

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**GEDİZ NEHRİ'NDEKİ SU KİRLİLİĞİNİN *Daphnia magna* TOKSİSİTE TESTLERİ KULLANILARAK
BELİRLENMESİ**

Tuna KARAYTUĞ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ferah SAYIM ÖZKAN

Biyoloji Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 401.04.00

Sunuş Tarihi : 14.04.2015

Bornova-İZMİR

2015

Tuna KARAYTUĞ tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “**Gediz Nehri’ndeki Su Kirliliği’nin *Daphnia magna* Toksisite Testleri kullanılarak belirlenmesi**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 14.04.2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı :

Raportör Üye:

Üye :

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Gediz Nehri’ndeki Su Kirliliği’nin *Daphnia magna* Toksisite Testleri kullanılarak belirlenmesi**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

14 / 04/ 2015

Tuna KARAYTUĞ

ÖZET**GEDİZ NEHRİ'NDEKİ SU KİRLİLİĞİNİN *Daphnia magna* TOKSİSİTE TESTLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

KARAYTUĞ, Tuna

Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ferah SAYIM ÖZKAN

Nisan 2015, 73 sayfa

Bu tezde Gediz Nehri kirliliğinin, ekotoksikolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılan biyoindikatör bir canlı olan *Daphnia magna* ile gerçekleştirilen toksisite testleriyle belirlenmesi amaçlanmıştır.

İlkbahar ve yaz mevsimlerinde, Gediz Nehri'nin beş farklı istasyonundan su örnekleri alınmıştır. Laboratuvara getirilen her bir istasyona ait su örneklerinin bazı kimyasal parametreleri (Fe, Mn, Cl⁻, NH₃-N, S⁻, K, NO₃⁻-N, PO₄³⁻, Ca ve Mg) spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür.

Akut toksisite testleri “*Daphnia* sp. Akut Hareketsizlik Testi” protokolüne (OECD, 2004; Test No: 202) uygun olarak, statik sistem esasına göre; kronik toksisite testleri ise “*D. magna* Üreme Testi” protokolüne (OECD, 1998; Test No: 211) uygun olarak, yarı-statik sistem esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Veriler SPSS istatistik programı aracılığıyla probit regresyon analizi, One Way ANOVA varyans analizi ve Post HocTukey testi ile değerlendirilmiştir.

48 saatlik denemeler sonucunda, ilkbahar döneminde 1., 2. ve 5. istasyonlardan, yaz döneminde ise sadece 5. istasyondan alınan su örneklerinin *D. magna* üzerinde akut toksik etki gösterdiği saptanmış olup, bu su örneklerinin EC₅₀ değerleri sırasıyla 57,53; 55,01; 28,28; 18,68 olarak hesaplanmıştır. Kronik toksisite testleri sonucunda ise, Gediz Nehri su örneklerinin *D. magna* üzerinde ciddi bir toksisite göstermediği; hatta büyüme, gelişim ve üreme üzerine pozitif etkileri olduğu ortaya konmuştur.

Sonuç olarak standart ekotoksikolojik denemelerden biri olan *Daphnia* toksisite testlerinin, sucul sistemlerdeki organik kirliliğin etkilerinin değerlendirilmesi için uygun olmadığı söylenebilir. Kronik toksisite testlerinde gözlenen pozitif etki ise sedimentte yüksek konsantrasyonlarda birikmiş olan kirleticilerin nehir suyundaki daha düşük konsantrasyonlarının hormetik etkisi olarak da değerlendirilmelidir.

Anahtar sözcükler: *D. magna*, Gediz Nehri, su kirliliği, akut toksisite, kronik toksisite, hormesis.

ABSTRACT**ASSESSMENT OF WATER POLLUTION IN GEDIZ RIVER BY
USING *Daphnia magna* TOXICITY TESTS****KARAYTUĞ, Tuna**

Master thesis, Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ferah SAYIM ÖZKAN

April 2015, 73 pages

The objective of this thesis was to evaluate water pollution in Gediz River by performing toxicity tests with *Daphnia magna* used frequently as bio-indicator species in ecotoxicological studies.

The samplings were done twice by taking water samples from five different stations of Gediz River in spring and summer. Some chemical parameters of water samples of each station (Fe, Mn, Cl⁻, NH₃-N, S⁻, K, NO₃⁻-N, PO₄³⁻, Ca and Mg) were analyzed by spectrophotometric method in the laboratory.

Acute toxicity tests were performed in accordance with the standard “*Daphnia* sp. Acute Immobilization Test” protocol (OECD, 2004; Test Guideline 202) by using static system. Chronic toxicity tests were also performed in accordance with the standard “*D. magna* Reproduction Test” protocol (OECD, 1998; Test Guideline 211) by using semi-static renewal system.

The data were evaluated by using SPSS statistics programme with probit regression analysis, One Way ANOVA variance analysis and the Post Hoc Tukey test.

According to the results of 48 hours tests, acute toxic effects of water samples obtained from the 1st, the 2nd and the 5th station in spring, from the 5th station in summer were determined on *D. magna*. The EC₅₀ values of these water samples were calculated as 57,53; 55,01; 28,28; 18,68, respectively. As a result of chronic toxicity tests, however, it was detected that the water samples of Gediz River did not show serious chronic toxicity on *D. magna*. Moreover it was also determined that the water samples have beneficial effects on growth, development and reproduction of *D. magna*.

It is concluded that *Daphnia* toxicity tests, one of the standard ecotoxicological assays, do not seem to be suitable for assessing the effects of organic pollution on aquatic systems. Besides, the beneficial effects observed in chronic toxicity tests should also be explained as hormetic responses of lower concentrations of pollutants in river water, that are accumulated in sediments at high concentrations.

Keywords: *D. magna*, Gediz River, water pollution, acute toxicity, chronic toxicity, hormesis.

TEŞEKKÜR

Öncelikle bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım sevgili danışman hocam Doç. Dr. Ferah SAYIM ÖZKAN’a,

Alg kültürü kurarken kültürü temin ettiğim E.Ü. Mühendislik Fakültesi Biyomühendislik Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Meltem CONK DALAY’a ve Dr. Zeliha DEMİREL’e, ilk arazi çalışmamda bana eşlik eden ve tecrübelerinden yararlandığım Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Hidrobiyoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Orkide MİNARECİ’ye,

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tecrübeleri ile bilimsel, güzel yüreğiyle de manevi anlamda daima yanımda olan E.Ü. Fen Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı doktora öğrencisi Ebru TEKİN’e ve çalışmalarım sırasında her zaman enerji ve motivasyonumu korumama yardımcı olan Zooloji Anabilim Dalı yüksek lisans öğrencisi arkadaşım E. Gökçen BARAN’a,

Başta annem, olmak üzere desteklerini her zaman hissettiren canım aileme, tüm tez sürecimi benimle birlikte yaşayan, beni cesaretlendiren, güçlendiren, bana zaman ayıran ‘‘çok değerli naif insan’’a göstermiş olduğu ilgisinden, sabrından ve anlayışından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu teze ‘‘2013 Fen 17’’ numaralı proje kapsamında maddi destek sağlayan ‘‘Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu’’na ve ayrıca ‘‘2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı’’ kapsamında da Teşvik Bursu sağlayan TÜBİTAK-BİDEB’e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE METOT	4
2.1. <i>Daphnia magna</i> Genel Özellikleri	4
2.2. Gediz Nehri Örnekleme İstasyonları	6
2.3. Çalışmada Kullanılan Kültürler	10
2.3.1. <i>D. magna</i> kültürü	10
2.3.2. Alg (<i>Scenedesmus</i> sp.) kültürü	11
2.4. Gediz Nehri Su Örneklerinin Kimyasal Analizi	14
2.5. <i>D. magna</i> Toksisite Testleri	15

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3. BULGULAR.....	18
3.1. Fiziko-Kimyasal Parametreler	18
3.2. Toksisite Testleri.....	26
3.2.1. Akut hareketsizlik testi.....	26
3.2.2. Kronik toksisite testleri	31
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	49
KAYNAKLAR DİZİNİ	63
ÖZGEÇMİŞ	73
EKLER.....	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Örnekleme istasyonlarının uydu görüntüleri (Google Earth).....	7
2.2. İstasyon 1: Muradiye-Gediz Köprüsü.....	8
2.3. İstasyon 2: Karaçay.....	8
2.4. a)İstasyon 3: Nif Çayı, b)İstasyon 4: Gediz Köprüsü- İstanbul Yolu, c)İstasyon 3 ve 4'ün kesişim noktası	9
2.5. İstasyon 5: Gediz Köprüsü.....	10
2.6. a, b) <i>Scenedesmus</i> sp. kültürleri, c) <i>Scenedesmus</i> sp. kültürüne aseptik koşullar altında taze besiyerinin eklenmesi.....	14
2.7.İstasyon 2'ye ait su örneğinin a)filtre edilmemiş b)filtre edilmiş hali.....	14
2.8. Kronik toksisite test ortamı.....	17
2.9. <i>D. magna</i> 'nın boy uzunluğu ölçümü	17
3.1. Çalışma istasyonlarında ölçülen su sıcaklıkları	18
3.2. Çalışma istasyonlarında ölçülen iletkenlik değerleri	18
3.3. Çalışma istasyonlarında ölçülen pH değerleri	19
3.4. Çalışma istasyonlarında ölçülen çözülmüş oksijen miktarları.....	19
3.5. Çalışma istasyonlarında ölçülen tuzluluk değerleri.....	19

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.6. Çalışma istasyonlarında ölçülen demir miktarları	20
3.7. Çalışma istasyonlarında ölçülen mangan miktarları	20
3.8. Çalışma istasyonlarında ölçülen klorür miktarları	21
3.9. Çalışma istasyonlarında ölçülen amonyak azotu miktarları	21
3.10. Çalışma istasyonlarında ölçülen sülfür miktarları	22
3.11. Çalışma istasyonlarında ölçülen potasyum miktarları	22
3.12. Çalışma istasyonlarında ölçülen nitrat azotu miktarları.....	23
3.13. Çalışma istasyonlarında ölçülen fosfat miktarları.....	23
3.14. İlkbahar dönemi 24 saatlik akut toksisite testlerinden elde edilen hareketsizlik yüzdeleri.....	28
3.15. İlkbahar dönemi 48 saatlik akut toksisite testlerinden elde edilen hareketsizlik yüzdeleri.....	28

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Çalışmada belirlenen örnekleme istasyonları	7
2.2. Denemelerde kullanılan seyreltme suyunun fizikokimyasal özellikleri	11
2.3. Alg kültürü (<i>Scenedesmus</i> sp.) için kullanılan bold basal medium içeriği (Bischoff and Bold, 1963'den modifiye edilmiştir.)	13
3.1. Çalışma istasyonlarında ilkbahar dönemine ait fizikokimyasal parametre değerleri	24
3.2. Çalışma istasyonlarında yaz dönemine ait fizikokimyasal parametre değerleri	25
3.3. İlkbahar dönemi İstasyon 1'de akut hareketsizlik testi sonuçları	26
3.4. İlkbahar dönemi İstasyon 2'de akut hareketsizlik testi sonuçları	27
3.5. İlkbahar dönemi İstasyon 5'de akut hareketsizlik testi sonuçları	27
3.6. İstasyon 1'den alınan su örneğinin EC değerleri (%95 güven aralığında)	29
3.7. İstasyon 2'den alınan su örneğinin EC değerleri (%95 güven aralığında)	29
3.8. İstasyon 5'den alınan su örneğinin EC değerleri (%95 güven aralığında)	29
3.9. İstasyon 5'de 48 saatlik akut hareketsizlik testi sonuçları	30
3.10. İstasyon 5'den alınan su örneğinin 48 saatlik EC değerleri (%95 güven aralığında)	30

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.11. İlkbahar döneminde İstasyon 1’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. ve 3. hafta ortalama boy uzunlukları	32
3.12. İlkbahar döneminde İstasyon 1’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri	32
3.13. İlkbahar dönemi İstasyon 1’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ana birey başına ortalama yavru sayıları.....	33
3.14. İlkbahar dönemi İstasyon 3’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. hafta ortalama boy uzunlukları.....	34
3.15. İlkbahar dönemi İstasyon 3’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri	35
3.16. İlkbahar dönemi İstasyon 4’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. ve 3. hafta ortalama boy uzunlukları.....	36
3.17. İlkbahar dönemi İstasyon 4’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum günleri	37
3.18. İlkbahar dönemi İstasyon 5’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 3. hafta ortalama boy uzunlukları	38

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.19. İlkbahar dönemi İstasyon 5’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri.....	39
3.20. İlkbahar dönemi İstasyon 5’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ana birey başına ortalama yavru sayıları	40
3.21. Yaz döneminde İstasyon 1’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. ve 3. hafta ortalama boy uzunlukları	41
3.22. Yaz döneminde İstasyon 1’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri.....	42
3.23. Yaz döneminde İstasyon 2’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. hafta ortalama boy uzunlukları	43
3.24. Yaz döneminde İstasyon 2’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri.....	44
3.25. Yaz döneminde İstasyon 2’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ana birey başına ortalama yavru sayıları	44
3.26. Yaz döneminde İstasyon 3’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri.....	45

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)ÇizelgeSayfa

3.27. Yaz döneminde İstasyon 3'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerde

ana birey başına ortalama yavru sayısı46

3.28. Yaz döneminde İstasyon 4'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1.

hafta ortalama boy uzunlukları47

3.29. Yaz döneminde İstasyon 5'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin

1. hafta ortalama boy uzunlukları.....48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
Ca	Kalsiyum
Cl	Klorür
Fe	Demir
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
N	Azot
O ₂	Oksijen molekülü
P	Fosfor
S	Sülfür
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
NH ₃ -N	Amonyak azotu
HCl	Hidroklorik asit
NaCl	Sodyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
NO_3^- -N	Nitrat azotu
PO_4^{3-}	Fosfat
<u>Kısaltmalar</u>	
μM	Mikromolar
μm	Mikrometre
μs	Mikrosaniye
EC	Etkili Konsantrasyon (Effective Concentration)
EC ₁₀	Populasyonun %10'nunu etkileyen konsantrasyon
EC ₅₀	Populasyonun %50'sini etkileyen konsantrasyon
EC ₉₀	Populasyonun %90'nını etkileyen konsantrasyon
GPS	Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
UV	Ultraviyole
EEC	Avrupa Ekonomik Topluluğu (European Economic Community)
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

TSE Türk Standartları Enstitüsü

TÜBİTAK-BİDEB Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu-Bilim
İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı

USEPA Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
(United States Enviromental Protection Agency)

WHO Dünya Sağlık Örgütü
(World Health Organization)

İst. İstasyon

1. GİRİŞ

Yaşamın her alanında büyük bir öneme sahip olan su; gerek canlılığın devamı için biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesine temel ortam sağlaması, gerekse pek çok canlının habitatını oluşturması nedeniyle ve yeraltı su kaynakları ile yüzey sularının insanlar tarafından tüketiliyor olması açısından büyük önem taşımaktadır.

