9,58 saat olarak ölçülmüştür. Deneye tabii tutulan bireyler içinde

en düşük ÖS 1 saat, en yüksek ÖS ise 26 saat olmuştur (Tablo 4.2). Ancak bireylerde görülen ölüm olayının yoğun olduğu zaman aralığı 6- 12 saat aralığı olmuştur. Bu aralık orta bölge için 5-9 saat, kenar bölge için ise 7,5 -18 saattir (Şekil 4.9). Kenar bölgede ölüm olayının yoğun olduğu zaman aralığı daha yüksek ÖS değerleriyle ölçülmüştür. Bu durum, kenar bölgede yaşayan bireylerin susuzluğa daha dayanıklı olabileceğini düşündürmektedir. Bu verilerden anlaşılabileceği üzere Lymnaeidae familyasına ait bireyler hem düşük hem yüksek ÖS değerleri göstermiştir. Yüksek ÖS gösteren bireylerin bu dayanıklılığı yukarıda bahsedilen karakterleri ile uyum sağlamaktadır. Ancak familya için varyasyonun bu kadar geniş bir yelpazede olmasının nedeni bilinmemektedir. Literatürde verilen bilgi, bu canlıların kıyıya yakın bölgelerde yaşamayı tercih ettiğini ifade etmektedir. Ancak bu tez çalışması kapsamında bu canlılara çoğunlukla akarsuyun orta bölgesinde rastlanılmıştır. Bunun sebebinin, arazi çalışmasının yapıldığı deredeki orta bölgenin derinliğinin bu canlılar için kıyıya yakın olarak nitelendirilebilecek kadar sığ olması olduğu tahmin edilmektedir.

Insecta, Hemiptera: Bu ordoya ait iki familyadan (Corixidae, Pleidae) birer türe ait birer birey derenin sadece orta bölümünden bulunmuştur. Her iki tür de farklı familyalara ait olmalarına rağmen ortalama ÖS bakımından eşit (2 saat) oldukları görülmüştür.

Insecta, Coleoptera: Bu ordodan bir familyaya ait iki tür (*Platambus* sp. ve *Helophorus* sp.) derenin kenar bölgesinde bulunmuş, orta bölümden elde edilememiştir. Bu familyayı temsil eden bireylerin en düşük (min.) ÖS 10 saat, en yüksek (maks.) ÖS ise 16 saattir. Sucul habitatlara uyum sağlamış kın kanatlıları içeren bu familyadaki bireylerin çoğu “Nonflying” uçmayan kın kanatlılar olarak bilinirler. Bu nedenle yayılma yetenekleri suyun bulunduğu alan ile sınırlıdır aynı zamanda insan ve iklimsel etkilerden kolayca etkilenebileceği yorumu yapılabilir.

Tüm familyalar göz önüne alındığında bu tez kapsamında makrobentik omurgasızların ölüm olayının yoğun olduğu zaman aralığının 4 ile 10 saat aralığı olduğu görülmektedir (Şekil 4.10). Buna göre, aynı deney içerisindeki Gomphidae veya Tipulidae gibi familyalar daha yüksek ÖS göstermiş olsa da, makrobentik omurgasız komünitesinin önemli bir bölümünün 10. saatten itibaren önemli bir bozulmaya uğrayacağı görülmektedir. İki farklı arazi bölgesindeki ölüm yoğunluğunu ifade eden zaman aralıkları kıyaslandığı takdirde orta bölge için 2- 8 saat, kenar bölge için ise 5- 15 saat karşımıza çıkmaktadır (Şekil 4.10). Şekil 4.10’da görüleceği üzere orta bölgedeki ÖS ortalaması, kenar bölgedeki ölümlerin yoğun olduğu saat aralığına denk

gelmektedir. Ancak bunun tersi bir şekilde, kenar bölgede görülen ÖS ortalaması, orta bölgede ölümlerin yoğun olduğu saat aralığının dışında kalmaktadır. Bu durum, iki arazi bölgesi arasında farklılığa dair bir şüphenin yerinde olduğunu, ancak kesin bir sonuca ulaştırılmak için daha detaylı bir çalışma yapılması gerektiğini göstermektedir.

Susuzluk deneyine tabii tutulan tüm omurgasızlar içinde ÖS değeri en yüksek olan örnek 168 saat ile bir *Gomphus vulgatissimus* (Odonata, Gomphidae) bireyidir (Şekil 4.11). Diğerlerine kıyasla bu denli yüksek bir ÖS görülmesi birden fazla etken ile açıklanabilmektedir. Literatürde kayda geçmiş bazı güncel çalışmalarda Gomphidae familyasını da içeren Anisoptera nimflerinin, gelişimlerinin son aşamalarında karaya geçişin bir ön hazırlığı olarak torasik spirakülleri aracılığı ile hava solumaya geçebildiği keşfedilmiştir. Bu çalışmalarda kaydedilen bilgilere göre Gomphidae familyası ile yakın akraba olan Aeshnidae ve Libellulidae familyalarına ait olan nimfler geç dönem- son instar aşamasındayken ihtiyacı olan oksijeni havadan temin edebilmektedir. Bu çalışmaların kullandıkları yöntem uygulandığında bu tez çalışmasında 168 saat boyunca hayatta kalan bireyin de gelişimin geç dönem- son instar aşamasında olduğu görülmektedir (Lee ve diğ., 2018; Pennart, 2020; Lee, 2021). Bu sebeple bu çalışmadaki söz konusu birey için su ortamının yok olmasının, ani bir oksijen yetersizliğine sebep olmaması beklenmektedir. Daha önce sucul böcekler üzerinde yapılmış çalışmalarda su kaybını kontrol eden ana etkenin vücudun içinde bulunabilen su miktarı olduğu ve yüzey alanı/ vücut kütlesi oran azaldıkça direncin arttığı gösterilmiştir (Pallares ve diğ., 2016). Vücut boyutu, su kaybı oranı üzerinde belirleyici rol oynayarak omurgasızların susuzluk direncini etkilemektedir. Bu çalışmada 168 saat gibi çok uzun bir zaman hayatta kalan birey yaklaşık 3,5 cm'lik vücut boyuyla deneye alınan örnekler arasında en büyük olan bireydir (Şekil EK-1.4). Bu bireyin susuzluk toleransının yüksekliği; solunumunu havadan yapabilmesi ve vücut boyunun büyük olması dolayısı ile su kaybı oranının diğerlerine nispeten düşük olması bilgileriyle açıklanabilmektedir. Odonatların nimf evresinin son aşamasında, endokrin aktivite sonucu sudan çıkıp ergine dönüştüğü bilinmektedir. Kurumakta olan habitatlarda Odonatların birincil hayatta kalma stratejisi, metamorfozu mümkün olduğunca erkene çekmek ve yaklaşan kuraklığı ergin evrede karşılamak olarak bahsedilmektedir (Suhling ve diğ., 2015). Ancak deneydeki birey susuz ortamda olmasına rağmen ergin aşamaya geçmeye yönelik bir davranış sergilememiştir. Bunun nedeninin, deneyin fiziksel şartlarının elverişli olmaması olduğu tahmin edilmektedir. *G. vulgatissimus*'un ardından en yüksek ölüm süresi ise 60 saat ile *Onychogomphus forcipatus* türünde görülmüştür. Bu iki omurgasızın da Gomphidae

familyasında olması ve Gomphidae familyasının ÖS değerlerinin ağırlıklı olarak ölüm olayı gözlenen saatlerin ikinci yarısında olması (Şekil 4.11) bu çalışmada ilgi çekici sonuçlardan biridir. Susuzluk deneylerinin sonuçları doğrultusunda kurumuş bir akarsu ortamında faunayı temsil eden son canlı omurgasızların Gomphidler olması beklenmektedir. Ortamda işlevsel olarak canlılık aktivitesi göstermeyecekleri için kuraklığa dayanıklı yumurtalar bu öngörünün dışında tutulmaktadır. Gomphidler susuzluk deneylerinin uzun süresi boyunca hareketsiz kalmış, ÖS değerine yaklaştıkça yer değiştirmeye çalışmışlardır. Bu familyaya ait canlıların uzun süre hareketsiz kalmaları, susuzluğa olan görece yüksek toleranslarının bir sonucu olarak tekrar suyla karşılaşana kadar enerjilerini korumaya yönelik bir strateji olarak değerlendirilmektedir.

Tüm omurgasızlar içinde ölçülen en kısa ÖS ise 1 saattir. Bu değer, *Platycnemis pennipes* türünde, Chironomidae ve Lymneidae familyalarında ve Oligochaeta klasisinin bireylerinde ölçülmüştür. Bu bireylerin susuzluğa bu denli dayanıksız olmasının sebebinin, deneydeki diğer gruplar kıyasla yüksek yüzey alanı/ vücut kütlesi oranı olduğu tahmin edilmektedir. Pallares ve diğ.'nin çalışmasında bu oranın azalmasının susuzluk direncini arttırdığı ortaya konmuştur (Pallares ve diğ., 2016). Buna göre bu oranın tersi yönde artması sonucu ÖS değerinin azalması beklentiler dâhilindedir. Bu tez çalışmasında tamamı 1 saatte ölen Oligochaeta grubunda, bu deneyin çoğunluğunu oluşturan Arthropoda filumundan farklı olarak, sertleşmiş bir kitin kutikula bulunmaz. Chironomidlerde ise kitin kutikula mevcuttur ancak bu tezin deneylerindeki diğer böceklerle oranla bu yapının daha zayıf olduğu tahmin edilmektedir. Bu durumun, benzer boyutlarda olan Coleoptera veya Hemiptera ordolarına ait bireylere kıyasla 1 saat gibi çok kısa bir ÖS değeri göstermelerine neden olduğu düşünülmektedir. *P. pennipes* türü içerisinde 1 saatlik ÖS'den daha uzun (15 saate kadar) süreler de görülmüştür. Bireyler arasındaki iki uç arasında 15 kat fark olan bu farklılığın kaynağı bilinmemektedir. *P. pennipes* bireyleri susuzluk deneyleri esnasında kaudal lamellerini kaybetme eğilimi göstermiştir. Bunun nedeninin, ölüm kontrolleri esnasında oluşan stres olduğu düşünülmektedir. *P. pennipes*'in de dahil olduğu Zygoptera grubu nimflerinin yırtıcılardan korunma stratejisi olarak kaudal lamellerini ototomi ile vücudundan ayırdığı bilinmektedir (Stoks, 1998). Kaudal lameller adı verilen bu trakeal solungaçlar, bu canlıların yüzey alanını büyük ölçüde arttırarak oksijen alımını yüksek oranda arttıran yapılardır (Cooper ve diğ., 2009). Yapılan deneyler sonucunda bu tür içinde benzer vücut boyutlarındaki bireyler arasında kaudal lamellerini kaybeden bireylerin, kaybetmeyen bireylere oranla daha çabuk öldüğü tespit edilmiştir. Bu durum, bu gruba ait bireylerin ölüm

sürelerine metabolik su ihtiyacının kaybı ile birlikte oksijen eksikliğinin de etki ettiğini göstermektedir. Lymnaeidae familyasındaki bireyler arasında ÖS süreleri çok büyük değişim göstermiştir. Bu grup içerisinde 1. saatte ölen bireylerin neden diğerlerinden bu kadar daha önce öldüğü tespit edilememiştir.

5.2 MAKROBENTİK OMURGASIZ GRUPLARININ ÖLÜM SAATİ ARALIKLARININ KIYASLANMASI VE OLASI ÇEVRESEL ETKİLERİN YORUMLANMASI

Susuzluğun farklı omurgasız grupları üzerindeki etkisinin daha açık bir şekilde tartışılabilmesi için deney boyunca hangi kontrol saatinde kaç adet omurgasızın öldüğünü gösteren veriler, bu bölümde yorumlanmak için yükselen birey sayısına göre rengi koyulaşacak şekilde düzenlenmiştir (Şekil 5.1).