Dünya genelinde temiz su kaynaklarına ulaşmak son derece önemlidir. Fakat temiz su kaynaklarına ulaşmanın son derece zor olduğu günümüzde; nüfusun giderek artması, kentleşme ve sanayileşme nedeniyle su kaynakları, atıkların boşaltıldığı ortamlar haline gelmiştir (Gündoğdu ve Kocataş, 2006). Dolayısıyla, temiz su kaynaklarının giderek tükenmekte olduğu günümüzde, bu kaynakların korunması ve sürdürülebilir yönetimi için çeşitli kimyasal ve biyolojik testler yapılarak, suyun kalitesi belirlenmekte ve buna göre önlemler alınmaktadır. Su kalitesinin belirlenmesinde kullanılan fiziksel ve kimyasal parametreler, sadece sucul ekosistemin fizikokimyasal yapısı hakkında bilgi verir. Diğer bir deyişle, bu parametrelere dair veri setlerinden etki dereceleri anlaşılamaz. Ayrıca sudaki toksik kimyasallar için de ayrı ve detaylı değerlendirmeler gerekir. Bu nedenle su kirliliği fizikokimyasal parametrelerin yanında toksisite testleri de uygulanarak bütünsel bir yaklaşımla değerlendirilmektedir (Feiler et al., 2006; Kirsanov et al., 2014; Serpa et al., 2014). Tatlı sulardaki kirliliğin belirlenmesi için kimyasal yöntemler ile birlikte biyoindikatör olarak kullanılan bir tür, *Daphnia magna* ile yapılan akut ve kronik toksisite testleri geniş ölçüde kullanılmaktadır (Barata et al., 2008; Serpa et al., 2014).

Yaşam için vazgeçilmez bir öneme sahip olan su kaynakları, her geçen gün daha çok kirlenme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Ege Bölgesi'nin ikinci büyük akarsuyu olan Gediz Nehri ve Havzası, çeşitli endüstri atıklarının ve evsel atıkların yeterince arıtılmadan veya hiç arıtılmaksızın nehir ve kollarına verilmesi, yağmur ve drenaj sularıyla oluşan erozyon, ayrıca tarımda kullanılan gübre ve ilaçlarla kirlenen suların karışmasıyla kirlenmektedir (Hafizoğlu ve Tekin, 2004).

Gediz Nehri'nde kirlilik oluşturan maddeler arasında, eser miktarda bile tehlikeli olabilen ağır metaller (Küçüksezgin et al., 2008; Öner ve Çelik, 2011; Aydın ve Küçüksezgin, 2012) ve gerek endüstriyel, gerekse evsel kaynaklı deterjanlar (Minareci vd., 2008) yer almaktadır.

Sulardaki kirlilik ihtiyaç duyulan içme ve kullanma suyunun sağlanmasını, arıtılmasını, ihtiyaç sahiplerine dağıtılmasını oldukça pahalı ve zor hale getirmekte ve halk sağlığını olumsuz etkilemektedir (Gündoğdu ve Kocataş, 2006). Günümüzde Gediz Nehri ile ilgili yapılan çalışmalarda su kalitesi IV. Sınıf (çok kirlenmiş su) olarak belirlenmiştir (Öner ve Çelik, 2011; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014).

Boyacıoğlu et al. (2008) tarafından, Gediz Nehri'nin bir kolu olan Nif Çayı'yla ilgili yapılan çalışmada, Nif Çayı'nın su ve sediment örneklerinin mutajenik potansiyeli Ames testi kullanılarak araştırılmış ve su örneklerinin mutajenik olmadığı; ancak bazı istasyonlara ait sediment örneklerinde mutajenitenin görüldüğü rapor edilmiştir. Arslan et al. (2009) tarafından yapılan çalışmada ise Nif Çayı'nın su ve sediment örneklerinin denizkestanesi embriyolarında toksik etki gösterdiği bildirilmiştir. Parlak et al. (2010) tarafından yine Nif Çayı'nda yapılan bir çalışmada ise *D. magna*'nın üremesi üzerine tüm örnekleme istasyonlardan alınan su ve sediment örneklerinin subletal konsantrasyonlarının olumsuz etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Katalay et al. (2012), Nif Çayı'nın evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucunda aşırı kirlenmesi nedeni ile sulama ve kullanma suyu olarak kullanımının kısıtlandığını, dolayısıyla çay suyunun doğal populasyonlar açısından potansiyel toksisitesinin belirlenmesinin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Bir nehre karışan tüm kirletici maddelerin etkilerinin tek tek belirlenebilmesi oldukça güçtür. Bu durumun başlıca nedenlerinden biri, kimyasal kirleticilerin ortam koşullarına bağlı olarak çeşitli reaksiyonlara girmeleridir. Etkisi bilinen herhangi bir atık, sucul ortama deşarj edildikten sonra ortamda bulunan diğer atıklarla etkileşime girerek farklı maddelere dönüşebilmekte ya da sinerjistik ve/veya antagonistik etkileşimlerle kendi etkisinden daha farklı (toksik veya toksik olmayan) etkiler oluşturabilmektedir; üstelik bütün bu etkiler çevre

şartlarına bağlı olarak sürekli değişmektedir (Hertzberg and MacDonell, 2002; Serpa et al., 2014). Bu nedenle tek bir kirletici türünü ve miktarını ölçmek yerine, kirleticilerin total etkilerini ölçmek çevrenin kirlilik durumunun belirlenebilmesi açısından daha doğru bir yaklaşımdır. Bu durumda tek bir parametrenin değil, ölçülen tüm parametrelerin birbiriyle olan etkileşimlerinin değerlendirilerek sonuca varılması gerektiği önerilmektedir (Lyu et al., 2013).

Su kirliliğinin değerlendirilmesinde çeşitli model organizmalar kullanılmaktadır (Griffitt et al., 2008; Zhang et al., 2015). Sucul ekosistemler üzerinde kirliliğin sebep olduğu olumsuz etkilerin belirlenmesinde çeşitli uluslar arası kuruluşlar (USEPA, EEC, OECD) tarafından öngörülen ve günümüzde en çok kullanılan testler arasında *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera) toksisite testleri önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada da model organizma olarak çok sayıda avantajlı özellikler taşıyan *D. magna* kullanılmıştır. *D. magna*'nın avantajlı özellikleri arasında; çok çeşitli kirleticilere karşı duyarlı olması, kısmen küçük boyutlu olması, kısa hayat döngüsüne sahip olması, partenogenetik üremesi, yüksek fekundite değerlerine sahip olması, kolay elde edilebilir ve kültürünün ekonomik olması, şeffaf vücut yapısı sayesinde içyapılarının gözlemlenebilir olması yer almaktadır. Ayrıca besin zincirinde komünite temelli özelliklerinin iyi bilinmesi, kozmopolit bir tür olması, hızlı evrimsel değişim yeteneğine sahip olması ve genom çalışmalarında kullanılabilir olması diğer avantajlı özellikleri arasında sayılmaktadır. Bütün bu özellikleriyle *D. magna*, sucul toksisite testlerinde geniş ölçüde tercih edilmekte ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Koivisto, 1995; Wojtal-Frankiewicz, 2012; Miner et al., 2014).

Bu çalışmada; Gediz Nehri'nin kirlilik düzeyinin, standart *D. magna* akut ve kronik toksisite testleriyle belirlenmesi amaçlanmıştır. Sunulan bu araştırmadan sağlanan verilerin Gediz Nehri'ndeki sucul ekosistemin mevcut durumunu ortaya koyarak yetkililerin dikkatini bu konuya çekebileceği, böylece sucul kaynaklarımızın korunması ve sürdürülebilir yönetimine katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. *Daphnia magna* Genel Özellikleri

Bu tezde deney organizması olarak *Daphnia magna* kullanılmıştır.

Phylum	: Arthropoda
Subphylum	: Crustacea
Classis	: Branchiopoda
Subclassis	: Phyllopoda
Ordo	: Diplostraca
Subordo	: Cladocera
Familia	: Daphniidae
Genus	: <i>Daphnia</i>
Species	: <i>D. magna</i> Straus, 1820

Kuzey ve güney yarım kürede bulunan göller, nehirler, havuzlar, rezervuarlar gibi tatlı su birikintilerinde yaşayan, kozmopolit bir organizmadır. Besin zincirinde birincil tüketici olarak yer almaları, predatör omurgasızlar ve planktonik balıklar için de kaliteli bir besin kaynağı olmalarından dolayı besin zincirinde oldukça önemli bir konumdadırlar (Carpenter and Kitchell, 1993). Ayrıca hem fitoplanktonlarla hem de bakterileri ve protozoanlarla beslenme özelliğinde olan *Daphnia* bireyleri, biyokütle ve mikrobiyal komünite yapısını da etkileyerek göllerin berraklığına da katkı sağlamaktadır (Langenheder and Jürgens, 2001; Miner et al., 2014).

Zooplankton taksonları içinde en yüksek P içeriğine ve en düşük düşük N:P oranına sahip olmalarıyla da bilinmektedirler (Elser et al., 2000; Miner et al., 2014). Bireyin yaşına ve besin tipine göre farklılık gösteren besin değeri bakımından, kuru ağırlıklarının %50'sinin proteinlerden oluştuğu (Cirik ve Gökpınar, 1999), yüksek seviyede A ve B₁₂ vitamini içerdikleri (Stavn, 1971), pigment maddelerini (lutein, zeaksantin ve kaotenoid vb.) en az fitoplanktonik canlılar (*Spirulina* sp., *Haematococcus* sp., *Scenedesmus* sp.) kadar yoğun içerdiği bilinmektedir (Torrison et al., 1989).

Daphnia popülasyonları, predatör balıklara karşı küçük vücut yapısı ve erken üreme gibi antipredatör mekanizmalara sahiptir (Fisk et al., 2007; Miner et al., 2014'den). Parazit salgınlarına karşı konakçı-parazit ko-evrimi ile hızlı yanıt vererek daha sonraki bir zaman periyodunda ortaya çıkan daha etkili salgınlara direnç geliştirmektedirler (Decaestecker et al., 2007).

Döngüsel partenogenezle üreyen *D. magna*'nın, optimum koşullarda her 2,5-3 günde bir yumurtlama dönemine girdiği ve mitoz bölünme ile kendi klon yavrularını üreten dişi bireylerin, yaşamları boyunca 25 kez yumurtlama dönemine girebildiği bildirilmiştir (Cirik ve Gökpınar, 2008; Miner et al., 2014). Partenogenetik üreme döneminde üretilen yumurtalar yaz yumurtaları ya da subitan yumurtalar olarak adlandırılır. Yaz yumurtalarının ince kabuklu olduğu ve ana bireyin kuluçka kesesinde hızlı gelişim gösterdiği; yumurtadan çıkan yavruların, annenin kabuk değişiminden kısa bir süre önce yüzerek ayrıldığı ve yaklaşık bir hafta içinde 4-5 kez kabuk değiştirip ergin hale geldikleri bildirilmiştir (Lavens and Sorgeloos, 1996). Partenogenetik yumurta üretimi uygun olmayan koşullar altında (kuraklık, düşük sıcaklık, kısa fotoperiyot, besin kalitesinde ve miktarında azalma, rekabet ve yüksek popülasyon yoğunluğu gibi) azalmaktadır (Hülsman, 2001; Rose et al., 2002; Abrantes and Gonçalves, 2003). Bu olumsuz çevre koşulları dişi bireyleri eşeyssel üremeye yönlendirmekte ve dişi bireyler partenogenezle erkek yavrular meydana getirmektedirler. Erkek bireyler dişilere kıyasla daha küçük boyutları, daha büyük antenleri, modifiye post abdomenleri ve ilk bacaklarındaki tutunma kancalarına sahip olma özellikleriyle dişilerden farklılık gösterirler (Ebert, 2005). Olumsuz koşullar altında erkek bireylerin ortamdaki dişi bireyler ile çiftleşerek eşeyli üreme gerçekleştirmesi sonucu kuluçka kesesinde yaz yumurtalarından daha kalın ve koyu renkli yumurtalar meydana gelir. Bu yumurtalara kış yumurtaları ya da latent yumurta denilmektedir. Kış yumurtaları, dişi birey karapaksınca oluşturulan ve kuluçka kesesinin etrafını saran iki katlı zardan oluşan, melanin pigmentinin birikmesinden dolayı koyu dış duvara sahip olan ephippium (kistik kese) içinde yer almaktadır. Çevresel streslere karşı dayanıklı yapıda olan ephippium içerisindeki yumurtalar döllenmenin ve dinlenme süresinin (diapoz) ardından uygun koşullar oluştuğunda gelişimlerine devam ederek dişi bireyleri oluşturlar ve

böylece olumsuz şartlarda da nesillerinin devamlılığını sağlarlar (Crispim et al., 2003; Caceres and Tessier, 2004).

2.2. Gediz Nehri Örneklem İstasyonları

Bu tezde Gediz Nehri'nde belirlenen farklı istasyonlardan alınan su örnekleri ile çalışılmıştır.