Ölüm Saati:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	23	24	25	26	34	48	60	168	
<i>Gammarus</i> sp.		2	5	10	7	6	4	6	7	1	0	2	1	1	1	2													
<i>Caenis rivulorum</i>			6	7	14	9	1																						
<i>Gomphus vulgattissimus</i>									1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>nychogomphus forcipatus</i>																				1	0	0	0	0	0	0	2	1	
<i>Orthretrum coerulescens</i>																									1				
<i>Calopteryx virgo</i>							1																						
<i>Platycnemis pennipes</i>	1	3	1	1	3	3	0	2	3	2	3	2	1	0	1														
<i>Tabanus</i> sp.						1	0	0	0	0	1																		
<i>Chironomidae</i>	29																												
<i>Copropsychoda</i> sp.				1																									
<i>Tipula</i> sp.										1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2		
<i>Micronectinae</i>		1																											
<i>Pleidae</i>		1																											
<i>Platambus</i> sp.										1	0	2																	
<i>Helophorus</i> sp.																1													
<i>Limnephilidae</i>									2	2																			
<i>Oligochaeta</i>	2																												
<i>Lymnaeidae</i>	1	2	4	5	7	15	11	6	5	3	4	7	2	0	4	5	2	2	0	0	2	1	2	1					

Şekil 5.1: Susuzluk deneyleri süresince her bir ölüm saatinde her omurgasız grubundan kaç adet bireyin öldüğünü gösteren ısı haritası.

5.2.1 Birinci saat

Şekil 5.1’de görüleceği üzere deney süresi boyunca *Platycnemis pennipes* (Insecta: Odonata) ve Lymnaeidae (Mollusca: Gastropoda) taksonlarına ait olan canlılar arasında en düşük ÖS gösterenler birinci saatte ölmüştür (*P. pennipes*: %3,8, Lymnaeidae: %1). Oligochaeta (Annelida) ve Chironomidae (Insecta: Diptera) taksonlarına ait olan canlıların ise tamamı birinci saatte ölmüştür.

Chironomidae larvaları, yaşamlarının büyük bir kısmını larva evresinde geçirmektedir. Balıklar tarafından hem kolayca sindirildikleri hem de önemli besin maddeleri içerdikleri için çokça tercih edilen avlardır. Yaşadıkları sucul ortamdaki zemin maddesine oksijen ileterek ortamdaki oksijenli solunuma katkıda bulunur ve fotosentez için gerekli maddeleri sağlarlar. Mineralizasyona katkıda bulunmaları ve tabanda putrifikasyonu engellemeleri sonucu madde çevrimi olumlu yönde etkilenmekte suyun verimliliği yükselmektedir (Şahin, 1984). Deneyin daha ilk saatinde Chironomidlerin tamamının kaybedilmesi, ani bir susuzluk stresi durumunda ortamda balıklar için önemli bir besin maddesinin yok olması anlamına geldiği gibi, sudaki madde çevrimi ve fotosentezi olumsuz yönde etkileyerek sudaki yaşamsal verimliliği daha birinci saatten azaltmaya başlayacaktır.

Oligochaeta grubundan omurgasızlar tatlısulara yaygın olarak bulunan diğer bir gruptur. Bu çalışmada 2 birey gibi az bir sayıyla temsil edilmiş olsalar bile, literatürde hâlihazırda susuzluğa karşı dirençsiz oldukları bilgisi mevcuttur. Bu da, bu çalışmada bulunan 1 saatlik kısa ÖS ile uyushmaktadır. Tatlısu Oligochaetleri ince zeminden beslenerek organik maddeleri tüketir, ancak bunun önemli bir kısmını sindirmeden su ortamına bırakırlar. Bu omurgasızlar besin zincirinin altlarında konumlanır ve trofik basamaklarda yükselirken enerjinin aktarılmasına katkıda bulunurlar. Chironomidlerde olduğu gibi balık besinlerini, özellikle de bentofajik balıkların besinlerini oluştururlar. Ancak Oligochaetler aynı zamanda avcı Chironomid larvaları için de bir besin kaynağıdır. Oligochaeta komüniteleri bir su kütesinin trofik şartları için indikatör de olabilmektedir (Timm ve Martin, 2015). Uzun süren kuraklık sonrasında derelerde bu canlıların bulunmaması, su zemininde kalmış organik maddelerin tekrar suya karışmasını azaltacağı ve madde çevrimine zarar vereceği gibi, besin zincirinde bir kırılmaya neden olacaktır. Bir önceki paragrafta bahsedilen Chironomidlerin besin kaynağını oluşturan Oligochaetlerin yok olması durumunda, çeşitli istisnai durumlarda susuzluktan kurtulmuş olan Chironomidlerin bu kez de besin sıkıntısı yaşamasına neden olacak ve Chironomidlerin madde döngüsü ve ortam verimliliğine katkılarını olumsuz etkileyecektir.

Susuzluk stresi, makrobentik omurgasızlar üzerinde ölümden önce başka olumsuz etkilere de neden olur. *P. pennipes*, Zygoptera subordosuna dahil edilmektedir. Başka bir Zygopter olan *Lestes viridis* üzerinde yapılan bir çalışma, nimfin maruz kaldığı yiyecek kıtlığının yetişkin yaşam boyu üreme başarısını etkilediği gösterilmiştir (De Block, 2005). Besin olarak kullandığı

canlıların ortamdaki kaybolmasının bu canlılar için suyun dışındaki yaşamına kadar uzayan bir etkisi olacağı görülmektedir.

5.2.2 İkinci saat

Gammarus sp. (Crustacea: Amphipoda) taksonuna dâhil olan bireylerin %3,6'sı en düşük ÖS gösteren bireyler olmuş ve ikinci saatte ölmüştür. Aynı zamanda her biri Micronectinae ve Pleidae taksonlarına ait olan birer birey susuzluk deneyinin ikinci saatinde ölmüştür.

Micronectinae ve Pleidae taksonlarının dâhil olduğu sucul Hemipterler, sucul ekosistemlerde büyük öneme sahiptir. Özellikle balıkların bulunmadığı su habitatlarında Micronectinae grubunu içeren Corixoidea bireyleri besin zincirlerinde önemli yırtıcılardır. Bununla birlikte balıkların olduğu ortamlarda önemli birer balık besini haline gelirler. Hem Micronectinae hem de Pleidae'yi içeren grup Nepomorpha'nın kurbağalardan daha başarılı sivrisinek kontrol ajanları olma potansiyelleri gösterilmiştir. Bu omurgasızlar nefes almak için sık sık su yüzeyini ziyaret ederler ve zemin materyali üzerinden beslenmeleri nedeniyle, su kütlesinde boyuna organik madde alışverişi için önemlilerdir (Haedicke ve diğ., 2017). Genellikle avcı olan bu canlılar susuzluğa karşı özel bir direnç yöntemi geliştirmiş olmasa da döngüsel koloniciler olduğu için kurumadan sonra tekrar suyla dolan bir ortama çevre su kütlelerinden gelebilmektedirler (Cooper ve diğ., 2009). Bu tez çalışmasında bu taksonların ikinci saatte ölmüş olması dolayısı ile yayılım becerilerine rağmen bu canlıların doğrudan susuzluğa karşı yüksek dirençleri olmadığını ve çevrede hızlıca ulaşabilecekleri uygun bir su kütlesi yoksa ortamdaki çabuk eksilecekleri yorumu yapılabilmektedir. Ayrıca bu canlıların geçici bir susuzluk sonucu kaybolması, geri dönen su kütlesi için organik madde karışımı, besin zincirindeki önemli yerleri gibi kritik ekolojik parametrelerin bozulmasına neden olacaktır. Bunlarla birlikte, sivrisinek popülasyonunu kontrol etmede önemli olan bu grubun bölgede bulunmamasının popülasyonda dengesizliğe yol açma riski görünmektedir.

5.2.3 Üçüncü ve dördüncü saatler

Caenis rivulorum (Insecta: Odonata) taksonu içerisindeki bireylerin %16,2'si en düşük ÖS'ne sahip bireyler olmuştur ve üçüncü saatte ölmüştür.

Gammarus sp. (Crustacea: Amphipoda) taksonundan bireylerin ölüm oranının %18,1 ile en yüksek olduğu saat dördüncü saat olmuştur.

Copropsychoda sp., (Insecta: Diptera) taksonuna ait olan tek birey dördüncü saatte ölmüştür.

Copropsychoda cinsini içeren Psychodidae familyası, sucul ortamdaki kirliliğin önemli bir göstergesi olarak kaydedilmiştir (Mastrantuono, 1986). Benzer boyuttaki diğer Dipter larvaları gibi balıklar ve Odonata veya Coleoptera gibi sucul avcı böcekler için besin maddesi oluşturmaktadır (Nilsson, 1996b). Bu canlılar aynı zamanda çürümekte olan organik maddelerin geri dönüşümünü sağlayan önemli ayrıştırıcılarıdır (Courtney, 2009). Bu doğrultuda kuruyan bir akarsu ortamında bu canlıların ortamda var oluşunu sürdürmemesi, ortam tekrar suyla dolduğunda bile su kütlesindeki çürümeyi hızlandıracak ve yaşama olan elverişliliği azaltacaktır; susuzluğa daha dayanıklı olan Odonata veya Coleoptera gibi diğer sucul böcekler üzerinde besin eksikliği stresine neden olacaktır; ayrıca bir kez kuruyup tekrar eski haline dönmüş bir su kütlesinde indikatör çalışmalar yürütürken elde edilecek önemli bir verinin kaybolması anlamına gelecektir.

5.2.4 Beşinci, altıncı ve yedinci saatler

Caenis rivulorum (Insecta: Ephemeroptera) taksonuna dahil olan bireyler en yoğun ölüm oranını %37,8 ile beşinci saatte göstermiştir.

Lymnaeidae (Mollusca: Gastropoda) taksonundan bireylerin ölüm oranının %16,5 ile en yüksek olduğu saat altıncı saattir.

Tabanus sp., (Insecta: Diptera) taksonu içerisindeki bireylerin %50'si altıncı saatte ölmüştür.

Calopteryx virgo (Insecta: Odonata) taksonuna ait olan tek birey ve *Caenis rivulorum* (Insecta: Ephemeroptera) taksonlarına ait olan bireylerin ise %2,7'si yedinci saatte ölmüştür ve en yüksek ÖS değerine sahiptirler.

Calopteryx virgo, Calopterygidae familyasına dâhil olan bir türdür. Daha büyük odonatlar olan Anisopterler, Zygoptera subordosuna dahil olan Calopterygidler ile beslenebilmektedirler (Pritchard, 1964). Ayrıca bu canlılar Corixidler (Hemiptera) veya Anisopterler (Odonata) gibi bazı sucul avcılar tarafından veya diğer pek çok büyük vücutlu yırtıcı tarafından tüketilmektedir (Córdoba-Aguilar, 2005; Suhling ve diğ., 2015; Hadicke ve diğ., 2017). Calopterygidler tatlısularda Chironomidae veya Culicidae gibi küçük omurgasızları tüketirler (Córdoba-Aguilar, 2005). Calopterygidae familyasını içeren Zygoptera nifmlerinin Psychodidler ile

beslendiği de gösterilmiştir (Pritchard, 1964). Bu canlıların besinleri arasında bulunan Culicidae ve Psychodidae familyasından sinekler, çeşitli hastalıkların vektörleridir. Culicidler batı nil ateşi de dahil olmak üzere pek çok hastalığın patojenlerinin vektörü olarak belirtilmişlerdir (Ergünay ve diğ., 2020). Psychodidae familyasından *Phlebotomus sergenti* türünün Şanlıurfa'da şark çıbanı hastalığının vektörleri olduğunu ve yerel bir epideminin durdurulması için bu böceklerin popülasyonunun kontrol altına alınması gerektiğini vurgulanmıştır (Alptekin ve diğ., 1999). Geçici bir kuruma sonucu Calopterygidlerin ortamdan eksilmesinin hem sucul hem de karasal ortamlarda, popülasyon yoğunlukları Calopterygidler tarafından kontrol altında tutulan Culicidae ve Psychodidae gibi diğer omurgasızların sayısının dengeyi bozacak şekilde artmasına sebep olması beklentiler dahilindedir. Bu da hastalık taşıyıcı özelliği olan bu familyaların kontrol altında tutulma imkânının azalacağını göstermektedir. Aynı zamanda Calopterygidlerin eksikliği, susuzluk dirençleri daha yüksek olan Hemipterler veya Anisopterler gibi avcılarının susuzluğa tolerans gösterdiği süre boyunca av kıtlığı ile karşılaşmasına neden olacaktır. Bunlarla birlikte, ölüm ile sonuçlanmayacak derecede susuzluk stresinin bile, Zygopterlerin besin olarak tükettikleri canlıların ölümüne sebep olarak gelişim esnasında besin kıtlığı yaşamalarına ve ergin aşamada üreme başarılarının azalmasına yol açacağı görülmüştür (De Block, 2005).