Kütahya il sınırları içerisinde yer alan Murat ve Şaphane Dağları'ndan doğan ve havza boyunca çok sayıda yan kollarla beslenen Gediz Nehri, Uşak ve Manisa illerinden geçerek Foça ile Çamaltı Tuzlası arasından İzmir Körfezi'ne dökülmektedir. Havza alanı 17.500 km², nehrin ana kol uzunluğu 401 km, yıllık ortalama debisi ise 60,48 m³/sn'dir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014).

İlkbahar (mart, nisan) ve yaz (temmuz, ağustos) mevsimlerinde olmak üzere iki farklı dönemde Gediz Nehri'de belirlenen beş farklı istasyondan örneklem yapılmıştır. Su örneklerinin alındığı istasyonların, GPS (Garmin GPSMAP62s) kullanılarak belirlenen koordinatları Çizelge 2.1'de; uydu görüntüleri de Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Ayrıca arazi çalışmaları sırasında çekilen, her bir istasyona ait fotoğraflar Şekil 2.1-2.5'de gösterilmiştir.

Örneklem esnasında istasyonlara ait su iletkenliği, pH, çözünmüş oksijen ve tuzluluk değerleri “Hach Lange Taşınabilir pH/ İletkenlik/ Çözünmüş Oksijen Ölçer” ile, su sıcaklığı da dijital termometre ile ölçülmüştür.

İstasyonlara ait su örnekleri, su yüzeyinin yaklaşık 20 cm altından polietilen cam şişeler daldırılarak alınmış ve soğuk zinciri kurularak laboratuvara getirilmiştir.

Çizelge 2.1. Çalışmada belirlenen örnekleme istasyonları

Koordinatlar	İstasyonlar
38° 39' 37,7" N 27° 18' 45,8" E	İstasyon 1: Muradiye-Gediz Köprüsü
38° 38' 34,8" N 27° 21' 59,4" E	İstasyon 2: Karaçay
38° 38' 35,5" N 27° 26' 33,1" E	İstasyon 3: Nif Çayı
38° 38' 36,7" N 27° 26' 33,5" E	İstasyon 4: Gediz Köprüsü-İstanbul Yolu
38° 38' 33,3" N 27° 26' 30,8" E	İstasyon 5: Gediz Köprüsü



Şekil 2.1. Örnekleme istasyonlarının uydu görüntüleri (Google Earth)



Şekil 2.2. İstasyon1: Muradiye-Gediz Köprüsü



Şekil 2.3. İstasyon 2: Karaçay



Şekil 2.4. a) İstasyon 3: Nif Çayı, b) İstasyon 4:Gediz Köprüsü-İstanbul Yolu, c)İstasyon 3 ve 4'ün kesişim noktası



Şekil 2.5. İstasyon 5: Gediz Köprüsü

2.3. Çalışmada Kullanılan Kültürler

2.3.1. *D. magna* kültürü

D. magna kültürü için fizikokimyasal parametreleri bilinen ticari içme suyu kullanılmıştır (Çizelge 2.2). Kültür 35x15 cm boyutundaki cam akvaryumlar içerisinde, su seviyesi 40-50 cm olacak şekilde, yumurta taşıyan dişi bireyler yerleştirilerek oluşturulmuştur. *Daphnia* kültürünün pH'sı 7,5-8,0; çözünmüş oksijen miktarı 7,48-9,64 mg/L; su sıcaklığı 20 ± 2 °C'de tutulmuş ve 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık fotoperiyot uygulanmıştır. Aydınlatmada beyaz floresan ışığı kullanılmıştır. Kültür sürekli olarak havalandırma motoru ile havalandırılmıştır. Kültürün pH'sı ve çözünmüş oksijen miktarı haftada bir kez, su sıcaklığı ise günlük olarak takip edilmiştir. Populasyon yoğunluğu, birey/ 2 mL su olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu yoğunluk aşıldığında ergin bireylerin bir kısmı başka bir akvaryum içerisine aktarılmıştır.

Çizelge 2.2. Denemelerde kullanılan seyreltme suyunun fizikokimyasal özellikleri

pH	7,90
İletkenlik ($\mu\text{s}/\text{cm}$ 20 °C’de)	72
Fe (mg/L)	0,02
Mn ($\mu\text{g}/\text{L}$)	1
Cl (mg/L)	0,5
Al ($\mu\text{g}/\text{L}$)	2,39
Na (mg/L)	1,74
K (mg/L)	1,1
NO ₃ (mg/L)	0,7

Stok *D. magna* kültüründeki bireylerin beslenmesi için ilk başta soya unu, maya, alabalık yemi kullanılmıştır. Kùltürler belli bir populasyon büyüklüğüne geldikten sonra, ekonomik olması açısından kültüre edilen *Scenedesmus* sp. kullanılarak, *D. magna* kültürünün devamlılığı sağlanmıştır. Kùltürdeki *D. magna* bireylerinin beslenmesinde; kontaminasyonu engellemek amacıyla önceden 30 dk. UV ışığı ile sterilizasyonu sağlanmış izolasyon odasında, aseptik koşullarda, bek alevi kullanılarak, stok alg kültüründen belli bir miktar alınıp cam beher içerisine aktarılmış ve daha sonra *D. magna* kültürünün bulunduğu akvaryum içerisine pipet yardımıyla verilmiştir.

2.3.2. Alg (*Scenedesmus* sp.) kültürü

D. magna bireylerinin beslenmesinde kullanılacak *Scenedesmus* sp. örnekleri E.Ü. Mühendislik Fakùltesi Biyomühendislik Bölümü Alg Kùltürü Laboratuvarı'ndan temin edilmiş, steril koşullar altında otoklavlanmış besiyeri şişesine aktarılmıştır.

Besiyeri olarak modifiye edilmiş bold basal medium (Bischoff and Bold, 1963) kullanılmıştır (Çizelge 2.3). Distile su ile hazırlanan besiyerinin pH'sı 6,8'e ayarlanıp, 121 °C'de 20 dakika süreyle otoklavlanarak (Hirayama, HV-50L) sterilizasyonu sağlanmıştır.

Kültür üretimi için kullanılan erlenlerin içerisine, havalandırma amacıyla ucunda uzun plastik hortum bulunan cam pipet yerleştirilip erlenin ağzı pamuk ve alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Cam pipetin ucuna ve plastik hortumun içine küçük pamuklar yerleştirilip havanın filtrelenerek geçmesi sağlanmıştır. Otoklavlanarak steril edilen erlenlere, aseptik koşullarda bold basal medium içerisine 1/10 oranındaki kültür ilave edilerek aktarılmıştır (Şekil 2.6. a, b). Kültürün aktarılmasından sonra hortumların ucu havalandırma cihazına bağlanmış ve floresan ışık altında 26 ± 1 °C’de bir hafta beklenerek yoğunlaşan kültürler alınıp yeni erlenlere steril taze besiyeri eklenmesiyle kültürün devamlılığı sağlanmıştır (Şekil 2.6. c). Hücre yoğunluğu Neubauer hemasitometresi kullanılarak ışık mikroskopunda (Prior A216) ve 10X büyütme altında sayılmıştır. *Daphnia*ların beslenmesinde 2,5-3 milyon hücre/mL yoğunluğa ulaşan kültürler kullanılmıştır.

Çizelge 2.3. Alg kültürü (*Scenedesmus* sp.) için kullanılan bold basal medium içeriği (Bischoff and Bold, 1963'den modifiye edilmiştir.)

Bileşik	Stok çözelti	1 L ortama ilave edilecek stok miktarı
1.NaNO ₃	10,0 g/400 mL	10 mL
2.MgSO ₄ .7H ₂ O	3,0 g/400 mL	10 mL
3.NaCl	1,0 g/400 mL	10 mL
4.K ₂ HPO ₄	3,0 g/400 mL	10 mL
5.KH ₂ PO ₄	7,0 g/400 mL	10 mL
6.CaCl ₂ .2H ₂ O	1,0 g/400 mL	10 mL
7.İz element solüsyonu		
ZnSO ₄ .7H ₂ O	8,82 g/L	1 mL
MnCl ₂ .4H ₂ O	1,44 g/L	1 mL
MoO ₃	0,71 g/L	1 mL
CuSO ₄ .5H ₂ O	1,57 g/L	1 mL
Co(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	0,49 g/L	1 mL
8.H ₃ BO ₃	11,42 g/L	1 mL
9.EDTA KOH	50,0 g/L 31,0 g/L	EDTA ve KOH karıştırılarak 1 mL ilave edilir.
10. FeSO ₄ .7H ₂ O H ₂ SO ₄	50,0 g/L 1,0 mL/L	FeSO ₄ .7H ₂ O ve H ₂ SO ₄ karıştırılarak 1 mL ilave edilir.



Şekil 2.6. a, b) *Scenedesmus* sp. kültürleri, c) *Scenedesmus* sp. kültürüne aseptik koşullar altında steril taze besiyerinin eklenmesi.

2.4. Gediz Nehri Su Örneklerinin Kimyasal Analizi

Laboratuvara getirilen herbir istasyona ait su örneklerinin, demir, mangan, klorür, amonyak azotu, sülfür, potasyum, nitrat azotu, fosfat ve sertlik (kalsiyum ve magnezyum) olarak belirlenen temel kimyasal parametreleri spektrofotometrik yöntemle (HachLange DR 2800 VIS Spektrofotometre) ölçülmüştür.

2.5. *D. magna* Toksisite Testleri

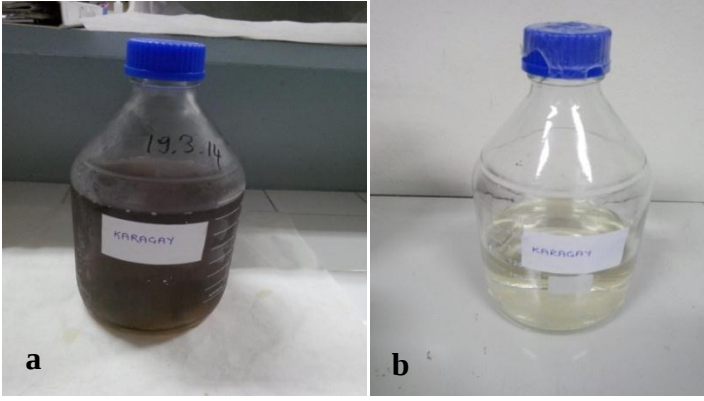
Toksisite testlerinde *Daphnia magna*'nın 24 saatten küçük neonatları kullanılmıştır. Deney organizmaları laboratuvarında optimum koşullar sağlanarak kurulmuş ve partenogenetik olarak çoğalan *D. magna* kültüründen sağlanmıştır.

Denemeler, 16 saat aydınlık/8 saat karanlık fotoperiyodunda ve 20 ± 1 °C su sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

Akut toksisite testlerinden önce her bir istasyon için etkili konsantrasyon aralığının belirlenmesi amacıyla aralık saptama denemeleri (range finding studies) gerçekleştirilmiştir.

Akut toksisite testleri, standart “*Daphnia* sp. Akut Hareketsizlik Testi” protokolüne (OECD, 2004; Test No: 202) uygun olarak, statik sistem esasına göre yapılmıştır. 48 saatlik deneme süresince test solüsyonları değiştirilmemiş, test kaplarında havalandırma yapılmamış ve organizmalar beslenmemiştir. Denemeler her bir istasyon için beş test ve bir kontrol grubu olmak üzere ve her bir grupta beşer hayvan olacak şekilde (5 birey/10 mL test solüsyonu) dört tekrarlı yapılmıştır. Her bir istasyon için test grupları, nehir suyu örneklerinin farklı oranlarda (% v/v) seyreltilmesiyle hazırlanmıştır. Deneme başladıktan sonraki 24. ve 48. saatlerde, her bir test ve kontrol grubu bireyleri stereo mikroskop yardımıyla gözlenerek davranış değişiklikleri ve hareketsiz birey sayısı kaydedilmiştir. Deneme sonunda 24 ve 48 saatlik EC_{10} , EC_{50} , EC_{90} değerleri SPSS istatistiksel analiz programı kullanılarak probit analiziyle belirlenmiştir.

Akut toksisite testlerinde her bir istasyona ait su örnekleri hem filtre edilerek (0,20 µm'lik membran filtreler kullanılarak vakum pompası (KNF) yardımı ile), hem de filtre edilmeden kullanılmıştır (Şekil 2.7. a, b).



Şekil 2.7. İstasyon 2’ye ait su örneğinin **a)** filtre edilmemiş **b)** filtre edilmiş hali.

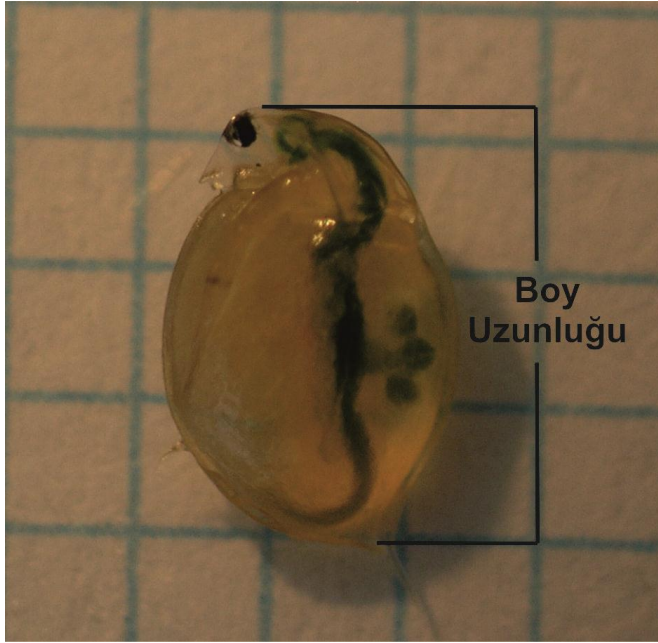
Kronik toksisite testlerinde kullanılan Gediz Nehri suyunun subletal konsantrasyonları akut toksisite test sonuçlarına göre belirlenerek 21 günlük üreme testi gerçekleştirilmiştir.

Kronik toksisite testleri standart “*D. magna* Üreme Testi Protokolü’ne” (OECD, 1998; Test No: 211) uygun olarak; yarı-statik sistem esasına göre alınarak yapılmıştır. Bu amaçla haftada iki kez test solüsyonları yenilenmiş ve organizmalar solüsyon değişiminin yapıldığı günlerde 2 mL *Scenedesmus* sp. (hücre yoğunluğu: 3.10^6 hücre/mL) kültürü ile beslenmiştir. Solüsyon değişim zamanlarında eski ve yeni ortamların pH ve çözünmüş oksijen miktarları da ölçülmüştür. Denemeler beş farklı subletal konsantrasyon ve bir kontrol grubu olmak üzere toplam beş grupta ve dört tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.8). Her bir test ve kontrol grubu için 10 neonat bireysel olarak, içerisinde 50 mL solüsyon bulunan 100 mL’lik beherler içerisinde ayrı ayrı denemeye alınmıştır. Deneme boyunca her gün gözlem yapıp ebeveyn başına üretilen günlük toplam canlı yavru sayısı ve ebeveynlerin yumurta oluşturdıkları ve yavru verdikleri ilk üreme günleri kaydedilmiş, yavrular günlük olarak deney ortamından uzaklaştırılmıştır. 1. ve 3. hafta sonunda kontrol ve test grubu bireylerin total vücut uzunlukları (bileşik gözün üzerinden kuyruk dikeninin tabanına kadar olan kısım) milimetrik kağıt kullanılarak, stereo mikroskop (OLYMPUS A216) altında 10X büyütmede ölçülmüştür (Şekil 2.9). Deneme sonunda, yaşayan her bir ebeveyn tarafından üretilen toplam canlı yavru sayısı tesbit edilip, test gruplarının üreme verimleri kontrol grubu ile tek yönlü varyans analizi (One Way ANOVA-IBB SPSS versiyon 21.0 istatistiksel paket programı) yapılarak, uygulama

gruplarının kendi aralarındaki farklar ise Post Hoc TUKEY testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.8. Kronik toksisite test ortamı

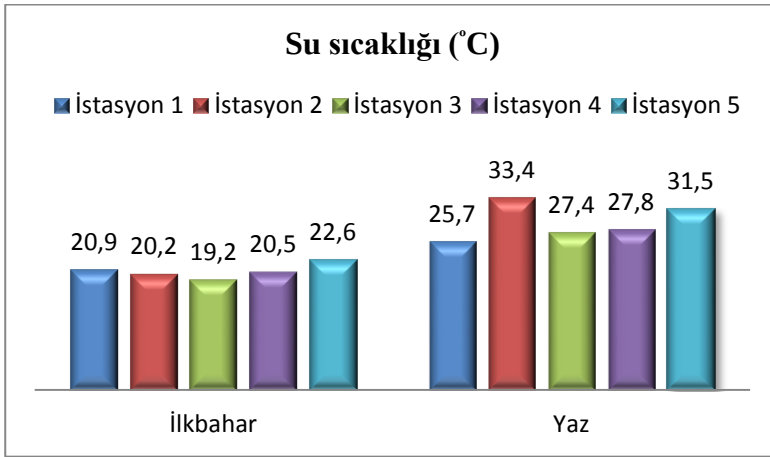


Şekil 2.9. *D. magna*'nın boy uzunluğu ölçümü

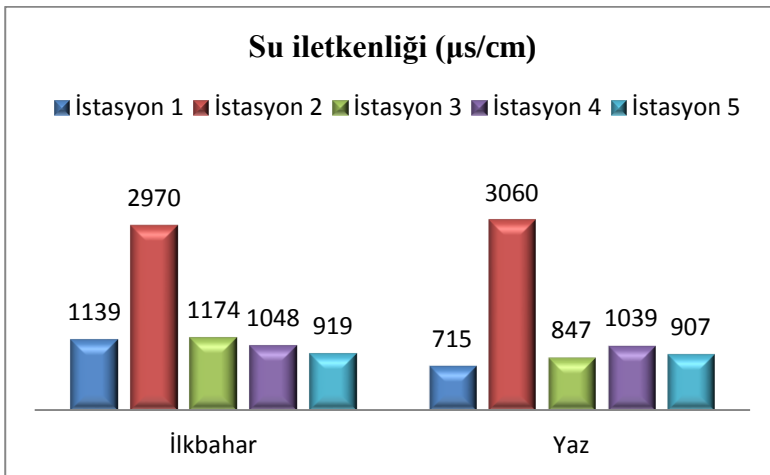
3. BULGULAR

3.1. Fiziko-Kimyasal Parametreler

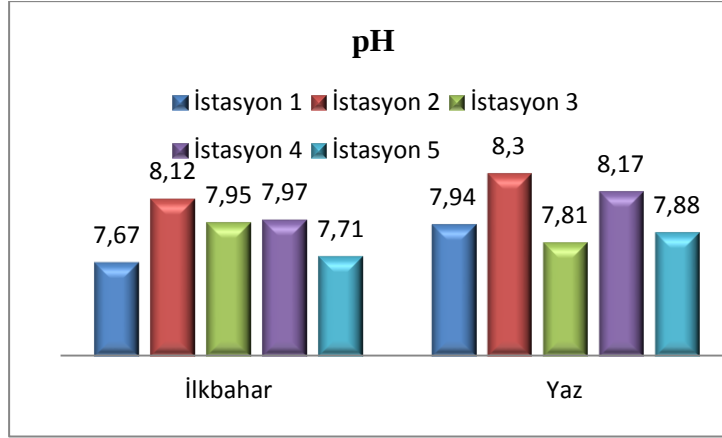
Çalışma istasyonlarından alınan su örneklerinin sıcaklığı, iletkenliği, pH, çözülmüş oksijen ve tuzluluk ölçümlerinin ilkbahar ve yaz dönemine ait değerleri Şekil 3.1-3.5’de ayrı ayrı verilmiştir.



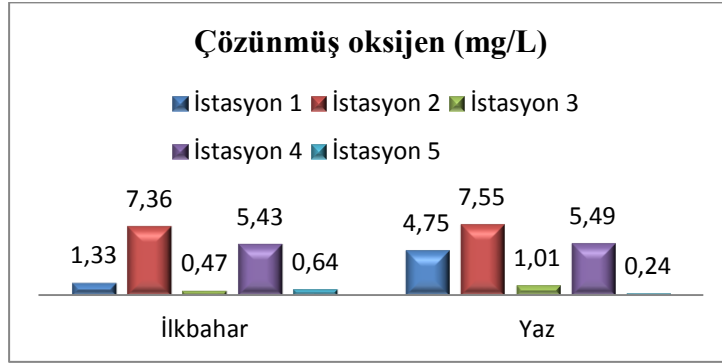
Şekil 3.1. Çalışma istasyonlarında ölçülen su sıcaklıkları



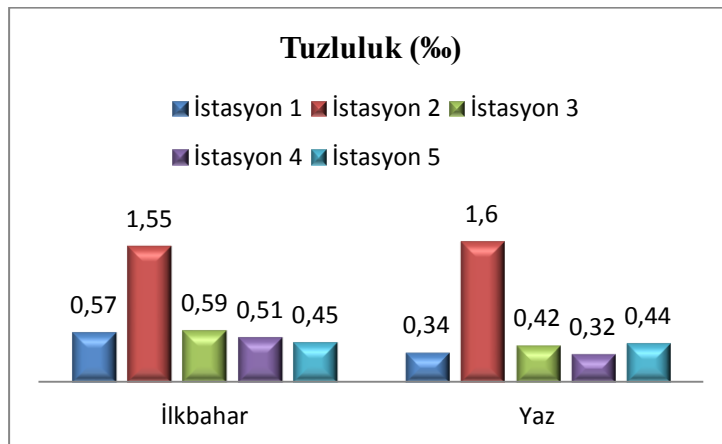
Şekil 3.2. Çalışma istasyonlarında ölçülen su iletkenlik değerleri



Şekil 3.3. Çalışma istasyonlarında ölçülen pH değerleri

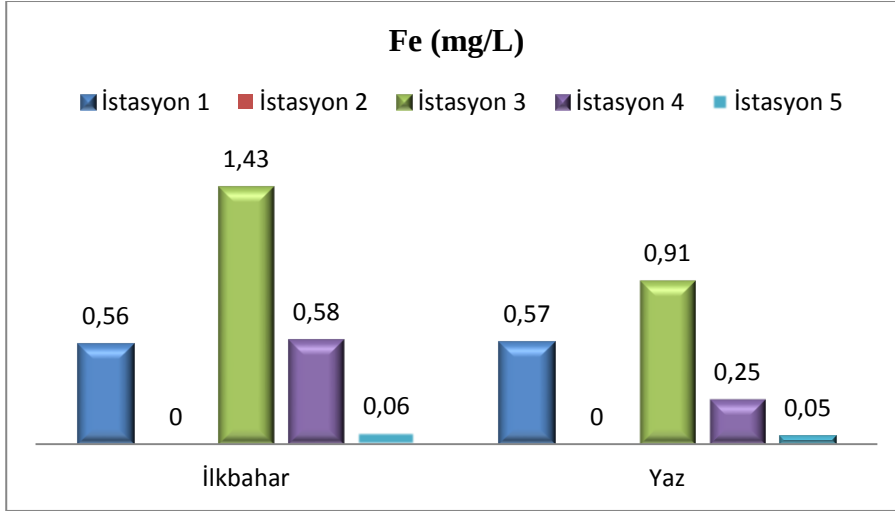


Şekil 3.4. Çalışma istasyonlarında ölçülen oksijen miktarları

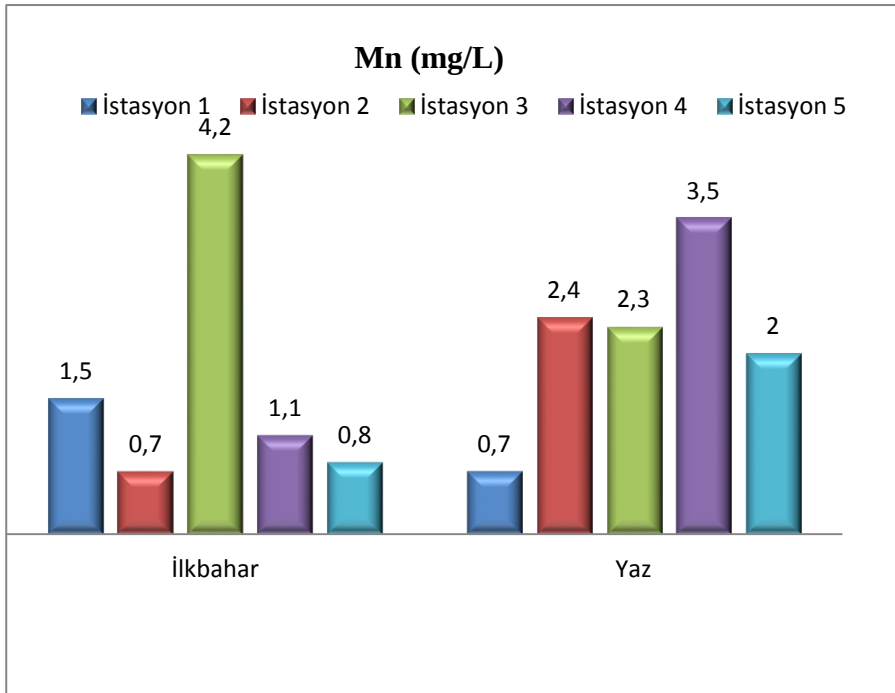


Şekil 3.5. Çalışma istasyonlarında ölçülen tuzluluk değerleri

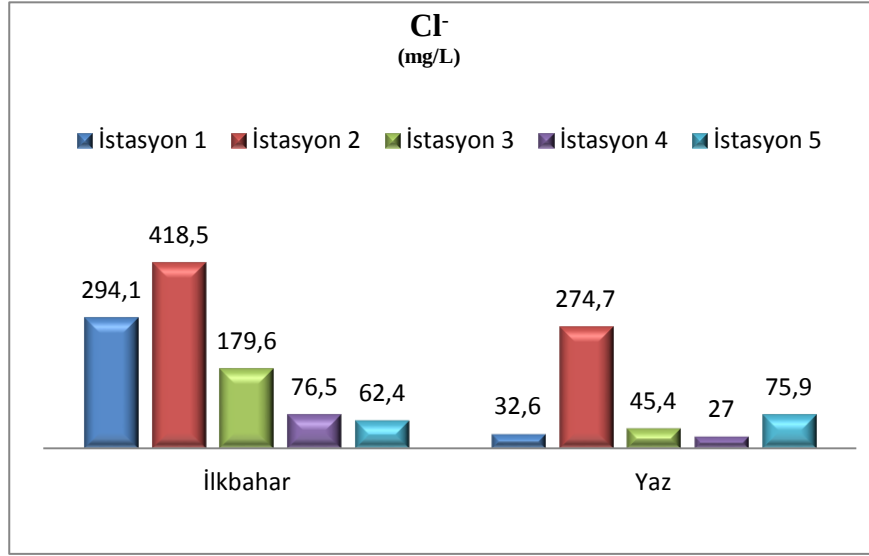
Her bir istasyona ait su örneklerinin demir, mangan, klorür, amonyak azotu, sülfür, potasyum, nitrat azotu, fosfat ve sertlik (kalsiyum ve magnezyum) olarak bazı kimyasal parametrelerinin spektrofotometrik yöntemle belirlenmiş değerleri ise Şekil 3.6-3.13’de ilkbahar ve yaz dönemi için ayrı ayrı izlenmektedir.