Caenis rivulorum (Insecta: Ephemeroptera) nimfleri algler veya organik döküntüler beslenirler. Nilsson, *Caenis* cinsinden nimflerin sudaki kendileriyle aynı türden olan ölü nimfleri ve erginleri yediğini gözlemlemiştir. Genel olarak Ephemerleri pek çok balık türü bazı kuşlar ve Odonatlar gibi avcı böcekler tüketmektedir ve üst trofik düzeylere besin sağlamalarıyla bulundukları makrobentik omurgasız komünitelerinin önemli parçalarıdır (Pritchard, 1964; Nilsson, 1996a). Bu canlılar ayrıca Sucul ortamlarda kimyasal kirliliği ve çözünmüş oksijen düzeyini ölçmek için indikatör olarak kullanılırlar (Buluta ve diğ., 2010). Susuzluk stresi nedeniyle varlığını sürderemeyecek hale gelen *Caenis rivulorum* türünün, doğada bir bölgede ortadan kalkması, bölgeye yeniden su girişi olsa dahi yapılacak kimyasal analizler için önemli bir indikatör türün kaybolmasına neden olacaktır. Bu canlılar ayrıca sudaki türdeşlerinin ölümlerini tüketerek çürüme sonucu yaşamın elverişsiz hale gelmesine de katkıda bulunmaktadır ve ortamdan yok olmaları durumunda bu katkı da ortadan kalkacaktır. Aynı zamanda bu durum, *C. rivulorum* türünün ortamda tükenmesi ile sonuçlanan bir kuruma durumunda besin kaynaklarının önemli bir bölümünü hâlihazırda kaybetmiş olan avcılarının daha fazla açlık stresi altında kalmasına yol açacaktır.

5.2.5 Dokuzuncu ve onuncu saatler

Gomphus vulgatissimus türüne ait bireylerin %16,6'sı ve Limnephilidae (Insecta: Trichoptera) taksonlarına ait olan bireylerin %50'si en düşük ÖS değerleri olan dokuzuncu saate ölmüştür.

Tipula sp. (Insecta: Diptera) taksonuna ait olan bireylerin %20'si ve *Platambus* sp. (Insecta: Coleoptera) taksonundaki bireylerin %33,3'ü onuncu saatte ölmüştür. Onuncu saat bu gruplar için kaydedilmiş en düşük ÖS olmuştur. Limnephilidae taksonuna ait olan bireylerden en yüksek ÖS değeri gösteren bireyler bu grubun %50'sini oluşturmaktadır ve onuncu saatte ölmüştür.

Literatüre bakıldığında, *Tipula* sp.'nin dâhil olduğu Tipulidae familyasına ait olan bireylerin susuzluğa maruz kalması durumunda çevreye olan etkilerin besin zincirinde oluşacak potansiyel bir eksiklikten fazlası olduğu görülmektedir. 2019 tarihli bir çalışmada Tipulidlerin, susuzluk stresi ile karşılaştığında normal nişleri olan fakültatif detritivor beslenme biçiminden fırsatçı avcılık beslenme biçimine geçiş yaptıkları kaydedilmiştir (Amundrud ve diğ., 2019). Normalde ortamdaki organik döküntüyü bulundukları ekosistemdeki yaşam döngülerine katkıda bulunacak hale getiren Tipulidlerdeki bu değişim, dayanabilecekleri şiddetteki susuzluk stresinde bile hem ortamdaki organik maddenin besin zincirine geri dönmesini sekteye uğratacak, hem de susuz ortama dayanabilen diğer omurgasızların normalde karşılaşmadığı bir av baskısı ile karşılaşmasına sebep olarak dengeleri çok tabakalı bir değişime uğratacaktır.

Platambus cinsi, bu tezin deneyleri içerisinde Dytiscidae familyasına dâhil olan 2 cinsten biridir. Dytiscidler susuzluk gibi olumsuz ekolojik şartlar altında diğer alternatifleri sınırlı olduğu zaman halihazırda sahip oldukları kanibalizm özelliklerini daha da belirgin hale getirirler. Bu durum doğal şartlarda bir popülasyon kontrolü sağlamakla beraber olumsuz ekolojik şartlarda türün bölgede varlığını devam ettirmesi için bir strateji olarak yorumlanmıştır. Maruz kaldıkları susuzluk stresi Dytiscidae familyası bireylerini öldürecek şiddette olmasa bile, tür içi kanibalizmi arttırarak Dytiscidlerin normalde sahip oldukları generalist avcılık nişlerini daha az yerine getirmelerine ve komünitede trofik basamaklar boyunca var olan etkilerinin değişmeye başlamasına neden olacağı yorumu literatür bilgisine dayanarak yapılabilmektedir (Batzer ve Wissinger 1996).

Limnephilidler, tatlısu ekosistemlerinde besin dinamikleri ve enerji akışının temel taşlarıdır. 1964 yılında yayınlanmış bir çalışmada Pritchard odonatların avlanma davranışını

gözlemlerken Limnephilidlerin sıklıkla tercih edildiğini kaydetmiştir. Aynı zamanda farklı Odonat gruplarının Limnephilidler üzerine avlanma başarılarının farklı düzeylerde olduğunu gözlemlemiştir (Pritchard, 1964). Aynı zamanda Limnephilidler içinde gruplar arası farklılık gösteren hassasiyet düzeyleri, çeşitli çevresel kirleticileri ve diğer çevresel sorunları izlemek için yaygın olarak kullanılır. Bu özellikleriyle bu omurgasızlar su kalitesinin izlenmesinde birincil indikatör taksonlar olarak kabul edilir (Pauls, 2008). Limnephilidlerin kurak ortamda varlığını devam ettirememesinin sonucunda bu grup üzerinden beslenen canlılar daha fazla besin rekabetine maruz kalacaktır. Aynı zamanda geniş çapta çevresel kirleticilerin göstergeleri olan Limnephilidlerin ortamda tükenmesi, kuruyan ortama su geri gelse bile burada yapılacak biyoizlem çalışmalarının kalitesini düşürecektir.

5.2.6 On birinci saat

Tabanus sp. (Insecta: Diptera) taksonuna ait olan bireylerin %50'si bu grup için en yüksek ÖS değeri olan birinci saatte ölmüştür.

Tabanidler, diğer sinek larvaları gibi sucul omurgasızlar, balıklar hatta bazı durumlarda kuşlar için besin malzemesi oluştururken kendileri ve avcıdır (Johnson, 1973; Nilsson, 1996b; Mullens, 2019). Bununla birlikte, Tabanidler larvalarının davranışları ve biyolojileri hakkında genel olarak bir bilgi eksikliği bulunmaktadır. Bu eksiklik, laboratuvar ortamında yetiştirilmelerinin, toprak içinde gözlemlemenin ve hedefe yönelik toplamanın zorluğuna dayandırılmıştır. Ancak kendilerinden daha büyük avları bile yakalayabildikleri kaydedilmiştir (Mullens, 2019). Bu canlıların erginleri Dünya'nın belirli bölgelerinde hastalık taşımaktadır. Bu canlıların susuz şartlarda artık ortamda bulunmamalarının besin zinciri üzerine olacak olan belirli etkisi dışında bir etki ön görülememekle birlikte, yırtıcı taksonların bu deneyde susuzluğa daha toleranslı olduğu göz önünde bulundurulduğunda susuz ortamda çoktan azalmış olan besinin daha da azalmasının etkisinin yadsınamaz olması beklenmektedir.

5.2.7 On ikinci saat

Platambus sp. (Insecta: Coleoptera) taksonuna ait olan bireyler arasında en yüksek ÖS değerine sahip olan bireyler on ikinci saatte ölmüştür ve bu bireyler grubun %66,6'sını oluşturmaktadırlar.

Dytiscidae familyasına dahil olan *Platambus* sp., sucul besin ağlarındaki av toplulukları üzerinde besin zinciri boyunca devam eden etkiler yaratmaktadır. Dytiscidler balıklar ve iribaşlar gibi omurgalılar veya avcı olan Odonatlar gibi diğer omurgasızlar da dahil olmak üzere fiziksel olarak mümkün olan her hayvanı tüketen fırsatçı generalistlerdir (Culler ve diğ., 2014; Suhling ve diğ., 2015). Dytiscidler arasında çeşitli av gruplarına yönelik tercihler olduğu gösterilmiştir. Buna rağmen, Dytiscidlerin avları üzerindeki etkileri onları tüketmese bile ekosistem fonksiyonu ve popülasyon dinamikleri üzerine etkileri ölçülebilmektedir. Dytiscidler aynı zamanda çeşitli avcılar için av konumundadırlar. Balıkların, kurbağaların ve kaplumbağaların midelerinde bulunmuşlardır. Sucul besin ağının dışında, memeliler ve kuşlar tarafından da tüketilmektedirler. Dytiscidlerin tanıtıldığı bir yapay ortamda sivrisinek larva yoğunluğunda önemli bir azalma gözlenmiştir (Culler ve diğ., 2014). Bu bilgiler doğrultusunda ekolojik süreçlerde önemli yerler tutan Dytiscidlerin uzun süren kuraklık nedeniyle ortamda bulunamamasının, besin ağında hem avları hem avcılarını açısından çok basamaklı değişimlere neden olması ve sivrisinekler gibi normalde avladıkları grupların popülasyonlarında bir dengesizliğin ortaya çıkmasına neden olması beklenmektedir.

Ayrıca literatürde belirtildiği üzere kanibalizm özelliğine hâlihazırda sahip olan Dytiscidler, susuzluk gibi olumsuz durumlarda seçenekleri sınırlı olduğu zaman bu özelliklerini daha da belirgin hale getirirler. Doğal şartlarda bir çeşit popülasyon kontrol mekanizması olarak değerlendirilen bu durum elverişsiz ortam koşullarında türün bölgede varlığını devam ettirmesi için bir strateji olarak değerlendirilmiştir (Batzer ve Wissinger 1996). Bu durum yaşamsal faaliyetlerini sürdürebildikleri derecelerde bile susuzluk stresinin bu canlılar aracılığı ile oluşan çevresel etkilerinin olacağını göstermektedir.

5.2.8 On beşinci saat

Platycnemis pennipes (Insecta: Odonata) türüne ait bireylerin %3,8'i, bu grup için kaydedilen en yüksek ÖS olan on beşinci saatte ölmüştür.

Platycnemis pennipes türü, *Calopteryx virgo* ile birlikte Zygoptera subordosuna dahildir. Litertür taraması sonucu bu iki grubun benzer nişlere sahip olduğu ve *C. virgo* için anlatılan durumların *P. pennipes* için de geçerli olduğu görülmüştür. Calopterygidlere ek olarak Platycnemidler, Simulidler (Diptera) ve Ephemerler ile beslenmektedir (Yule, 1996; Córdoba-Aguilar, 2005). Bu bilgiler doğrultusunda, susuzluk stresi sebebiyle Platycnemidlerin bölgede

bulunamaması, yukarıda bahsedilen Calopterygidler ile paralel etkilere sebep olması beklenmektedir. Aynı nişi dolduran iki farklı türün ortamdaki yok olmasının uzun vadeli etkilerinin katlanarak artması benzer etkilerin birikmesine ve ekolojik denge içerisinde daha belirgin bir değişime yol açması öngörülmektedir.