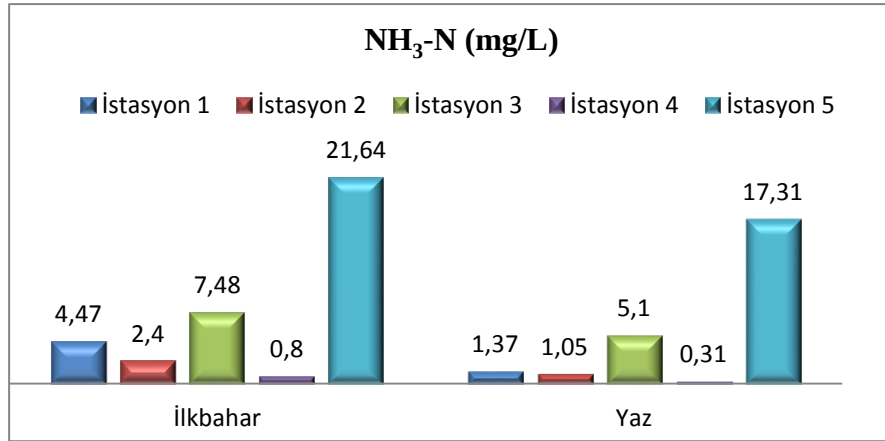
Şekil 3.6. Çalışma istasyonlarında ölçülen demir miktarları



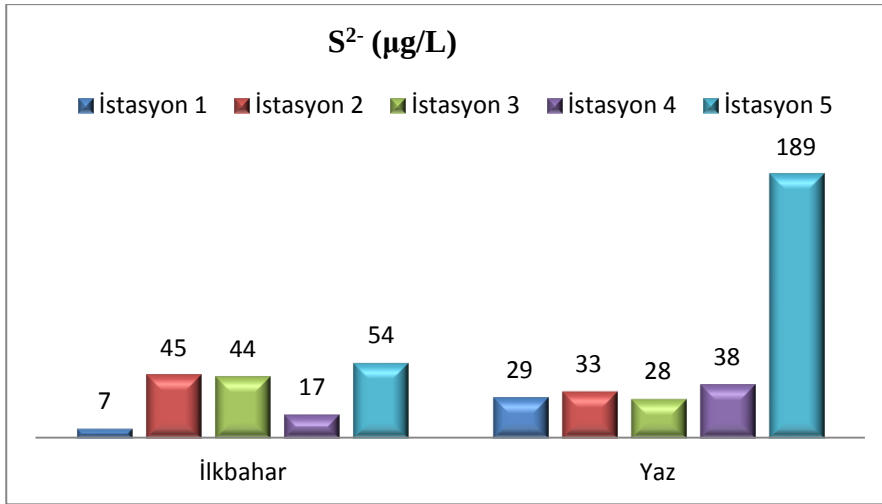
Şekil 3.7. Çalışma istasyonlarında ölçülen mangan miktarları



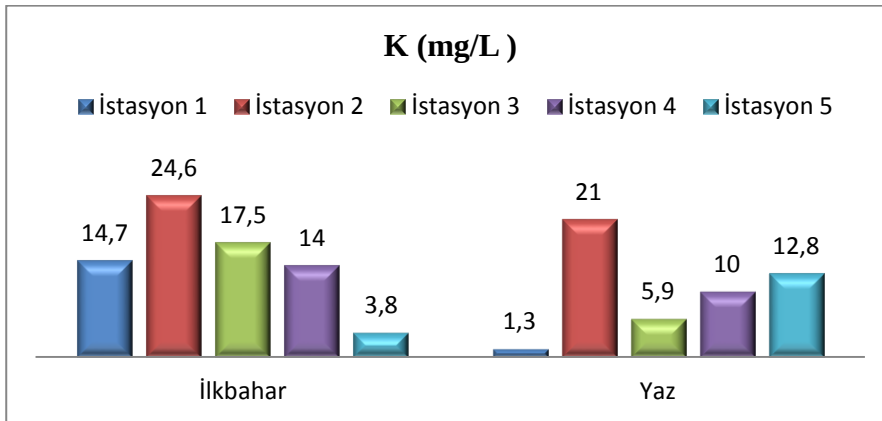
Şekil 3.8. Çalışma istasyonlarında ölçülen klorür miktarları



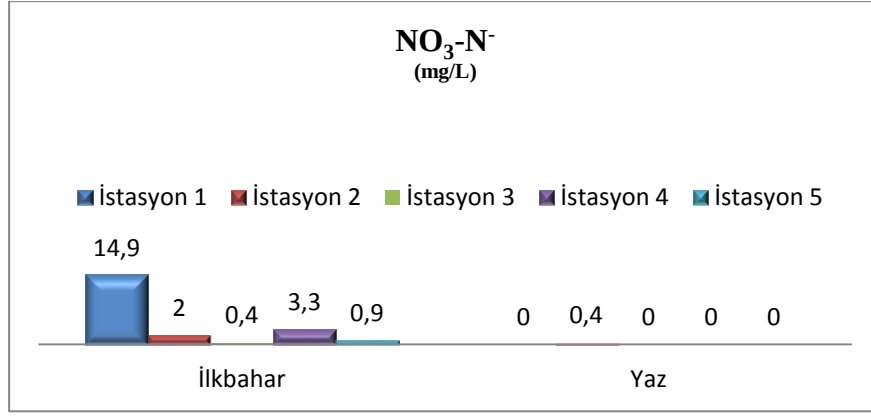
Şekil 3.9. Çalışma istasyonlarında ölçülen amonyak azotu miktarları



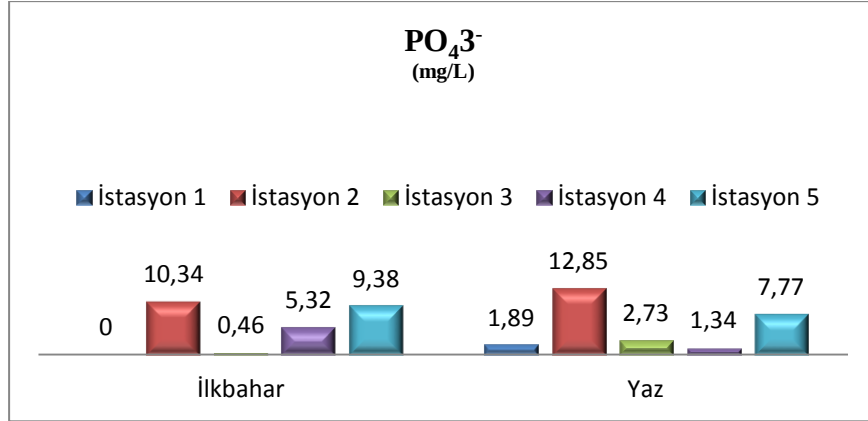
Şekil 3.10. Çalışma istasyonlarında ölçülen sülfür miktarları



Şekil 3.11. Çalışma istasyonlarında ölçülen potasyum miktarları



Şekil 3.12. Çalışma istasyonlarında ölçülen nitrat azotu miktarları



Şekil 3.13. Çalışma istasyonlarında ölçülen fosfat miktarları

Çalışma istasyonlarında ölçülen yukarıdaki iki grup olarak verilen bütün fizikokimyasal parametreler Çizelge 3.1’de ayrıca mevsimlere göre toplu halde sunulmaktadır.

Çizelge 3.1. Çalışma istasyonlarında ilkbahar dönemine ait fizikokimyasal parametre değerleri

Parametreler	İstasyonlar				
	1.İst.	2.İst.	3.İst.	4.İst.	5.İst.
Hava sıcaklığı (°C)	25	25	25	25	25
Su sıcaklığı (°C)	20,9	20,2	19,2	20,5	22,6
pH	7,67	8,12	8,12	7,97	7,71
İletkenlik (µs/cm)	1139	2970	1174	1048	919
Tuzluluk (‰)	0,57	1,55	0,59	0,51	0,45
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	1,33	7,36	0,47	5,43	0,64
Demir (mg Fe/L)	0,56	-	1,43	0,58	0,06
Mangan (mg Mn/L)	1,5	0,7	4,2	1,1	0,8
Klorür (mg Cl/L)	294,1	418,5	179,6	76,5	62,4
Amonyak azotu (mg NH ₃ -N/L)	4,47	2,40	7,48	0,8	21,64
Sülfür (µg s ²⁻ /L)	7	45	44	17	54
Potasyum (mg K/L)	14,7	24,6	17,5	14	3,8
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	14,9	2,0	0,4	3,3	0,9
Fosfat (mg PO ₄ ³⁻ /L)	-	10,34	0,46	5,32	9,38
Sertlik-kalsiyum (mg CaCO ₃ /L)	-	0,6	-	1,22	-
Sertlik-magnezyum (mg CaCO ₃ /L)	0,1	-	-	-	0,66

- : Tesbit edilememiştir.

Çizelge 3.2. Çalışma istasyonlarında yaz dönemine ait fizikokimyasal parametre değerleri

Parametreler	İstasyonlar				
	1.İst.	2.İst.	3.İst.	4.İst.	5.İst.
Hava sıcaklığı (°C)	35	35	35	35	35
Su sıcaklığı (°C)	25,7	33,4	27,4	27,8	31,5
pH	7,94	8,30	7,81	8,17	7,88
İletkenlik (µs/cm)	715	3060	847	1039	907
Tuzluluk (‰)	0,34	1,6	0,42	0,32	0,44
Çözülmüş oksijen (mg O ₂ /L)	4,75	7,55	1,01	5,49	0,24
Demir (mg Fe/L)	0,57	-	0,91	0,25	0,05
Mangan (mg Mn/L)	0,7	2,4	2,3	3,5	2,0
Klorür (mg Cl ⁻ /L)	32,6	274,7	45,4	27,0	75,9
Amonyak azotu (mg NH ₃ -N/L)	1,37	1,05	5,1	0,31	17,36
Sülfür (µg S ²⁻ /L)	29	33	28	38	189
Potasyum (mg K/L)	1,3	21,0	5,9	10,0	12,8
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	-	0,4	-	-	-
Fosfat (mg PO ₄ ³⁻ /L)	1,89	12,85	2,73	1,34	7,77
Sertlik-kalsiyum (mg CaCO ₃ /L)	1,50	0,91	-	-	0,34
Sertlik-magnezyum (mg CaCO ₃ /L)	1,09	0,31	0,13	0,04	-

-: Tesbit edilememiştir.

3.2. Toksisite Testleri

3.2.1. Akut hareketsizlik testi

İlkbahar dönemine ait su örnekleri ile yapılan akut toksisite testleri sonucunda tesbit edilen hareketsiz birey sayıları ile 24 ve 48 saat sonunda hesaplanan % hareketsizlik oranları 1., 2. ve 5. İstasyonlar için ayrı ayrı Çizelge 3.3-3.5 ve Şekil 3.14, 15’de verilmiştir.

İlkbahar döneminde 3. ve 4. İstasyonlara ait su örnekleri ile yapılan akut toksisite testleri sonucunda, seyreltme yapılmadan kullanılan su örneklerinde ($v:v=100$) tutulan bireylerde dahi herhangi bir toksik etki oluşmamış, uygulama grupları ile kontrol gruplarındaki bireylerin hareketlilikleri arasında herhangi bir fark gözlenmemiştir. Dolayısıyla bu istasyonlarda ilkbahar dönemi için EC değerleri hesaplanmamıştır.

Çizelge 3.3. İlkbahar dönemi İstasyon 1’de akut hareketsizlik testi sonuçları

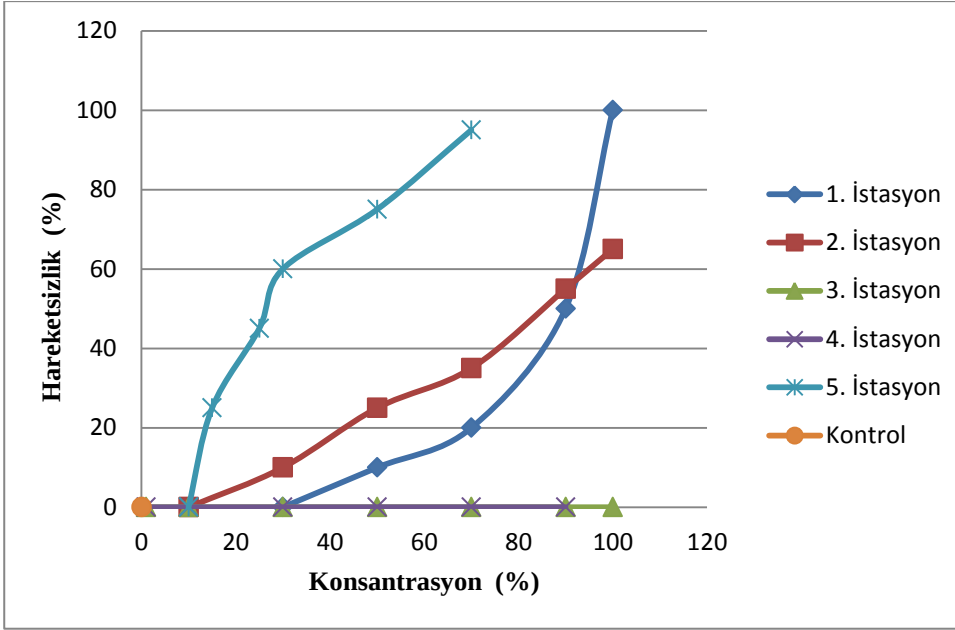
Konsantrasyon (% v:v)	Denemede kullanılan toplam canlı sayısı	Hareketsiz birey sayısı		% Hareketsizlik oranı	
		24 saat	48 saat	24 saat	48 saat
Kontrol	20	0	0	0	0
30	20	0	5	0	25
50	20	2	9	10	45
70	20	4	12	20	60
90	20	10	15	50	75
100	20	20	20	100	100

Çizelge 3.4. İlkbahar dönemi İstasyon 2’de akut hareketsizlik testi sonuçları

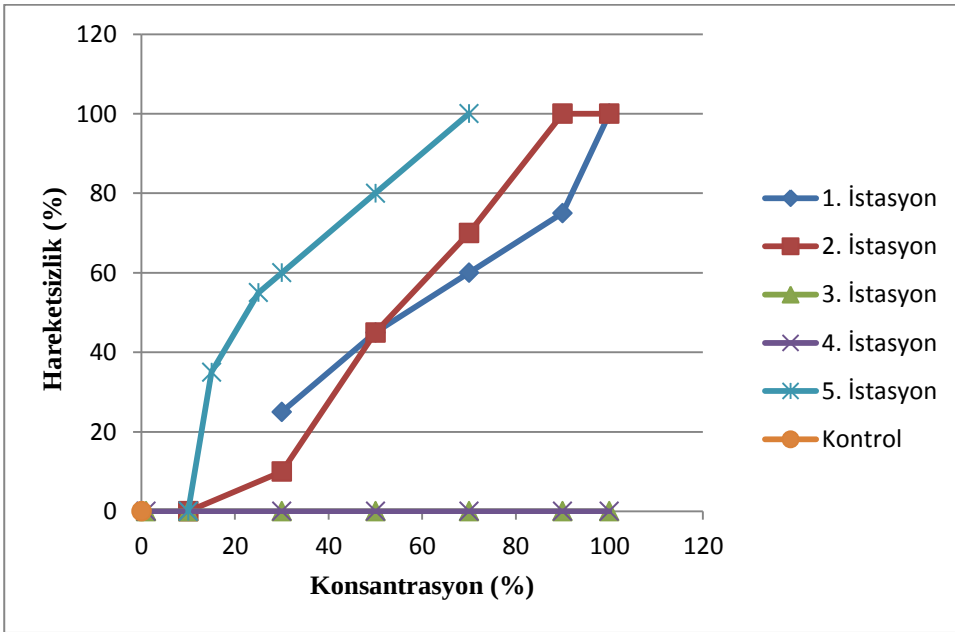
Konsantrasyon (% v:v)	Denemede kullanılan toplam canlı sayısı	Hareketsiz birey sayısı		% Hareketsizlik oranı	
		24 saat	48 saat	24 saat	48 saat
Kontrol	20	0	0	0	0
10	20	0	0	0	0
30	20	2	2	10	10
50	20	5	9	25	45
70	20	7	14	35	70
90	20	11	20	55	100
100	20	13	20	65	100

Çizelge 3.5. İlkbahar dönemi İstasyon 5’de akut hareketsizlik testi sonuçları

Konsantrasyon (% v:v)	Denemede kullanılan toplam canlı sayısı	Hareketsiz birey sayısı		% Hareketsizlik oranı	
		24 Saat	48 Saat	24 Saat	48 Saat
Kontrol	20	0	0	0	0
10	20	0	0	0	0
15	20	5	7	25	35
25	20	9	11	45	55
30	20	12	12	60	60
50	20	15	16	75	80
70	20	19	20	95	100



Şekil 3.14. İlkbahar dönemi 24 saatlik akut toksisite testlerinden elde edilen hareketsizlik yüzdeleri



Şekil 3.15. İlkbahar dönemi 48 saatlik akut toksisite testlerinden elde edilen hareketsizlik yüzdeleri

İlkbahar döneminde 1., 2. ve 5. İstasyonlara ait su örnekleri ile yapılan akut toksisite testlerinin sonucunda hesaplanan 24 ve 48 saatlik EC değerleri Çizelge 3.6-3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.6. İstasyon 1’den alınan su örneğinin EC değerleri (%95 güven aralığında)

EC değerleri	24 saatlik	48 saatlik
EC ₁₀	58,32 (-5,09-72,13)	18,20 (-3,07- 30,60)
EC ₅₀	81,47 (64,62-101,61)	57,53 (48,41-66,06)
EC ₉₀	104,62 (90,09-175,32)	96,87 (85,49-115,92)

Çizelge 3.7. İstasyon 2’den alınan su örneğinin EC değerleri (%95 güven aralığında)

EC değerleri	24 saatlik	48 saatlik
EC ₁₀	35,71 (14,81-47,79)	31,43 (18,50-39,24)
EC ₅₀	83,60 (73,71-97,52)	55,01 (48,54-61,70)
EC ₉₀	131,49 (113,29-166,56)	78,59 (70,46-92,28)

Çizelge 3.8. İstasyon 5’den alınan su örneğinin EC değerleri (%95 güven aralığında)

EC değerleri	24 saatlik	48 saatlik
EC ₁₀	7,81 (-14,09-17,49)	6,96 (-20,21-16,59)
EC ₅₀	32,34 (23,84-43,57)	28,28 (19,32-40,48)
EC ₉₀	56,88 (45,13-86,28)	49,60 (38,28-84,94)

Yaz döneminde 1., 2., 3. ve 4. İstasyonlara ait su örnekleri ile yapılan 24 ve 48 saatlik akut toksisite testleri sonucunda seyreltme yapılmadan kullanılan su örneklerinde ($v:v=100$ 'lük) tutulan gruplarda herhangi bir toksik etki izlenmemiştir. Uygulama grupları ile kontrol gruplarındaki bireylerin hareketlilikleri arasında herhangi bir fark da yoktur. Dolayısıyla bu istasyonlarda yaz dönemi için EC değerleri hesaplanmamıştır. Yaz döneminde, akut toksisite parametresi olarak hareketsizlik izlenen tek istasyon 5. İstasyon olup (Çizelge 3.9); bu istasyona ait EC değerleri Çizelge 3.10'da gösterilmiştir.

5. İstasyon'da ilkbahar ve yaz dönemlerine ait EC_{50} değerleri karşılaştırıldığında, yaz döneminde değerlerin daha düşük olduğu, dolayısıyla yaz döneminde 5. İstasyon'dan alınan su örneklerinin 48 saatlik akut toksisitesinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3.9. İstasyon 5'de 48 saatlik akut hareketsizlik testi sonuçları

Konsantrasyon (% v:v)	Denemede kullanılan toplam canlı sayısı	Hareketsiz birey sayısı	% Hareketsizlik oranı
Kontrol	20	0	0
4	20	0	0
8	20	3	15
12	20	5	25
16	20	8	40
20	20	10	50

Çizelge 3.10. İstasyon 5'den alınan su örneğinin 48 saatlik EC değerleri (%95 güven aralığında)

EC değerleri	48 saatlik
EC_{10}	8,11 (2,91-10,78)
EC_{50}	18,68 (16,10-23,54)
EC_{90}	29,24 (24,15-41,45)

İlkbahar dönemine ait su örneklerinin 48 saatlik toksisite EC_{50} değerlerine göre karşılaştırıldığında, en yüksek toksisitenin 28,28'lik EC_{50} değeri ile 5. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerde gözleendiği; bunu sırayla İstasyon 2 ($EC_{50}=55,01$) ve İstasyon 1'in ($EC_{50}=57,53$) izlediği anlaşılmıştır. İstasyon 1. ve 2 için belirlenen EC_{50} değerleri birbirine yakındır.

Yaz dönemine ait su örnekleri ile yapılan 48 saatlik testler sonucunda, sadece 5. İstasyon'da akut toksisite ($EC_{50}=18,68$) ortaya çıkmıştır. Diğer istasyonlara ait su örneklerinde ise akut toksisite gözlenmemiştir.

Akut toksisite testleri genel olarak değerlendirildiğinde, istasyonlara ait su örneklerinin filtre edildikten sonra kullanılması durumunda herhangi bir toksik etki gözlenmediği belirlenmiştir. Bu nedenle kronik toksisite testlerinde filtreleme işlemi yapılmamış, su örnekleri araziden getirildiği haliyle kullanılmıştır.

3.2.2. Kronik toksisite testleri

İlkbahar dönemi İstasyon 1'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. ve 3. hafta ortalama boy uzunlukları Çizelge 3.11'de verilmiştir. Çizelgede izlendiği üzere, 1. hafta ortalama boy uzunlukları karşılaştırıldığında; kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasında ve ayrıca %1'lik grup ile diğer tüm uygulama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$). 3. hafta ortalama boy uzunlukları açısından yapılan karşılaştırmada ise kontrol grubu, %1 ve %4'lük gruplar ile %8, %16, %32'lik gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3.11. İlkbahar döneminde İstasyon 1’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. ve 3. hafta ortalama boy uzunlukları

Ortalama boy uzunlukları (mm)	1. hafta	3. hafta
Kontrol	1,24 (1,12-1,37)	2,45 (2,34-2,56)
%1	1,51* (1,40-1,63)	2,43 (2,34-2,54)
%4	1,76* (1,65-1,86)	2,49 2,40-2,58
%8	1,88* (1,82-1,93)	2,68* (2,60-2,77)
%16	1,93* (1,85-2,00)	2,83* (2,74-2,92)
%32	1,89* (1,80-1,99)	2,76* (2,65-2,87)

* Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

İlkbahar dönemi 1. İstasyon’dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri Çizelge 3.12’de verilmiştir. İlk yumurta oluşum günleri açısından yapılan karşılaştırmada, kontrol grubu ve %1’lik grup ile tüm uygulama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$). İlk üreme günleri açısından yapılan karşılaştırmada da kontrol grubu ve %1’lik grup ile diğer gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$).

Çizelge 3.12. İlkbahar döneminde İstasyon 1’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri

	Ortalama ilk yumurta oluşum günleri	Ortalama ilk üreme günleri
Kontrol	13,96 (12,49-15,43)	15,90 (14,50-17,31)
%1	11,50* (10,53-12,47)	14,38 (13,29-15,47)
%4	10,26* (9,59-10,93)	12,35* (11,57-13,13)
%8	9,37* (8,82-9,92)	12,03* (11,47-12,59)
%16	9,76* (9,20-10,31)	12,34* (11,82-11,82)
%32	9,41* (8,76-10,06)	12,30* (11,50-13,11)

* Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

İlkbahar döneminde 1. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerde, ana birey başına ortalama yavru sayıları Çizelge 3.13'de gösterilmiştir. Buna göre kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3.13. İlkbahar döneminde İstasyon 1'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ana birey başına ortalama yavru sayıları

Ana birey başına ortalama yavru sayıları	
Kontrol	9,05 (14,50-17,31)
%1	10,57* (13,29-15,47)
%4	12,60* (11,57-13,13)
%8	11,10* (11,47-12,59)
%16	11,58* (11,82-12,87)
%32	12,82* (11,50-13,11)

* Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

İlkbahar döneminde 2. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireyler için 1. ve 3. hafta ortalama boy uzunlukları, ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri ile ana birey başına düşen ortalama yavru sayıları bakımından yapılan karşılaştırmalarda, kontrol grubu ile uygulama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

İlkbahar döneminde 3. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. hafta ortalama boy uzunlukları Çizelge 3.14'de gösterilmiştir. Buna göre 1. hafta için, kontrol grubu ile uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmasına rağmen; 3. haftada kontrol ve uygulama grupları arasında anlamlı fark yoktur ($p > 0.05$).

Çizelge 3.14. İlkbahar döneminde İstasyon 3’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. hafta ortalama boy uzunlukları

Ortalama boy uzunlukları (mm)	1.hafta
Kontrol	1,60 (1,50-1,70)
%4	1,87* (1,78-1,96)
%8	1,95* (1,86-2,04)
%16	1,84* (1,73-1,94)
%32	1,95* (1,85-2,05)
%64	1,97* (1,91-2,02)
%90	2,02* (1,98-2,06)

* Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

İlkbahar döneminde 3. İstasyon’dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri Çizelge 3.15’de gösterilmiştir. Buna göre ortalama ilk yumurta oluşum günleri açısından yapılan karşılaştırmada kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasında fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Ortalama ilk üreme günleri açısından yapılan karşılaştırmada ise kontrol grubu ile sadece %8, %16 ve %90’lık gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge3.15. İlkbahar döneminde İstasyon 3’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri

	Ortalama ilk yumurta oluşum günleri	Ortalama ilk üreme günleri
Kontrol	12,61 (11,24-13,98)	14,72 (13,59-15,85)
%4	9,65* (8,26-11,03)	12,79 (11,38-14,20)
%8	9,26* (8,41-10,10)	12,00* (11,08-12,92)
%16	8,92* (8,18-9,66)	11,89* (11,16-12,61)
%32	9,44* (8,41-10,47)	12,43 (11,15-13,70)
%64	10,15* (7,94-12,37)	13,80 (10,35-17,25)
%90	8,05* (7,10-9,00)	11,10* (10,15- 12,05)

* Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

İlkbahar dönemi 3. İstasyon’dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ana birey başına ortalama yavru sayıları açısından yapılan karşılaştırmada kontrol grubu ile uygulama grupları arasında fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$).

İlkbahar dönemi 4. İstasyon’dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. ve 3. hafta ortalama boy uzunlukları Çizelge 3.16’da gösterilmiştir. Buna göre 1. hafta ortalama boy uzunlukları açısından yapılan karşılaştırmada, kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). 3. hafta ortalama boy uzunlukları açısından yapılan karşılaştırmada ise kontrol grubu ile %64 ve %90’lık gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3.16. İlkbahar döneminde İstasyon 4'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. ve 3. hafta ortalama boy uzunlukları

Ortalama boy uzunlukları (mm)	1. hafta	3. hafta
Kontrol	1,48 (1,39-1,56)	2,64 (2,50-2,78)
%4	1,68* (1,60-1,77)	2,71 (2,60-2,81)
%8	1,79* (1,69-1,90)	2,82 (2,72-2,92)
%16	1,93* (1,83-2,03)	2,74 (2,62-2,87)
%32	2,01* (1,92-2,11)	2,82 (2,67-2,98)
%64	2,06* (2,01-2,10)	2,93* (2,87-2,99)
%90	2,12* (2,04-2,19)	2,97* (2,93-3,00)

* Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

İlkbahar dönemi 4. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum günleri Çizelge 3.17'de gösterilmiştir. Buna göre ilk yumurta oluşum günleri açısından, kontrol grubu ile %32, %64 ve %90'lık gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bulunmuştur. Fakat ilk üreme günleri ve ana birey başına ortalama yavru sayıları açısından yapılan karşılaştırmada, kontrol grubu ile uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$).