5.2.9 On altıncı saat

Helophorus sp. (Insecta: Coleoptera) taksonuna ait olan tek birey ve *Gammarus* sp. (Crustacea: Amphipoda) taksonlarına ait olan bireylerin %3,6'sı, en yüksek ÖS değeri olan on altıncı saatte ölmüştür.

Helophorus sp., bu tezin deneyleri içerisinde Dytiscidae familyasına dahil olan 2 cinsten biridir. Bu cinsin komüniteden susuzluk nedeniyle eksilmesinin olası sonuçlarının on ikinci saatte *Platambus* sp. için bahsedilen etkiler ile paralel olması beklenmektedir. Ekosistemde aynı görevi yapan iki türün ortadan kalkması, olumsuz etkilerin birikerek artmasına ve trofik dengelerde daha önemli değişimlere yol açacaktır.

Gammarus sp.'yi içeren Gammaridae familyasından organizmalar bulundukları çevrede çok sayıda nişi dolduran bir gruptur (Holsinger, 1972). Odonatların midesinde Gammaridlere rastlanmıştır. Gammaridler özellikle Libellulidler gibi ağız parçaları küçük canlıları yakalayıp tutmaya uygun Odonatlar tarafından avlanmaktadır (Pritchard, 1964). *Gammarus* cinsi Amphipodlar toplayıcı beslenme tipi gösterirler ve sedimandaki organik döküntüyü tüketirler. Bu omurgasızlar döngüsel kolonizasyon gösterirler ve kuruduktan sonra bir su birikintisine geçici su yüzeyi bağlantıları ile veya kuşlar ve memelilerin vücutlarında taşınabilirler. Zemin materyalini kazarak buradaki nem sayesinde kuraklığa direnç gösteren Gammaridler, bu tez çalışmasının deneyleri boyunca yumuşak bir zeminde yer açmak için elverişli olarak değerlendirilen kıvrılıp açılma hareketi sergilemiştir (Cooper ve diğ., 2009). Uzun süreli bir susuzluk sonucu bölgedeki Gammaridlerin tamamen ölmesi, kısa süreli bir kuraklıktan sonra tekrar su ortamını kolonize edebilecek önemli bir detritivorun tekrar ortaya çıkmasını engelleyecek ve madde çevrimi üstünde olumsuz etkilere neden olacaktır. Bunun yanında, bu tezin susuzluk deneylerinde *Gammarus* sp. bireylerinin tamamının öldüğü on altıncı saatten itibaren deneyde sadece yırtıcı taksonları ve Lymnaeidae familyası kalmıştır. Bu durumun, doğada benzer bir komünite değişimi durumunda susuz ortama dayanabilen avcı türlerin önemli bir kısmının artık besin bulamaması ile sonuçlanmasına neden olması beklentiler dahilindedir.

5.2.10 Yirminci ve yirmi altıncı saatler

Onychogomphus forcipatus (Insecta: Odonata) taksonuna ait olan bireylerin %25'i en düşük ÖS değeri olan yirminci saatte ölmüştür.

Lymnaeidae (Mollusca: Gastropoda) taksonuna ait olan bireylerden en yüksek ÖS değerine sahip olan birey yirmi altıncı saatte ölmüştür. Bu birey, bu gruptaki bireylerin %1'ini temsil etmektedir.

Lymnaeidae familyası bireyleri, sucul Hemipterler gibi geniş bir yelpazedeki omurgasızlar tarafından tüketilirler (Appleton ve diğ., 2004). Avcıları arasında balıklar, kabuklular ve sülükler bulunur. Yayınlanmış literatüre göre, tatlı su gastropodları otobur veya detritivordur, ancak bazen leşçil beslenir. Bu bilgiyle uyumlu şekilde, bu tezin deneyleri sırasında Lymnaeidae'nin ölü hayvan materyalinin üzerinde kümelendiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, Lymnaeidae, kayalardan veya makrofitlerden alg ve diatomları kazıyan “mikro otoburlar” olarak sınıflandırılır. Bazı durumlarda Gastropodlar, ışık veya besinler için alg rekabetini azaltarak, yaşlanan hücreleri uzaklaştırarak veya besin döngüsü oranlarını artırarak, tükettikleri alglerin su içindeki artışı sağlar ve popülasyon büyüklüğünü dengede tutar. Ancak bu sadece Gastropod yoğunluğunun düşük olduğu durumlar için geçerlidir. Gastropodlar ayrıca algler ve detritusun kompleks bir karışımı olan perifiton materyalinin kalitesini (örneğin, azot-karbon oranları ve klorofil-a seviyeleri) değiştirebilir (Pyron ve Brown, 2015). Lymnaeidae'nin susuzluk sonucu akarsu bölgesinde ortadan kalkması, kuruyan ortam sonrasında tekrar suyla dolsa bile su ekosistemindeki fotosentetik organizmaların karmaşık ekolojik süreçleri üzerindeki katkılarını ortadan kaldıracaktır. Suyun içinde üreticilerin doğal dengeye sahip olmaması, trofik basamaklarda gittikçe yükselen dengesizlikler ve bozulmalar oluşmasında önemli bir risk teşkil etmektedir.

5.2.11 Otuz dördüncü saat

Orthetrum coerulescens (Insecta: Odonata) taksonuna ait olan tek birey otuz dördüncü saatte ölmüştür.

Tatlısu habitatlarının besin ağında, *O. coerulescens*'in (Insecta: Odonata) dâhil olduğu Anisoptera nimfleri, balıkların varlığına bağlı olarak, yırtıcılar arasında orta ila üst sıralarda yer alır. Genellikle sudan çıkıp erginliğe geçiş aşamasında savunmasız olan nimfleri özellikle

kuşlar ve karıncalar avlamaktadır. Anisoptera nimflerinin ana avcıları muhtemelen göllerdeki komünitenin şekillenmesinde önemli rol oynayan balıklardır. Balıksız göl ve akarsularda uç yırtıcılar olabilirler, ancak bu habitatlarda bile semenderler ve bazı büyük omurgasızlar (Dytiscidler (Coleoptera) ve Belostomatidler (Hemiptera) gibi) tarafından avlanırlar. *O. coerulescens*'i içeren familya olan Libellulidlerin genellikle plankton üzerinden beslendiği kaydedilmiştir (Suhling ve diğ., 2015). Özellikle Odonatlar içinde Libellulidlerin ağız parçaları Gammaridler veya Ostracodlar (Crustacea) gibi küçük, yakalaması zor avları tutmak için elverişlidir. Daha büyük boyutları olmasına rağmen Aeshnidae (Odonata) gibi familyaların yakalamakta zorlandığı canlılar için av baskısı oluştururlar (Pritchard, 1964). Anisoptera nimfleri ayrıca sıklıkla Zygopterleri avlarlar (Suhling ve diğ., 2015). Anisoptera nimflerinin bir akarsudaki varlığı, akarsu çevresindeki bitki florası üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Anisoptera erginlerinin tozlaştırıcıları avlaması sonucu bitkilerin yayılımları sınırlandırılmaktadır. (Knight ve diğ., 2005). Uzun süren bir kuraklık sonucu bu türün ortamda varlığını sürdürememesi, semenderlerin ve kuşların bölgede yayılımını baskılayacak, ortam suyunun geri kazanılması halinde bile Coleopterler ve Hemipterlerin besinlerini kısıtlayacaktır. Böyle bir ortamda plankton komünitesinin dengesi bozulma riskiyle karşı karşıya kalacaktır. Bu canlıların habitatta bulunmaması, hayvanlar âlemi içindeki trofik basamakların dışına uzanan etkilere neden olacak ve çevrenin bitki örtüsünde de değişimler ile sonuçlanacaktır.

5.2.12 Kırk sekizinci saat

Onychogomphus forcipatus (Insecta: Odonata) taksonundan bireylerin %50'sinin en yoğun ölüm oranı gösterdiği saat kırk sekizinci saat olmuştur.

Tipula sp. (Insecta: Diptera) taksonuna ait olan bireylerin %40'ının en yüksek ÖS değeri gösterdiği saat kırk sekizinci saat olmuştur. Yukarıda da bahsedildiği üzere Tipulidler susuz ortam stresi altındayken detritivor nişlerini terk edip fırsatçı avcılığa geçiş yapmaktadırlar. Bu canlıların uzun süreli susuzluğa maruz kalmaları sebebiyle ortamdan eksilmesi, tekrar suyla dolan ortamda önemli bir detritivorum olmayacağına işaret etmektedir. Bu durum organik döküntülerin tekrar yaşam döngülerine katılmasını sağlayan bir faktörün ortamdan eksilmesi anlamına gelmektedir. Buradan anlaşılabileceği üzere dayanabildikleri derecelerdeki susuzluk stresinin dahi bu canlılar aracılığı ile oluşan çevresel etkileri olacaktır. Ayrıca Tipulidler, Dipter olmalarıyla, topluluklarındaki Coleopterler ve Odonatlar için besin kaynağı oluşturmaktadırlar. Bu tez çalışmasının susuzluk deneyleri içerisinde *Tipula* sp. dışında kırk sekizinci saatte hala

yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilen canlılar sadece avcı Odonatlardır. Bu da, Tipulidlerin varlığını devam ettiremeyeceği kadar uzun süreli kuraklık yaşayan bir sucul ortamda Odonata grubunun besin kaynağı olabilecek hiçbir canlı kalmaması anlamına gelecektir (Nilsson, 1996b; Amundrud ve diğ., 2019).

5.2.13 Altmışınç ve yüz altmış sekizinci saatler

Onychogomphus forcipatus (Insecta: Odonata) taksonuna ait olan bireylerin %25'lik bir kısmı en yüksek ÖS olan altmışınç saatte ölmüştür.

Bu tezin deneyleri süresince 60 saat ile en yüksek ikinci ÖS değerine sahip olan *O. forcipatus* ve 138 saat ile en yüksek ÖS değerine sahip olan *G. vulgatissimus* (Insecta: Odonata) türlerinin ikisi de Gomphidae familyasına dâhildir. Gomphidler, Anisopter oluşlarıyla, uç yırtıcılar olma potansiyeline sahip karnivorlardır. Bulundukları suda balıkların olduğu durumlarda ise orta sırada yer alırlar. Üzerlerindeki av baskısını semenderler, kuşlar gibi omurgalılar veya sudaki büyük avcı omurgasızlar (Coleopterler ve Hemipterler) oluşturmaktadır. Gomphidler zemine kendilerini gömerak yaklaşan avları yakalarlar. Büyük vücutlu oluşlarıyla daha iri avları da yakalayabilmeleri beklenmekle beraber, çoğunlukla Chironomid larvaları veya Oligochaetler gibi zemin materyalinde rastlanan omurgasızları tüketirler (Suhling ve diğ., 2015). Gomphidleri içeren Anisoptera grubunun bir akarsudaki varlığının, çevreleyen bitki örtüsü üzerinde belirleyici etkisi olduğu bilinmektedir. Ergin anisopterler tozlaştırıcıları avlayarak floradaki bitkilerin yayılımlarını sınırlandırmaktadır. (Knight ve diğ., 2005).

Bu tez çerçevesinde gerçekleştirilen susuzluk deneylerinin sonuçları doğrultusunda, kurumuş bir akarsu ortamında faunayı temsil eden son canlı hayvanların Gomphidler olması beklenmektedir. Gomphidler susuzluk deneylerinin uzun süresi boyunca hareketsiz kalmış, ölüm saatine yaklaştıkça yer değiştirmeye çalışmışlardır. Uzun süre hareketsiz kalmaları, susuzluğa olan görece yüksek toleranslarının bir sonucu olarak tekrar suyla karşılaşana kadar enerjilerini korumaya yönelik bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Gomphidlerin susuzluk stresi nedeniyle ortamda bulunamaması, onlar üzerinden beslenen semenderler veya kuşların akarsu kaynaklı edinebilecekleri son besin maddesinin de ortadan kaybolması anlamına gelmektedir. Ayrıca ergin Gomphidlerin olmadığı bir habitatta, tozlaştırıcıların doğal avcılarından biri eksilecek ve bitki yayılımı üzerinde kurulmuş dengelerin değişme riski oluşacaktır. Nimf evresindeki Gomphidlerin besinlerini oluşturan sucul omurgasızlar daha önce

ortadan kaybolduğu için su ortamı içerisindeki besin zincirinde aşağı yönlü bir değişime sebep olacağı öngörülmemektedir. Bununla birlikte son Gomphidae bireyinin de ortadan kalktığı bir kurumuş akarsu ortamında tekrar kolonizasyon süreçleri yaşanmadığı sürece faunanın çok ciddi bir çeşitlilik kaybına uğramış olacağı yorumu yapılabilir.

Gomphus vulgatissimus (Insecta: Odonata) taksonuna ait olan bireylerin en yüksek ÖS gösteren birey, yüz altmış sekizinci saatte ölmüştür. Bu birey bu türün bireylerinin %16,6'sını temsil etmektedir.

G. vulgatissimus, bu tezin susuzluk deneylerindeki ani ve kuvvetli susuzluk şartlarında bile 168 saat (1 hafta) gibi çok yüksek bir sürede hayatta kalmıştır. Daha önce Odonata ordosuna ait olan *Cordulegaster heros* (Odonata: Anisoptera) bireyleri üzerinde yapılan bir çalışmada, yavaş kuruyan doğal zemin materyalinin nemli etkisi sonucu bu bireylerin yarısının 2 hafta yaşadığı görülmüştür. Bu deneyde şiddetli susuzluk koşulları altında *C. heros*'un en yakın akrabası olan *Orthetrum coerulescens* (Odonata: Anisoptera) 34 saatlik bir ÖS değeri göstermiştir. Bu tezin susuzluk deneylerindeki bir Odonatın, doğal şartları taklit eden bir deneyse en yakın akrabası ile arasında neredeyse 2 hafta fark olması, *G. vulgatissimus*'un (Odonata: Anisoptera) da doğada 168 saatten çok daha uzun bir süre boyunca yaşayabileceğine işaret etmektedir. Doğal döngüsü dışında kuruyan bir akarsuda bulunan *G. vulgatissimus*'ların tamamının ölmüş olması, bu akarsu ortamının çok ciddi bir kuruma etkisine maruz kaldığını ve söz konusu ortamın geri dönülemez bir hasar alacak kadar fazla kurumuş olabileceğini düşündürmelidir.

5.2.14 Olası çevresel etkilerin özeti ve makrobentik omurgasız komünitesinin iyileştirilmesine yönelik notlar

Besin ağının farklı bölgelerinde konumlanan makrobentik omurgasızlar bulundukları ekosistemde çok sayıda, bağımlı veya bağımsız, basit veya karmaşık etkilere sahiptirler. Susuzluk stresine farklı tolerans düzeyleri göstermekle birlikte eninde sonunda kuru ortamın sebep olduğu besin kaybı veya metabolik su eksikliği nedenleriyle ölecek olan bu canlıların yok olması, bulundukları ekosisteme aşağıdaki katkılarının ortadan kalkacağı anlamına gelmektedir:

- Üreticilerin doğadaki dengesine katkıda bulunarak trofik basamakların ilkinin işlevine destek olurlar.

- Oksijen ve organik madde çevrimini sağlayarak ortamın yaşama elverişliliğini arttıırırlar.
- Ölü hayvan dokularını ayrıştırarak ortamın yaşama elverişsiz hale gelmesini engelleyici etki gösterir.
- Su içi veya su dışı ortamda popölasyon dengesine kritik katkılarda bulunurlar.
- İnsanlar için tıbbi öneme sahip organizmaların yayılımını belirleyici etkileri vardır.
- Omurgalıları, hatta bitkiler için bile önemli birer biyolojik unsurdurlar.
- Suyun fiziko-kimyasal özelliklerine gösterdikleri farklı aralıklardaki toleransları sebebiyle akarsu sağlığının biyolojik indikatörler olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Dalu ve diğ., 2022).

Biyoindikatör canlıların mümkün olduğunca fazla taksonunun hayatta kalması, su kalitesi çalışmaları için kilit önem arz etmektedir. Taksonları bakımından daha zengin bir biyolojik indeksin, tatlısu ekosistemlerinin elverişliliğini ve sorunlarını değerlendirmek için tek bir gösterge kullanan indekslerden daha anlamlı olduğu literatürde belirtilmiştir (Heino ve diğ., 2003). Bu nedenle her bir indikatör tür ekolojik ölçütler için önem arz eder ve hem doğal zenginlik olarak hem de bilimsel çalışmaların kalitesi için her biri önemlidir.

Kurak dönemin ardından sulak alanlar yeniden suyla dolduğunda omurgasız toplulukları öngörülebilir bir yapılanmayla tekrar ortamda ortaya çıkmaya başlar. Ortaya ilk çıkan canlılar çoğunlukla, diyapoz durumundaki yumurtalar veya pupalar olarak kuraklık boyunca varlığını sürdüren omurgasızlardan oluşur. Bazı Dipterler ve bazı mikro kabuklular bu şekilde kuraklıktan sağ çıkmak için özellikle iyi adapte olmuşlardır. Daha sonra, çoğu yırtıcı olan döngüsel kolonicilerin çeşitli bağlantılarla su ortamına katılmasıyla komünite daha karmaşık hale gelir. Bunlar genellikle Odonatlar veya Hemipterlerdir. *Gammarus* sp. gibi Amfipodlar ise geçici su yollarından veya diğer hayvanlar tarafından taşınabilmektedir. Böyle ortamların sert koşulları genellikle balıkların ortaya çıkmasını engeller ve bu bölgelerde Hemipterler ve Odonatlar en yüksek yırtıcı nişleri işgal eder. Bu etkileşimler, hidroperiyot arttıkça tatlı su omurgasız komünitelerinin unsurlarının belirlenmesinde giderek daha önemli hale gelir (Cooper ve diğ., 2009).

California'da gerçekleşen 5 yıllık bir kuraklık sonucunda makroomurgasız kompozisyonunun, kuraklığın bitiminden 12 yıl sonra bile eski haline gelmemiştir (Béche ve diğ. 2009). Benzer

şekilde, Arizona’da sürekli akarsu olan bir çöl deresinin süreksiz akarsuya dönmesi sonucu, makroomurgasızların kompozisyonu en az 4 yıl boyunca eski haline dönmemiştir (Bogan ve Lytle 2011). Chessman tarafından 2014 yılında yayınlanan bir çalışmada, kurak dönem geçiren ve ardından tekrar sulak bir dönem geçiren makroomurgasız faunasının familya bazında %22’sinin yayılımının belirgin şekilde düştüğünü ortaya koymuştur. Bu tez çalışması kapsamında yürütülen sediman kurutma deneyinde doğal su kütlesini kaybeden bir tatlısu ortamında suyun geri dönüşü sonrasında canlanacak olan yumurta veya pupa aşamasında dayanıklı makrobentik omurgasızlar olup olmadığı test edilmiştir. Bu deneyin sonucunda tekrar ıslatılan zemin materyalinde yalnızca Protozoonlar, Ostracodlar (Crustacea) ve Nematodlar ortaya çıkmıştır (Tablo 4.3). Canlanmanın sayılı gruplarla sınırlı olması ve üreme olasılığı olabilecek Annelida veya Amphipoda gibi canlıların olmaması dolayısı ile suyun geri dönüşü sonrasında ortamda canlılığın yeniden başlamasının zayıf olacağı yorumu yapılabilmektedir. Bu bağlamda daha fazla ve daha uzun vadede çalışmaların yapılması önemlidir, çünkü susuzluk koşullarının tatlısu omurgasızları üzerindeki etkilerini anlamak, değişmekte olan iklimsel rejimlerin bu canlılar üzerindeki etkilerini tahmin etme imkânını arttıracaktır (Strachan, 2014).

Tatlısu omurgasızlarının komünitelerinde tür kompozisyonunun değişim oranının, atmosferik solunum ile pozitif ilişkili olduğu gösterilmiştir. Analizler sonucunda solunum becerisinin susuzluğa yönelik direncin temel itici gücü olduğu yorumu yapılmıştır (Chessman, 2014). Bu tez çalışmasının susuzluk deneyleri atmosferik solunum becerisi bakımından karışık sonuç vermiştir. Atmosferik solunum becerisi kazanan Anisopterler diğer gruplara kıyasla daha uzun süre yaşamış olmakla beraber, yine atmosferik solunum yapabilen Lymnaeidler 1. saatten itibaren ölmeye başlamıştır (Şekil 5.1).

Solunum becerisinin susuzluk toleransına etki eden tek bir parametre olduğu ve parametrelerin hepsinin birbirinden bağımsız olmayabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Daha soğuk sulara yaşayabilen omurgasızların soğuk suda bulunan daha yoğun oksijene de ulaşımı olması beklenmektedir. Su sıcaklığının artması, suda çözünmüş oksijeni de azaltacağından dolayı sıcaklık, ulaşılabilen oksijene de etki edecektir. 2012 yılında bir *Calopteryx virgo* nimfinde sıcaklık artışına olan toleransın suda bulunan erişilebilir oksijen ile doğru orantılı olarak arttığı gösterilmiştir (Verberk ve Calosi, 2012). Benzer bir doğru orantı, suyun akış hızı ile de gözlenebilir. Bu konuda yapılacak çalışmalar yorumlanırken bu durumlar göz önünde bulundurulmalıdır.

5.3 SONUÇ

Organizmalar, dolayısı ile sucul omurgasızlar, homeostazi ve temel fizyolojik işlevlerini sürdüremedikleri ortamda hayatta kalamaz. Ancak sucul omurgasızlarının hayat döngülerinin sağlıklı bir şekilde devam etmesi için gerekli su ortamları, iklim değişikliği veya insan etkileri nedeniyle değişmekte veya azalmaktadır. Bu nedenle iklim senaryolarının öngörülmesi karar vericilerin çevreyi koruma çabalarında doğru yönlendirilmesi için çok önemlidir. Bilim insanlarının, iklimsel değişimler sonucunda komünite kompozisyonunda meydana gelecek değişimleri önceden tahmin etme becerisi, bu kompozisyonu oluşturan canlıların fizyolojik özelliklerinin ortaya konmasıyla kuvvetli şekilde gelişecektir. Bunun bir parçası olarak su kaynaklarının yok olması sonucunda doğal çevrede meydana gelecek popülasyon azalmaları ve dağılım değişimlerinin öngörülmesinde en etkili göstergelerden biri tatlısu omurgasızlarının susuzluk toleransıdır (Xuchun, 2013; Sokolova ve diğ., 2012; Céréghino, 2020).

Makrobentik omurgasızlar, bulundukları ekosistemde çok sayıda, bağımlı veya bağımsız, basit veya karmaşık etkilere sahip olabilirler. Susuzluk stresine farklı derecelerde tolerans göstermektedirler. Bu tez çalışması kapsamında 1 saat ile 168 saat arasında bir yelpazede değişen bu toleransı belirleyebilecek olan etkenler arasında: kutikulanın sertliği ve kalınlığı, havadan solunum yapabilme becerisi ve özellikle vücudun içinde su tutabilme kapasitesi göze çarpmaktadır. Bu canlıların susuzluk tolerans düzeyleri kurumakta olan tatlısu ortamındaki stres koşullarından biri olarak buradaki komünitelerin önemli bir yönlendirici etkeni olacaktır. Toleranslı gruplar olmakla beraber, yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmek için eninde sonunda su ortamına ihtiyaç duyan makrobentik omurgasızlar; metabolik su ihtiyaçlarını karşılayamamaları veya besinlerinin susuzluk nedeniyle ortadan kalkması sonucunda bölgede nesillerinin tükenme tehlikesiyle karşı karşıyadır.