Çizelge 3.17. İlkbahar döneminde İstasyon 4’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum günleri

Ortalama ilk yumurta oluşum günleri	
Kontrol	12,12 (11,18-13,06)
%4	11,00 (10,06-11,94)
%8	10,94 (9,70-12,17)
%16	11,29 (10,00-12,59)
%32	9,39* (8,84-9,93)
%64	9,59* (8,74-10,44)
%90	9,25* (8,19-10,31)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

İlkbahar dönemi 5. İstasyon’dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 3. hafta ortalama boy uzunlukları Çizelge 3.18’de gösterilmiştir. Buna göre, kontrol grubu ile %8, %12, %16’lık gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Fakat 1. hafta ortalama boy uzunlukları açısından ise kontrol grubu ile uygulama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 3.18. İlkbahar döneminde İstasyon 5’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 3. hafta ortalama boy uzunlukları

Ortalama boy uzunlukları (mm)	3.hafta
Kontrol	2,71 (2,55-2,87)
%1	2,82 (2,67-2,97)
%4	2,90 (2,85-2,95)
%8	3,10* (3,00-3,20)
%12	3,05* (2,94-3,16)
%16	3,17* (2,98-3,36)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

İlkbahar dönemi 5. İstasyon’dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri Çizelge 3.19’da gösterilmiştir. Buna göre ilk yumurta oluşum günleri açısından, kontrol grubu ile sadece %12 ve %16’lık gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalama ilk üreme günleri açısından ise kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$).

Çizelge 3.19. İlkbahar döneminde İstasyon 5’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri

	Ortalama ilk yumurta oluşum günleri	Ortalama ilk üreme günleri
Kontrol	10,19 (9,85-10,52)	13,61 (12,77-14,46)
%1	9,95 (9,09-10,80)	12,20* (11,66-12,74)
%4	8,26 (7,72-8,80)	11,20* (10,67-11,73)
%8	8,49 (7,79-9,19)	11,08* (10,54-11,63)
%12	8,06* (7,65-8,46)	10,76* (10,36-11,17)
%16	8,62* (8,05-9,19)	11,31* (10,72-11,91)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

İlkbahar dönemi 5. İstasyon’dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerde, ana birey başına ortalama yavru sayıları Çizelge 3.20’de gösterilmiştir. Ana birey başına ortalama yavru sayıları açısından, kontrol grubu ile %4, %8, %12 ve %16’lık gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca uygulama grupları arasında da; %1’lik grup ile %4, %8 ve %12’lik gruplar arasındaki fark; %4’lük grup ile %1, %12 ve %16’lık gruplar arasındaki fark; %8’lik grup ile %1, %4, %12 ve %16’lık gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3.20. İlkbahar döneminde İstasyon 5.'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ana birey başına ortalama yavru sayıları

Ana birey başına ortalama yavru sayıları	
Kontrol	22,58 (18,50-26,55)
%1	28,94 (22,66-35,22)
%4	46,26* (38,38-54,15)
%8	57,61* (47,98-67,24)
%12	80,00* (68,87-91,13)
%16	71,97* (61,71-82,23)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

Sonuç olarak ilkbahar dönemi, 1. hafta boy ölçümleri açısından 1., 3., 4. ve 3. hafta boy ölçümleri açısından da 1., 4. ve 5. İstasyonların uygulama grupları bireylerinin ortalama boy uzunluklarının kontrol grubunkilerden, istatistiksel olarak anlamlı düzeyde, daha fazla olduğu tesbit edilmiştir.

İlkbahar dönemi, 1., 3., 4. ve 5. İstasyonlara ait uygulama grupları bireylerinin ilk yumurta oluşum günleri ile 1., 3. ve 5. istasyonların uygulama grupları bireylerinin ilk üreme günleri kontrol grubunkilerden, istatistiksel olarak anlamlı düzeyde, daha erken olduğu tesbit edilmiştir.

İlkbahar dönemi, 1. ve 5. İstasyonların uygulama grubu bireylerinde ana birey başına ortalama yavru sayılarının kontrol grubunkilerden, istatistiksel olarak anlamlı düzeyde, daha fazla olduğu tesbit edilmiştir.

Yaz dönemi 1. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1.ve 3. hafta ortalama boy uzunlukları Çizelge 3.21'de gösterilmiştir. 1. ve 3. hafta ortalama boy uzunlukları açısından, kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3.21. Yaz döneminde İstasyon 1'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. ve 3. haftalama boy uzunlukları

Ortalama boy uzunlukları (mm)	1. hafta	3. hafta
Kontrol	1,91 (1,83-1,99)	2,58 (2,43-2,74)
%10	2,09* (2,04-2,14)	2,95* (2,91-3,00)
%30	2,20* (2,12-2,29)	3,09* (2,99-3,18)
%50	2,30* (2,15-2,45)	3,11* (3,03-3,19)
%70	2,24* (2,11-2,28)	3,04* (2,93-3,14)
%90	2,19* (2,01-2,37)	2,85* (2,71-2,99)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p < 0.05$)

Yaz dönemi 1. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri Çizelge 3.22'de gösterilmiştir. Buna göre ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri açısından yapılan karşılaştırmada, kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ana birey başına ortalama yavru sayıları açısından ise kontrol grubu ile uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 3.22. Yaz döneminde İstasyon 1’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri

	Ortalama ilk yumurta oluşum günleri	Ortalama ilk üreme günleri
Kontrol	10,76 (9,86-11,66)	13,17 (12,14-14,19)
%10	8,31* (7,41-9,21)	10,69* (9,75-11,63)
%30	7,33* (6,70-7,96)	9,44* (8,79-10,10)
%50	7,31* (6,54-8,08)	9,93* (10,10-10,30)
%70	8,14* (7,30-8,97)	10,39* (9,48-11,31)
%90	8,08* (7,11-9,06)	10,32* (9,44-11,20)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p < 0.05$)

Yaz dönemi 2. İstasyon’dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. hafta ortalama boy uzunlukları Çizelge 3.23’de gösterilmiştir. Buna göre 1. hafta ortalama boy uzunlukları açısından yapılan karşılaştırmada, kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak 3. hafta boy uzunlukları açısından kontrol grubu ile uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 3.23. Yaz döneminde İstasyon 2'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. hafta ortalama boy uzunlukları

Ortalama boy uzunlukları (mm)	1. hafta
Kontrol	2,04 (1,99-2,09)
%10	2,42* (2,22-2,61)
%30	2,39* (2,26-2,52)
%50	2,43* (2,28-2,57)
%70	2,36* (2,17-2,56)
%90	2,34* (2,14-2,54)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

Yaz dönemi 2. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri Çizelge 3.24'de gösterilmiştir. Buna göre ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri açısından, kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3.24. Yaz döneminde İstasyon 2’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri

	Ortalama ilk yumurta oluşum günleri	Ortalama ilk üreme günleri
Kontrol	9,08 (8,58-9,58)	11,51 (10,95-12,07)
%10	6,62* (6,01-7,22)	8,66* (8,12-9,19)
%30	5,44* (4,91-5,91)	7,64* (7,09-8,19)
%50	6,79* (4,60-8,99)	7,79* (7,04-8,54)
%70	6,63* (5,02-8,23)	8,26* (86,93-9,59)
%90	7,63* (5,96-9,29)	9,67* (8,17-11,17)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

Yaz dönemi 2. İstasyon’dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ana birey başına ortalama yavru sayıları Çizelge 3.25’de gösterilmiştir. Buna göre ana birey başına ortalama yavru sayıları açısından, kontrol grubu ile tüm uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3.25. Yaz döneminde İstasyon 2’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ana birey başına ortalama yavru sayıları

	Ana birey başına ortalamayavru sayıları
Kontrol	25,28 (22,24-28,31)
%10	73,36* (63,70-83-03)
%30	59,51* (46,45-72,58)
%50	70,59* (56,35-84,84)
%70	81,50* (63,81-99,19)
%90	71,39* (51,96-90,83)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

Yaz dönemi 3. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. ve 3. hafta boy uzunlukları açısından, kontrol grubu ile uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$).

Yaz dönemi 3. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri Çizelge 3.26'da gösterilmiştir. Buna göre ortalama ilk yumurta oluşum günleri açısından yapılan karşılaştırmada, kontrol grubu ile %5, %7,5 ve %10'luk gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). İlk üreme günleri açısından ise kontrol grubu ile %7,5 ve %10'luk gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3.26. Yaz döneminde İstasyon 3'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri

	Ortalama ilk yumurta oluşum günleri	Ortalama ilk üreme günleri
Kontrol	8,96 (8,35-9,57)	11,54 (10,98-12,09)
%1,25	8,22 (6,88-9,56)	10,52 (9,08-11,97)
%2,5	7,74 (6,93-8,55)	10,30 (9,45-11,14)
%5	7,14* (6,33-7,96)	10,00 (9,10-10,90)
%7,5	5,68* (5,26-6,10)	8,12* (7,61-8,63)
%10	6,13* (5,21-7,05)	9,09* (7,98-10,19)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark($p<0.05$)

Yaz dönemi 3. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ana birey başına ortalama yavru sayıları Çizelge 3.27'de gösterilmiştir. Buna göre ana birey başına ortalama yavru sayıları açısından, kontrol grubu ile %7,5 ve %10'luk gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 3.27. Yaz döneminde İstasyon 3'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerde ana birey başına ortalama yavru sayıları

Ana birey başına ortalama yavru sayıları	
Kontrol	18,57 (16,48-20,66)
%1,25	20,74 (15,25-26,23)
%2,5	21,22 (18,62-23,82)
%5	25,11 (22,30-27,92)
%7,5	28,36* (23,72-33,00)
%10	27,91* (22,64-33,18)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

Yaz dönemi 4. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. hafta ortalama boy uzunlukları Çizelge 3.28'de gösterilmiştir. Buna göre 1. hafta ortalama boy uzunlukları açısından, kontrol grubu ile %50, %70 ve %90'lık gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). 3. hafta ortalama boy uzunlukları, ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günleri ile ana birey başına ortalama yavru sayıları açısından ise kontrol grubu ile uygulama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 3.28. Yaz döneminde İstasyon 4'den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. hafta ortalama boy uzunlukları

Ortalama boy uzunlukları (mm)	1. hafta
Kontrol	1,89 (1,81-1,98)
%10	1,86 (1,76-1,96)
%30	2,03 (1,96-2,10)
%50	2,07* (1,96-2,19)
%70	2,05* (1,96-2,15)
%90	2,16* (2,09-2,23)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p < 0.05$)

Yaz dönemi 5. İstasyon'dan alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. hafta ortalama boy uzunlukları Çizelge 3.29'da gösterilmiştir. Buna göre 1. hafta ortalama boy uzunlukları açısından, kontrol grubu ile yalnızca %8'lik grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). 3. hafta ortalama boy uzunlukları, ortalama ilk üreme ve ilk yumurta oluşum günleri ile ana birey başına ortalama yavru sayıları açısından ise kontrol grubu ile uygulama grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 3.29. Yaz döneminde İstasyon 5’den alınan su örneklerinde tutulan bireylerin 1. hafta ortalama boy uzunlukları

Ortalama boy uzunlukları (mm)	1. hafta
Kontrol	2,08 (2,04-2,12)
%0,5	2,09 (2,02-2,16)
%1	2,06 (1,98-2,13)
%2	2,02 (1,95-2,09)
%4	1,97 (1,88-2,07)
%8	1,80* (1,65-1,95)

*Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı fark ($p<0.05$)

Sonuç olarak yaz dönemi 1. hafta boy ölçümleri açısından 1., 2., 4., 5. İstasyonların ve 3. hafta boy ölçümleri açısından da sadece 1. istasyonun uygulama grupları bireylerinin ortalama boy uzunluklarının kontrol grubunkilerden, istatistiksel olarak anlamlı düzeyde, daha fazla olduğu tesbit edilmiştir.

Yaz dönemi, 1., 2., 3. İstasyonlara ait uygulama grupları bireylerinin ilk yumurta oluşum günleri ile 1., 2., 3. İstasyonlara ait uygulama grupları bireylerinin ilk üreme günleri kontrol grubunkilerden, istatistiksel olarak anlamlı düzeyde, daha erken olduğu tesbit edilmiştir.

Yaz dönemi, 2. ve 3. İstasyonların uygulama grubu bireylerinde ana birey başına ortalama yavru sayılarının kontrol grubunkilerden, istatistiksel olarak anlamlı düzeyde, daha fazla olduğu tesbit edilmiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sunulan araştırmanın sonuçları öncelikle su kalitesi ölçümünde kullanılan parametreler açısından değerlendirilmelidir. Bu çalışmada ilkbahar ve yaz dönemlerinde alınan nehir suyu örnekleri fizikokimyasal özellikleri açısından incelenmiş, sonuçlar “Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, 2012” ve “Çevre ve Orman Bakanlığı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2008” esas alınarak karşılaştırılmıştır (Ek 1).

Su sıcaklığı sucul ekosistemler için çok önemli parametrelerden biridir. Çünkü biyolojik ve kimyasal süreçler büyük ölçüde su sıcaklığına bağlıdır, ayrıca sıcaklık değişimi bazı kimyasal maddelerin konsantrasyonunda artışa/azalmaya neden olur. Artan su sıcaklığının, sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunu azaltması nedeniyle, sucul canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği bilinmektedir (Orlob et al., 1996; Pilgrim et al., 1998). Bu çalışmada belirlenen ortalama su sıcaklıkları yönünden, 1. İstasyon (23,3°C), 3. İstasyon (23,3 °C) ve 4. İstasyon (24,15 °C) I. kalite; 2. İstasyon (26,8 °C) ve 5. İstasyon (27,05 °C) ise III. kalite su sınıfında yer almaktadır. Minareci et al. (2009b), Haziran 2005-Mayıs 2006 aralığında yaptıkları çalışmada, ortalama su sıcaklıklarını; çalışmamızda 1. İstasyona (23,3 °C) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü’nde 16,89 °C, 2. İstasyona (26,8°C) karşılık gelen Karaçay’da 18,54°C, 3. istasyona (23,3 °C) karşılık gelen Nif Çayı’nda 16,5 °C, 4. İstasyona (24,15 °C) karşılık gelen İstanbul Yolu-Gediz Köprüsü’nde 15,95°C olarak belirtmişlerdir. Minareci vd., (2009a), yine 2005-2006 periyoduna ait bir başka çalışmada, Karaçay’ın su sıcaklığı parametresine (20,2 °C) göre I. kalite su sınıfında olduğunu bildirmişlerdir. 2014 yılında gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada ise Karaçay’akarşılık gelen 2. İstasyonun su sıcaklığı parametresine (26,8 °C) göre III. kalite su sınıfında olduğu tesbit edilmiştir. Ancak önemle vurgulamak gerekir ki, çalışmamızda alınan sıcaklık ölçümleri sadece ilkbahar ve yaz mevsimlerine ait olup, sonbahar ve kış mevsimine ait ölçümlerin verilerde yer almamasının sıcaklık ortalamasını yükseltmiş olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla söz konusu raporlarla tam bir karşılaştırma yapmak çok sağlıklı olmayacaktır.