Bu tez çalışması kapsamında tek bir ortam koşulu, su miktarı, değiştirilerek tek bir tolerans parametresi izole halde çalışılmıştır. Sabit ortam sıcaklığı altında yürütülen deneylerde diğer parametrelerin deney sonuçlarını etkileme ihtimali minimize edilmiştir. Bu durum, doğal ortam koşullarına kıyasla yapay bir çevre olması nedeniyle doğal ortamdaki karmaşık ekolojik süreçlerin doğrudan bir simülasyonu olarak değil, doğada görülen bu karmaşık ekolojik süreçlerden birinin net bir şekilde tanımlanması için bir ilk adım niteliğiyle değerlendirilmektedir. Ek olarak, bu tez çalışması kapsamında Karasu Deresi ve Davul Dere'nin makrobentik omurgasızlarının literatüre ilk kayıtları sağlanmıştır. |

KAYNAKLAR

- [Abreu, A.M.D., 2013, Structural and functional responses of macrobenthic communities to climate variability: a comparison between distinct climate scenarios, PhD Thesis, Faculdade De Ciências E Tecnologia Universidade De Coimbra.
- Alptekin, D., Kasap, M., Luleyap, U., Kasap, H., Aksoy, S. ve Wilson, M.L., 1999, Sandflies (Diptera: Psychodidae) Associated with Epidemic Cutaneous Leishmaniasis in Sanliurfa, Turkey, *Journal of Medical Entomology*, Volume 36, Issue 3, Pages 277–281,
- Amundrud, S.L., Clay-Smith, S.A., Flynn, B.L., Higgins, K.E., Reich, M.S. ve Wiens, D.R.H., Srivastava, D.S., 2019, Drought alters the trophic role of an opportunistic generalist in an aquatic ecosystem. *Oecologia*. 189:733–744, DOI: 10.1007/s00442-019-04343-x
- Anonim, 2015, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm>, [Ziyaret tarihi: 20 Kasım 2022, Saat: 16:05]
- Anonim, <https://www.un.org/en/climatechange/> [Ziyaret tarihi: 29 Haziran 2022, Saat: 16:00]
- Appleton, C.C., Hofkin, B.V. ve Bajnath, A., 2004, Macro-invertebrate predators of freshwater pulmonate snails in Africa, with particular reference to *Appasus grassei* (Heteroptera) and *Procambarus clarkii* (Decapoda). *African Journal of Aquatic Science*. 29. 10.2989/16085910409503809.
- Atış, S., 2020, Mustafa Kemal Paşa Çayı'nın Bentik Omurgasız Faunası Ve Kirlilik İlişkisinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Badawy, R. ve Mohamed, H.I., 2015, Chitin extration, Composition of Different Six Insect Species and Their Comparable Characteristics with That of the Shrimp. *Journal of American science*. 11. 127.
- Bae, Y.J., Kil, H.K., Bae, K.S., 2005, Benthic Macroinvertebrates for Uses in Stream Biomonitoring and Restoration, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 9 (1), 55-63, 10.1007/BF02829098
- Başkaya, Ş., Başkaya, E. ve Sarı, A., 2011, The principal negative environmental impacts of small hydropower plants in Turkey. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6 (14), 3284-3290, DOI: 10.5897/AJAR10.786
- Batzer, D.P. ve Wissinger, S.A., 1996, Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annu Rev Entomol*. 41, 75–100

- Bêche L.A., Connors P.G., Resh V.H. ve Merenlender A.M., 2009, Resilience of fishes and invertebrates to prolonged drought in two California streams. *Ecography*, 32, 778–788.
- Block, M.D., ve Stoks, R., 2005, Fitness Effects from Egg to Reproduction: Bridging the Life History Transition. *Ecology*, 86 (1), 185–197. <http://www.jstor.org/stable/3450999>
- Bogan M.T. ve Lytle D.A., 2011, Severe drought drives novel community trajectories in desert stream pools. *Freshwater Biology*, 56, 2070–2081.
- Bondaruk, J., Janson, E., Wysocka, M. ve Chałupnik, S., 2015, Identification of hazards for water environment in the Upper Silesian Coal Basin caused by the discharge of salt mine water containing particularly harmful substances and radionuclides, *Journal of Sustainable Mining*, Volume 14, Issue 4, 179-187, ISSN 2300-3960, <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2016.01.001>.
- Boulton, A.J. ve Lake, P.S., 2008, Effects of drought on stream insects and its ecological consequences, *Aquatic Insects. Challenges to Populations*, In: J. Lancaster & R.A. Briers (eds.), pp. 81–102. CAB International, Wallingford.
- Boulton, A.J., 2003, Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biology*, 48, 1173–1185.
- Buluta, S., Finau, I., Brodie, G. ve Hodge, S., 2010, A preliminary study into the potential of mayflies (Ephemeroptera: Baetidae and Caenidae) as bio-indicators of stream health in Fiji. *The South Pacific Journal of Natural Science*, 28, 82-84, 10.1071/SP10011.
- Bunn, S.E. ve Hughes, J.M., 1997, Dispersal and recruitment in streams: evidence from genetic studies, *J N Am Benthol Soc*, 16, 338–346
- Céréghino, R., Françoise, L., Bonhomme, C., Carrias, J., Compin, A., Corbara, B., Jassey, V., Leflaive J., Rota, T., Farjalla, V., Leroy, C., 2020, Desiccation resistance traits predict freshwater invertebrate survival and community response to drought scenarios in a Neotropical ecosystem, *Ecological Indicators*, Volume 119, 106839, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106839>.
- Chessman, B.C., 2014, Relationships between lotic macroinvertebrate traits and responses to extreme drought. *Freshwater Biology*, 60, 50–63, doi:10.1111/fwb.12466
- Chiba, W.A.C., Passerini, M.D. ve Tundisi, J.G., 2011, Metal contamination in benthic macroinvertebrates in a sub-basin in the southeast of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71, 391-399.
- Cooper, M.J., Uzarski, D., G. ve Burton, T.M., 2009, Benthic Invertebrate Fauna, *Wetland Ecosystems*, 10.1016/B978-012370626-3.00165-4.

- Córdoba-Aguilar, A. ve Cordero-Rivera, A., 2005, Evolution and ecology of Calopterygidae (Zygoptera: Odonata): status of knowledge and research perspectives. *Neotropical entomology*, 34, 861-879.
- Courtney, G.W. ve Merritt, R.W., 2009, Diptera (Non-Biting Flies), *Encyclopedia of Inland Waters*, Academic Press, 2009, Pages 288-298, ISBN 9780123706263, <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00170-8>
- Culler, L.E., Ohba, S. ve Crumrine, P., 2014, Predator-Prey Interactions of Dytiscids. *Ecology, Systematics, and the Natural History of Predaceous Diving Beetles (Coleoptera: Dytiscidae)*, Springer Dordrecht, 10.1007/978-94-017-9109-0_8.
- Çelik, Ç., 2022, Balık Mide İçeriği İle Akarsu Bentik Makroomurgasız Faunasının İlişkileri Üzerine Bir Çalışma, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Çetinkaya, F. ve Bekleyen, A., 2016, Spatial and temporal distribution of aquatic insects in the Dicle (Tigris) River Basin, Turkey, with new records. *Turk J Zool*, 41, 102-112, TÜBİTAK, doi:10.3906/zoo-1512-56
- Dalu, T., Cuthbert, R.N., Methi, M.J., Dondofema, F., Chari, L.D. ve Wasserman, R.J., 2021, Drivers of aquatic macroinvertebrate communities in a Ramsar declared wetland system. *Science of the Total Environment*, 818, 151683, 10.1016/j.scitotenv.2021.151683
- Damme, K.V., ve Dumont, H.J., 1999, Drought-Resistant Larva of *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798) (Odonata: Libellulidae) In the Lençois Maranhenses, NE-Brazil, *International Journal of Odonatology*, 2 (1), 69-76.
- Davies, P.M., 2010, Climate change implications for river restoration in global biodiversity hotspots. *Restor Ecol*, 18, 261–268
- Dokumcu, N., Ozulug, O. ve Kosal-Sahin, S., 2018, Determination of Benthic Macroinvertebrate Fauna of Istranca Stream (Durusu-İstanbul) With Some Physico-chemical Variables. *FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN*, 27 (3), 1906-1913.
- Dolbeth, M., Cardoso, P.G., Grilo, T.F., Bordalo, M.D., Raffaelli, D. ve Pardal, M.A., 2011, Long-term changes in the production by estuarine macrobenthos affected by multiple stressors. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 92, 10-18 10.1016/j.ecss.2010.12.006.
- Dorak, Z., 2019, A preliminary study on using rotifera fauna to determine the trophic level of the Büyükçekmece Reservoir (İstanbul, Turkey). *Aquatic Sciences and Engineering*, 34 (4), 103-111.

- Duran, M., Akyildiz, G. ve Sari, A., 2007, Gökpinar Çayının Büyük Omurgasız Faunası ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 5, 577-583.
- Durance, I. ve Ormerod, S.J., 2007, Climate change effects on upland stream macroinvertebrates over a 25-year period. *Glob Change Biol* 13, 942–957
- Ergünay, K., Polay, C. ve Özkul, A., 2020, Vector-borne viruses in Turkey: A systematic review and bibliography, *Antiviral Research*, Volume 183, 104934, ISSN 0166-3542, <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2020.104934>.
- Fryer, G., 1996, Diapause, a potent force in the evolution of freshwater crustaceans. *Hydrobiol*, 320, 1–14
- Gadissa, T., Nyadawa, M., Mutua, B. ve Behulu, F., 2019. Comparative Assessment of the Effect of Climate Change and Human Activities on Streamflow Regimes in Central Rift Valley Basin, Ethiopia. *American Journal of Water Resources*, 7 (1), 23-29.
- Grimm, N.B., Chacon, A., Dahm, C.N., Hostetler, S.W., Lind, O.T., Starkweather, P.L. ve Wurtsbaugh, W.W., 1997, Sensitivity of aquatic ecosystems to climatic and anthropogenic changes: the basin and range, American southwest and Mexico. *Hydrol Process*, 11, 1023–1041
- Griswold M.W., Berzinis R.W., Crisman T.L. ve Golladay S.W., 2008, Impacts of climatic stability on the structural and functional aspects of macroinvertebrate communities after severe drought. *Freshwater Biology*, 53, 2465–2483.
- Haedicke, C.W., Rédei, D. ve Kment, P., 2017, The diversity of feeding habits recorded for water boatmen (Heteroptera: Corixoidea) world-wide with implications for evaluating information on the diet of aquatic insects. *European Journal of Entomology*, 114, 147-159, 10.14411/eje.2017.020.
- Hall, F.G., 1992, The vital limit of exsiccation of certain animals. *Biol Bull* 42, 31–51
- Hancock, P, 2002, Human Impacts on the Stream–Groundwater Exchange Zone. *Environmental Management*, 29, 763–781, 10.1007/s00267-001-0064-5.
- Hand, S.C., Jones, D., Menze, M.A. ve Witt, T.L., 2007, Life without water: expression of plant LEA genes by an anhydrobiotic arthropod, *J Exp Zool*, 307A, 62–66.
- Heino, J., Muotka, T., Paavola, R. ve Paasivirta, L., 2003, Among-taxon congruence in biodiversity patterns: can stream insect diversity be predicted using single taxonomic groups?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60 (9), 1039-1049.
- Holsinger, J.R., 1972, The freshwater amphipod crustaceans Gammaridae of North America, KIP Data Sets and Technical Reports, 79.

- Iversen T.M., Wiberg-Larsen, P., Birkholm-Hansen, S. ve Hansen, F.S., 1978, The effect of partial and total drought on the macroinvertebrate communities of three small Danish streams. *Hydrobiologia*, 60, 235–242.
- Johnson, A.W. ve Hays, K.L., 1973, Some Predators of Immature Tabanidae (Diptera) in Alabama 1, *Environmental Entomology*, 2 (6), 1116–1117, 10.1093/ee/2.6.1116.
- Johnson, R.K., Wiederholm, T. ve Rosenberg, D.M., 1993, Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, 40-158.
- Kazancı, N. ve Dügel, M., 2000, An Evaluation of the Water Quality of Yuvarlakçay Stream, in the Köycegiz-Dalyan Protected Area, SW Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, Vol. 24, No. 1, Article 8, <https://journals.tubitak.gov.tr/zoology/vol24/iss1/8>
- Kazancı, N. ve Girgin, S., 1998, Distribution of Oligochaeta species as bioindicators of organic pollution in Ankara Stream and their use in biomonitoring. *Turkish Journal of Zoology*: Vol. 22: No. 1, Article 9. <https://journals.tubitak.gov.tr/zoology/vol22/iss1/9>
- Kırkağaç, M. ve Köksal, G., 2004, Akarsularda bentik makroomurgasızların su kirliliğine karşı tepkilerinin belirlenmesi: biyotik ve çeşitlilik indekslerin kullanımı, *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 2 (3), 345-353.
- Knight, T.M, McCoy, M.W., Chase, J.M., McCoy, K.A. ve Holt, R.D., 2005, Trophic cascades across ecosystems, *Nature*, 437, 880–883, <https://doi.org/10.1038/nature03962>
- Koç, C., 2014, A study on the development of hydropower potential in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 39 (2014) 498–508.
- Lake, P.S., 2003, Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters, *Freshwater Biology*, 48, 1161–1172.
- Ledger, M.E., Brown, L.E., Edwards, F.K., Milner, A.M. ve Woodward, G., 2013, Drought alters the structure and functioning of complex food webs. *Nature Climate Change*, 3, 223–227.
- Lee, D.J. ve Matthews, P.G.D., 2021, How insects transition from water to air: Respiratory insights from dragonflies, *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, Volume 253, 110859, ISSN 1095-6433, <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110859>.
- Lee, D.J., Gutbrod, M., Ferreras F.M. ve Matthews, P.G.D., 2018, Changes in hemolymph total CO₂ content during the water-to-air respiratory transition of amphibiotic dragonflies. *J Exp Biol*, 221 (15), jeb181438, <https://doi.org/10.1242/jeb.181438>

- Malmqvist, B. ve Rundle, S., 2002, Threats to the Running Water Ecosystems of the World, *Environmental Conservation*, 29 (2), 134 – 153, 10.1017/S0376892902000097.
- Marshall, D.J. ve McQuaid, C.D., 1991, Metabolic rate depression in a marine pulmonate snail: pre-adaptation for a terrestrial existence?, *Oecologia*, 88 (2), 274-276, 10.1007/BF00320822.
- Mastrantuono, L., 1986, Littoral Sand Zoobenthos and Its Relation To Organic Pollution In Lake Nemi (Central Italy), *HYDROBIOLOGICAL BULLETIN*, 19 (2), 171 – 178.
- Mezgebu, A., 2022, A review on freshwater biomonitoring with benthic invertebrates in Ethiopia, *Environmental and Sustainability Indicators*, Volume 14, 2022, 100174, ISSN 2665-9727, <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100174>.
- Mullens, B.A., 2019, Horse Flies and Deer Flies (Tabanidae). *Medical and Veterinary Entomology*, 327–343, doi:10.1016/b978-0-12-814043-7.00016-9
- Nilsson, A.N.(Ed.), 1996a, *Aquatic insects of North Europe: a taxonomic handbook* (Vol. 1). Apollo Books.
- Nilsson, A.N.(Ed.), 1996b, *Aquatic Insects of North Europe: Odonata-Diptera* (Vol. 2). Apollo Books.
- Özuluğ, M., Saç, G. ve Gaygusuz, Ö., 2013, İstilacı Özellikteki *Gambusia holbrooki*, *Carassius gibelio* ve *Pseudorasbora parva* (Teleostei) Türleri İçin Türkiye’den Yeni Yayılım Alanları, *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 28, 1-22
- Pallarés, S., Velasco, J., Millán, A., Bilton, D.T. ve Arribas, P., 2016, Aquatic insects dealing with dehydration: do desiccation resistance traits differ in species with contrasting habitat preferences?, *PeerJ*, 4:e2382, <https://doi.org/10.7717/peerj.2382>
- Pauls, S.U., Graf, W., Haase, P., Lumbsch, H.T. ve Waringer, J., 2008, Grazers, shredders and filtering carnivores—the evolution of feeding ecology in Drusinae (Trichoptera: Limnephilidae): insights from a molecular phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 46 (2), 776-791.
- Pennart, A. ve Matthews, P.G.D., 2020, The bimodal gas exchange strategies of dragonfly nymphs across development, *Journal of Insect Physiology*, Volume 120, 103982, ISSN 0022-1910, <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2019.103982>.
- Pernecker, B., Mauchart B. ve Csabai, Z., 2020, What to do if streams go dry? Behaviour of Balkan Goldenring (*Cordulegaster heros*, Odonata) larvae in a simulated drought experiment in SW Hungary, *Ecological Entomology*, 45, 1457–1465, DOI: 10.1111/een.12931

- Pritchard, G., 1964, The Prey of Dragonfly Larvae (Odonata; Anisoptera) In Ponds In Northern Alberta. *Canadian Journal of Zoology*. 42 (5), 785-800, <https://doi.org/10.1139/z64-076>
- Pyron, M. ve Brown, K.M., 2015, Chapter 18 - Introduction to Mollusca and the Class Gastropoda. Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates* (Fourth Edition), Academic Press, In: Thorp, J.H., Rogers, D.C. (Eds.), 383-421, ISBN 9780123850263, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385026-3.00018-8>.
- Qazi, A.H. ve Ashok, K.P., 2012, Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors, *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, Vol. 4 (7), 114-123
- Rebecchi, L., Altiero, T., Guidetti, R., 2007, Anhydrobiosis: the extreme limit of desiccation tolerance. *Int Sci J*, 4, 65–81
- Robson, B.J., Chester, E.T., Austin, C.M., 2011, Why life history information matters: drought refuges and macroinvertebrate persistence in non-perennial streams subject to a drier climate. *Mar Freshw Res*, 62, 801–810
- Rumbos, C. ve Kungolos, A., 2014, Evaluation of water quality of a mountainous stream (Pelion, Central Greece) using benthic macroinvertebrates. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23 (11), 2904-2908.
- Sarremejane, R., Stubbington, R., Dunbar, M.J., Westwood, C.G. ve England, J., 2019, Biological indices to characterize community responses to drying in streams with contrasting flow permanence regimes, *Ecological Indicators*, 107,
- Shi, X., Liu, J., You, X., Bao, K., Meng, B. ve Chen, B., 2016, Evaluation of river habitat integrity based on benthic macroinvertebrate-based multi-metric model. *Ecological Modelling*, 353, 63-76.
- Shoda, M.E., Gorbach, K.R., Benbow, M.E. ve Burky, A.J., 2010, Cascade macroinvertebrate assemblages for in-stream flow criteria and biomonitoring of tropical mountain streams. *River research and applications*, 28 (3), 326-337.
- Sim, L.L., Davis, J.A., Strehlow, K., McGuire, M., Trayler, K.M., Wild, S., Papas, P.J. ve O'Connor, J., 2013, The influence of changing hydroregime on the invertebrate communities of temporary seasonal wetlands, *Freshw Sci*, 32, 327–342
- Sokolova, I.M., Frederich, M., Bagwe, R., Lannig, G. ve Sukhotin, A.A., 2012, Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Mar. Environ. Res*, 79, 1–15, <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.12.010>.

Stoks, R., 1998, Effect of lamellae autotomy on survival and foraging success of the damselfly *Lestes sponsa* (Odonata: Lestidae). *Oecologia* 117, 443–448, 10.1007/s004420050679

Stanley, E.H., Buschman, D.L., Boulton, A.J., Grimm, N.B., ve Fisher, S.G., 1994, Invertebrate Resistance and Resilience to Intermittency in a Desert Stream. *The American Midland Naturalist*, 131 (2), 288–300, 10.2307/2426255

Strachan, S.R., Chester, E.T. ve Robson, B.J., 2015, Freshwater invertebrate life history strategies for surviving desiccation, *Springer Science Reviews*, 3 (1), 57-75.

Stubbington, R., Greenwood, A.M., Wood, P.J., Armitage, P.D., Gunn, J. ve Robertson, A.L., 2009, The response of perennial and temporary headwater stream invertebrate communities to hydrological extremes, *Hydrobiologia*, 630, 299–312, <https://doi.org/10.1007/s10750-009-9823-8>

Suhling, F., Sahlén, G., Gorb, S., Kalkman, V.J., Dijkstra, K.B. ve Tol, J.V., 2015, Chapter 35 - Order Odonata, Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates* (Fourth Edition), Academic Press, In: Thorp, J.H., Rogers, D.C. (Eds.), 893-932, ISBN 9780123850263, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385026-3.00035-8>.

Şahin, Y., 1984., Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri Akarsu ve Göllerindeki Chironomidae (Diptera) Larvalarının Teşhisi ve Dağılımları. *Anadolu Üniv. Yay. No: 57, Fen-Ed.Fak. Yay. No: 2, Eskişehir*, 145 s.

Timm, T. ve Martin, P.J., 2015, Chapter 21 - Clitellata: Oligochaeta, Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates* (Fourth Edition), Academic Press, In: Thorp, J.H., Rogers, D.C. (Eds.), 529-549, ISBN 9780123850263, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385026-3.00021-8>.

Verberk, W.C.E.P. ve Calosi, P., 2012, Oxygen limits heat tolerance and drives heat hardening in the aquatic nymphs of the gill breathing damselfly *Calopteryx virgo* (Linnaeus, 1758). *Journal of Thermal Biology*, 37, 224–229.

Wetzel, R.G., 2017, *Limnology Lake and River Ecosystems Third Edition*. Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN: 978-605-320-739-9.

Williams, D.D., 1996, Environmental constraints in temporary fresh waters and their consequences for the insect fauna, *Journal of the North American Benthological Society*, 15, 634–650.

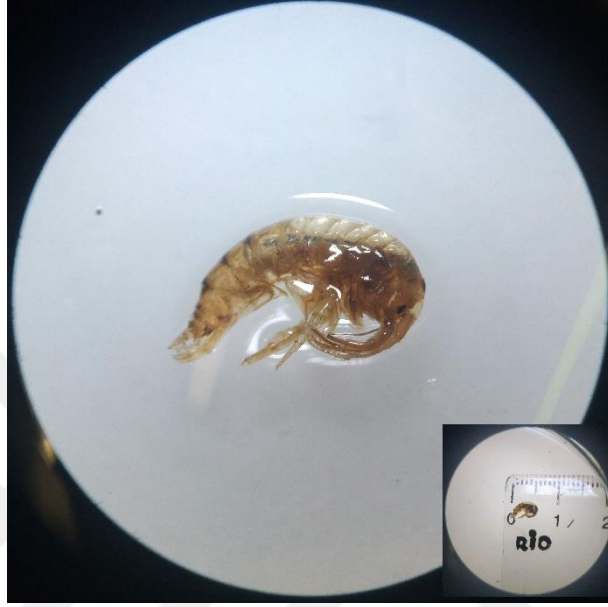
Ye, X., Zhang, Q., Liu, J., Li, X. ve Xu, C., 2013, Distinguishing the relative impacts of climate change and human activities on variation of streamflow in the Poyang Lake catchment, China, *Journal of Hydrology*, 494, 83–95

Yaltalıer, 2007, Karasu Deresinin Ostracod Faunası Ve Fiziko-kimyasal Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yule, C.M., 1996, Trophic Relationships and Food Webs of the Benthic Invertebrate Fauna of Two Aseasonal Tropical Streams on Bougainville Island, Papua New Guinea. *Journal of Tropical Ecology*, 12 (4), 517–534, <http://www.jstor.org/stable/2560306>

Yüce, A. ve Aktaş, M., 2020, Tahtalı, Davuldere ve Çayırköy Göletlerinin (Kocaeli) Algleri ve Su Kaliteleri Üzerine Bir Çalışma. *Iğdır Üniv. Fen Bil Enst. Der*, 10 (3), 1539-1550.



EKLER**EK-1: TAYİN EDİLEN MAKROBENTİK OMURGASIZLARA AİT FOTOĞRAFLAR.**

Şekil EK-1.1: *Gammarus* sp.



Şekil EK-1.2: *Caenis rivulorum*



Şekil EK-1.3: *Gomphus vulgatissimus* (a)



Şekil EK-1.4: *Gomphus vulgatissimus* (b)



Şekil EK-1.5: *Onychogomphus forcipatus*



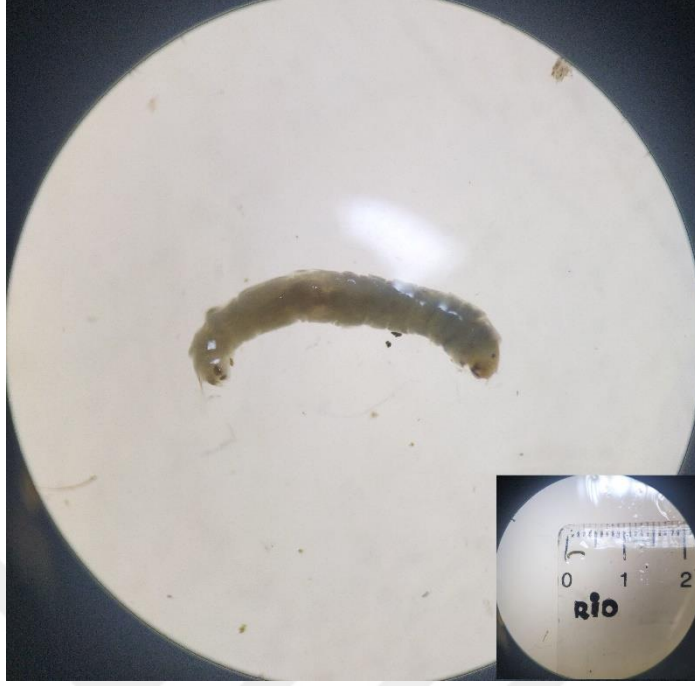
Şekil EK-1.6: *Calopteryx virgo*



Şekil EK-1.7: *Platycnemis pennipes*



Şekil EK-1.8: *Tabanus* sp.



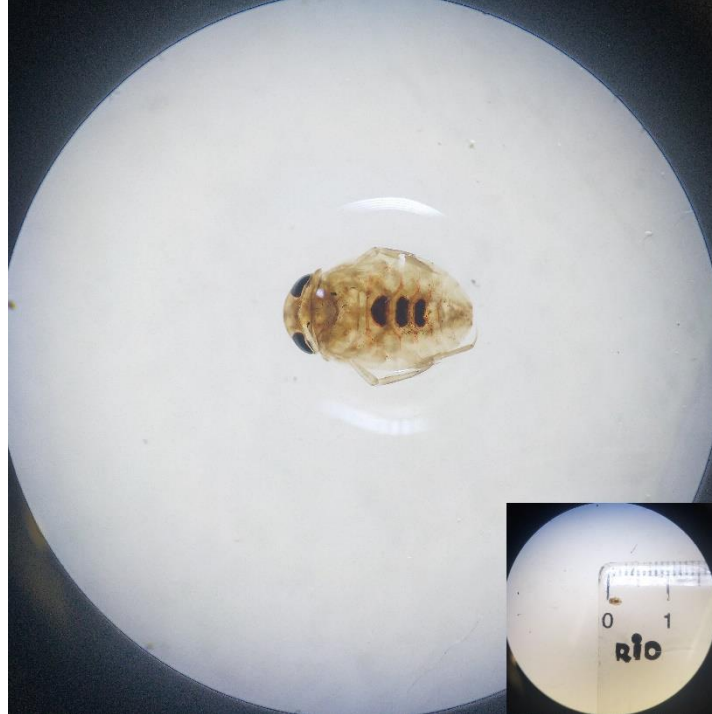
Şekil EK-1.9: Chironomidae



Şekil EK-1.10: *Coprotophaga* sp.



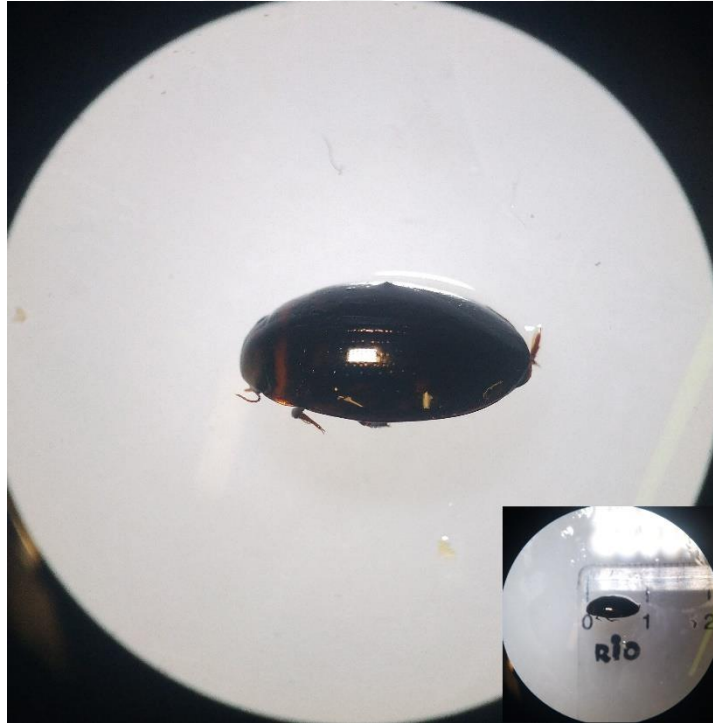
Şekil EK-1.11: *Tipula* sp.



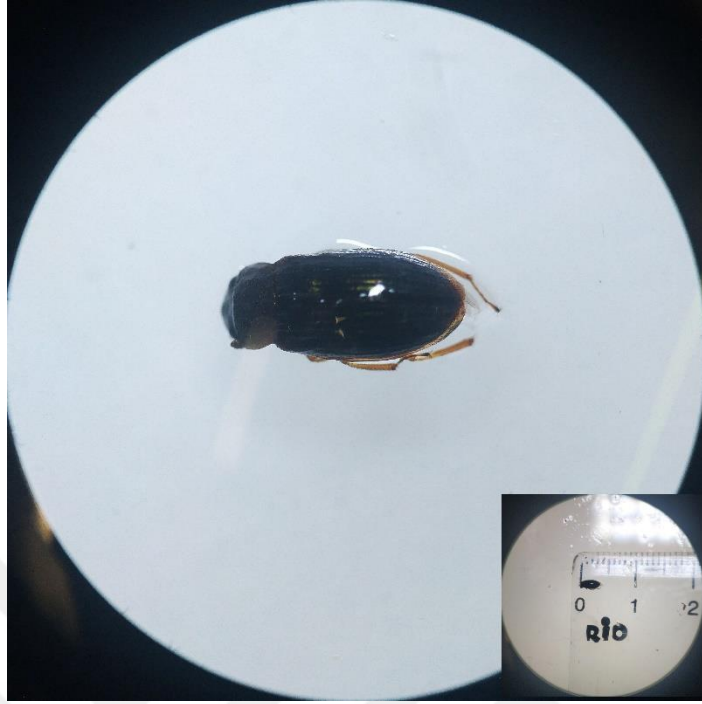
Şekil EK-1.12: Micronectinae



Şekil EK-1.13: Pleidae



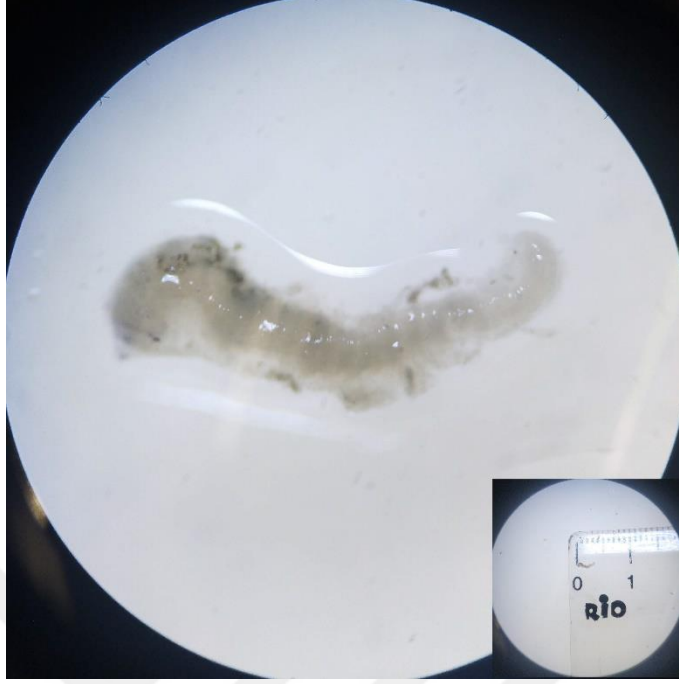
Şekil EK-1.14: *Platambus* sp.



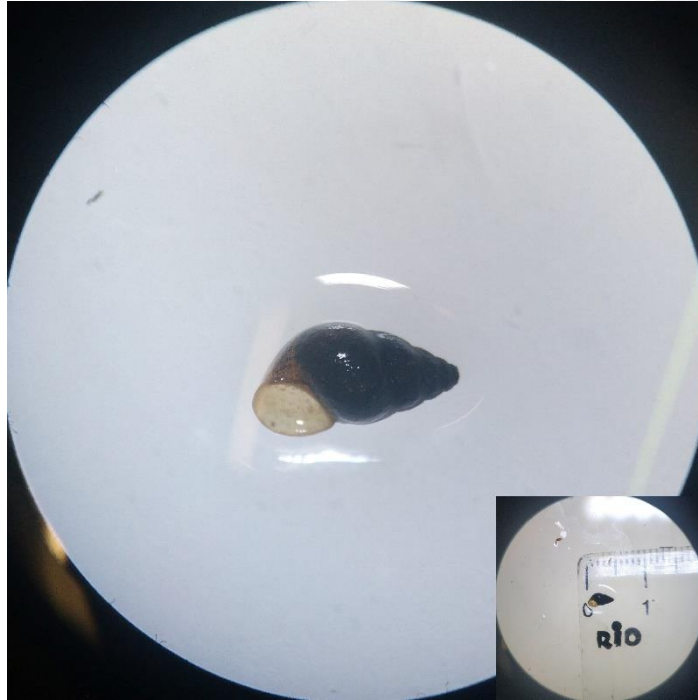
Şekil EK-1.15: *Helophorus* sp.



Şekil EK-1.16: Limnephilidae



Şekil EK-1.17: Oligochaeta



Şekil EK-1.18: Lymnaeidae

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ahmet Arıhan ERÖZDEN
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Biyoloji Bölümü
Mezuniyet Yılı	29.05.2019

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyoloji Anabilim Dalı
Programı	Zooloji Programı

Doktora	
Üniversite	-
Enstitü Adı	-
Anabilim Dalı	-
Programı	Program Adı

Makale ve Bildiriler	
Aydın, S., Erözden, A.A., Tavşanlı, N. ve diğ., 2022, Anthocyanin Addition to Kefir: Metagenomic Analysis of Microbial Community Structure, <i>Curr Microbiol</i> , 79, 327, https://doi.org/10.1007/s00284-022-03017-x	
Özuluğ, O., Çakan, F.B., Erözden, A.A. ve Kaya, N., 2022, Museum pests in mammal furs: An investigation of the correlation between pests and host furs, <i>Journal of the Entomological Research Society</i> , 24 (3), 417–427. https://doi.org/10.51963/jers.v24i3.2096	