Çalışmamızda tesbit edilen ortalama 7,8-8,2 pH aralığı ile I. kalite su sınıfına dahil olan Gediz Nehri hafif alkali karakterdedir. Benzer şekilde Akçay et al. (2003), 1996-1998 periyodunda Gediz Nehri su örneklerinin ortalama pH değerlerinin 7,9-8,2 aralığında olduğunu tesbit etmişlerdir. Sucul ekosistemlerin pH değerinin, su kalitesi ve sulak alandaki kirlilik düzeyinin önemli bir indikatörü olduğunu belirten Aydın ve Küçüksezgin (2012), yaptıkları çalışmada (Ocak 2004 ve Temmuz 2004) Gediz Nehri'nin pH değerlerinin 7,5-8,7 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Küçüksezgin et al. (2008), Ağustos 1998 ve Haziran 1999'da yaptıkları çalışmada pH değerlerini: çalışmamızda 1. İstasyona (7,8) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 6,8; 3. İstasyona (7,9) karşılık gelen Nif Çayı'nda 7,1 olarak belirtmişlerdir. Minareci vd. (2009a), 2005-2006 periyodunda Karaçay'ın ortalama pH değerine göre I. kalite su sınıfında olduğunu bildirmişlerdir. Minareci et al. (2009b), 2005-2006 yıllarında yaptıkları çalışmada pH değerlerinin: çalışmamızda 1. İstasyona (7,8) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 7,6; 2. İstasyona (8,2) karşılık gelen Karaçay'da 7,8; 3. İstasyona (7,9) karşılık gelen Nif Çayı'nda 7,6; 4. İstasyona (8,1) karşılık gelen İstanbul Yolu-Gediz Köprüsü'nde 7,7 olarak belirtmişlerdir. Öner ve Çelik (2011), Eylül 2007-Mart 2008 aralığında yaptıkları çalışmada ortalama pH değerlerini; çalışmamızda 1. İstasyona (7,8) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 7,5; 2. İstasyona (8,2) karşılık gelen Karaçay'da 7,7; 3. İstasyona (7,9) karşılık gelen Nif Çayı'nda 7,6; 4. İstasyona (8,1) karşılık gelen İstanbul Yolu-Gediz Köprüsü'nde 7,7 olarak belirtmişlerdir. Gediz Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu'nda (2014) ise ilkbahar dönemi pH değerleri: çalışmamızda 1. İstasyona (7,7) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 7,8; 3. İstasyona (8,0) karşılık gelen Nif Çayı'nda ise 7,8 olarak bildirilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014). Görüldüğü üzere farklı raporlardaki pH değerleri arasında büyük farklar yoktur. pH değeri bakımından Gediz Nehri su kalitesinin I. kalite olduğuna dair genel görüşe katılıyoruz.

Suda bulunan tuzların veya çözünmüş maddelerin sudaki iyon kapasitesini yansıtan elektriksel iletkenlik, tatlı sularda inorganik kirliliği yansıtmaktadır (Aydın ve Küçükezgin, 2012). Çalışmamızda tesbit edilen ortalama elektriksel iletkenlik değerleri yönünden: 1. İstasyon (927 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ve 5. İstasyon (913 $\mu\text{S}/\text{cm}$) II. kalite; 3. İstasyon (1011 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ve 4. İstasyon (1044 $\mu\text{S}/\text{cm}$) III. kalite; 2.

İstasyon (3015 $\mu\text{S/cm}$) IV. kalite su sınıfındadır. Aydın ve Küçüksezgin (2012), Gediz Nehri elektriksel iletkenlik değerlerinin 501-1259 $\mu\text{S/cm}$ arasında olduğunu tesbit etmişler ve bu değerlerin, WHO (1993) ve TSI (1997) kriterlerine göre belirlenen sınır değerin (2500 $\mu\text{S/cm}$) altında, yani su kalitesi standardına göre kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir. Sunulan çalışmada ise yalnızca Karaçay'ın, 3015 $\mu\text{S/cm}$ 'lik ortalama iletkenlik değeri ile bu sınır değerin üzerinde olduğu tesbit edilmiştir. Karaçay'da ortalama elektriksel iletkenlik değerleri, Minareci vd. (2009b) tarafından 2005-2006 periyodunda 987 $\mu\text{S/cm}$ olarak verilmiştir. Gediz Nehri'nin elektriksel iletkenlik değerleri, Akçay et al. (2003) tarafından 1450-1730 $\mu\text{S/cm}$ (1996-1998 periyodunda); Aydın ve Küçüksezgin (2012), tarafından ise 501-1259 $\mu\text{S/cm}$ (Ocak ve Temmuz 2004) olarak bildirilmiştir. Gediz Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu'nda (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014), ilkbahar dönemi elektriksel iletkenlik değerleri; çalışmamızda 1. İstasyona karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 1160 $\mu\text{S/cm}$, 3. İstasyona karşılık gelen Nif Çayı'nda 1340 $\mu\text{S/cm}$ olarak rapor edilmiştir. Sunulan raporlar, elektriksel iletkenlik bakımından su kalitesi standartlarına uygunluğu göstermektedir. Verilerimiz de bu görüşü doğrular niteliktedir.

Bu çalışmada belirlenen ortalama çözünmüş oksijen miktarları yönünden: 1. ve 4. İstasyon sırayla 3,04 mg/L ve 5,46 mg/L ile III. kalite; 2. İstasyon 7,46 mg/L ile II. kalite; 3.ve 5. İstasyon dasırasıyla 0,74 mg/L ve 0,44 mg/L ile IV. kalite su sınıfında yer almaktadır. Fakat Akçay et al. (2003), 1996-1998 döneminde çözünmüş oksijen değerlerinin 10,50-13,00 mg/L aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Küçüksezgin et al. (2008), 1998-1999 yaz dönemine ait ortalama oksijen değerlerini; çalışmamızda yaz dönemine ait 1. İstasyona (4,75 mg/L) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 2,15 mg/L, 3. İstasyona (1,01 mg/L) karşılık gelen Nif Çayı'nda 3,34 mg/L olarak belirtmişlerdir. Aydın ve Küçüksezgin (2012), Temmuz 2004'de, çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 3,91-16,62 mg/L aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Gediz Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu'nda ise Mart 2014 döneminde, Gediz Nehri'nin bazı istasyonlarına ait çözünmüş oksijen miktarlarının giderek düştüğü ve en düşük değerin, çalışmamızda 3. İstasyona (0,47 mg/L) karşılık gelen Nif Çayı-Gediz Köprüsü'nde (2,40 mg/L) olduğu rapor edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik

Bakanlığı, 2014). Kirlenmemiş doğal sularda çözünmüş oksijen konsantrasyonunun genellikle 10 mg/L civarında olduğu ve oksijen konsantrasyonunun 5 mg/L'nin altına düşmesi durumunda biyolojik toplulukların yaşamsal fonksiyonlarının olumsuz etkilendiği bilinmektedir (Toröz, 2013). Buna göre, Gediz Nehri genelinde giderek düşen çözünmüş oksijen miktarları, canlı yaşamını olumsuz etkileyen faktörlerden biridir. Sunulan çalışmada, Gediz Nehri ortalama çözünmüş oksijen miktarlarının 0,44 ile 7,46 mg/L aralığında olduğu tesbit edilmiş olup, örnekleme yapılan istasyonlardan 1., 2. ve 5. İstasyonlarda bu değer 5 mg/L'nin altındadır.

Yüzey sularında nitrat azotunun yüksek çıkması, evsel ya da tarımsal etkinliklere (azotlu gübreler) bağlı olarak yağışlı dönemlerde yağmur sularının tarım arazilerini yıkaması sonucunda, suda kolayca çözünen nitrat azotunun sulara karışması ile gerçekleşebilir (Chapman and Kimstach, 1996). Ayrıca nitrat azotu derişiminin, organik kirlenmenin olduğu dönemlerde, özellikle sel ve kanalizasyon sularının akarsuya karışması ile yükseldiği de bildirilmiştir (Baltacı, 2000; Girgin ve Kazancı, 1994). Bu çalışmada 0-14,9 mg/L aralığında değiştiği belirlenen nitrat azotu değerleri 1. İstasyonda en yüksektir. Ortalama nitrat azotu yönünden: 1. İstasyon (7,50 mg/L) II. kalite; 2. İstasyon (1,20 mg/L), 3. İstasyon (0,20 mg/L), 4. İstasyon (1,70 mg/L) ve 5. İstasyon (0,50 mg/L) I. kalite su sınıfındadır. Gediz Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu'nda, ilkbahar dönemi nitrat konsantrasyonları; çalışmamızda 1. İstasyona (14,9 mg/L) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 0,9 mg/L, 3. İstasyona (0,4 mg/L) karşılık gelen Nif Çayı'nda 1,5 mg/L olarak rapor edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014). Sonuçlar, nitrat azotu miktarının giderek önemli ölçüde yükseldiğini ortaya koymaktadır.

Pek çok alg ve yüksek sucul bitkiler tarafından doğrudan absorbe edilen amonyum azotunun tüm yüzey ve atık sularda doğal olarak bulunduğu bilinmektedir (Melzer and Exler, 1982; Anonymous, 2005). Bu çalışmada belirlenen ortalama amonyak azotu konsantrasyonları 0,60-19,48 mg/L aralığında olup, en yüksek ortalama değer 19,48 mg/L ile 5. İstasyonda ölçülmüştür. Akçay et al. (2003), 1996-1998 periyodunda Gediz Nehri'nde yaptıkları çalışmada, amonyak azotu konsantrasyonunun 0,05-0,46 mg/L aralığında olduğunu tesbit

etmişlerdir. Gediz Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu'nda, 2014 ilkbahar dönemi amonyum azotu konsantrasyonları; çalışmamızda 1. İstasyona (4,47 mg/L) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 3,4 mg/L, 3. İstasyona (7,48 mg/L) karşılık gelen Nif Çayı'nda 3,9 mg/L olarak rapor edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014). Amonyak azotu konsantrasyonlarının özellikle ilkbahar ve kış aylarında evsel atıkların, endüstriyel kaynaklı organik kirleticilerin ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübrelerin yağmur suları ile akarsulara taşınması sonucu artabileceği ifade edilmektedir (Kasımoğlu ve Yılmaz, 2014). Alkali şartlar ($\text{pH} > 9$) haricinde tatlı sularda bulunan amonyağın (NH_3) çoğunun iyonik formda (NH_4^+) bulunduğu bildirilmiştir (Wetzel and Likens, 1991). Düşük akış ve düşük sıcaklıklarda amonyak iyon konsantrasyonunun yüksek, sel baskınları ve yüksek sıcaklıkta ise düşük çıkabildiği ve mevsimsel olarak da en yüksek değerlerin kış aylarında ve en düşük değerlerin ise yaz aylarında ortaya çıktığı bildirilmiştir (Varga et al., 1990). Suda yaşayan canlılar üzerinde zehir etkisi oluşturan bir diğer azot kaynağı olan amonyak, sularda biyolojik olarak aktif bir bileşik olup azot içeren organik maddenin biyolojik olarak ayrışması sonucu meydana gelmektedir.

Sudaki biyolojik çevrimin önemli bileşenleri olan azot ve fosfor, yüzey sularında birincil üretimi sınırlayarak trofik durumu belirleyen başlıca besin elementleridir. Bu elementlerin doğal miktarları; kayaç ve toprak yapısı, bitki örtüsü, yağış, erozyon ve yüzey akışları gibi coğrafik, jeolojik ve iklimsel faktörlere göre değişmektedir (Wetzel, 2001). Bu çalışmada tesbit edilen ortalama fosfat konsantrasyonları 0,95-12 mg/L aralığında yer almakta olup, fosfat değeri açısından tüm istasyonlar IV. kalite su sınıfına dahildir. Minareci vd., (2009a), 2005-2006 periyodunda Karaçay'ın ortalama fosfat konsantrasyonlarının 0,002-0,225 mg/L aralığında olduğunu (II. kalite su sınıfında) bildirmişler ve bu kirliliğin Manisa Organize Sanayi Arıtma Tesisi, gıda, deterjan, kimya vb. endüstrilerine ait atıklardan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. 2014 yılında gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada ise Karaçay'a karşılık gelen 2. İstasyonunun ortalama fosfat konsantrasyonu 12 mg/L olarak tesbit edilmiştir. Minareci vd. (2009a), 2005-2006 aralığında yaptıkları çalışmada, Gediz Nehri'ndeki ortalama fosfat değerini 0,0044-0,248 mg/L olarak belirlemişlerdir. Bu kirliliğin deterjanlardan ya da tarımda kullanılan gübrelerden kaynaklanabileceği

belirtilmiştir. Gediz Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu'nda (2014), ilkbahar dönemi fosfor konsantrasyonları; çalışmamızda 3. İstasyona (0,46 mg/L) karşılık gelen Nif Çayı'nda 1,05 mg/L olarak rapor edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014). Sunulan tezin sonuçları, önceki yıllara göre, fosfat değerlerinin, dolayısıyla organik kirliliğin artmış olduğunu göstermektedir. Fosfor, ötrofikasyonun en temel elementidir (Harper, 1992). Chapra (1997) gölleri fosfor miktarına göre sınıflandırmıştır. Toplam fosfor miktarı 10 µg/L'den küçük ise göl oligotrofik, 10-20 µg/L ise mezotrofik, 20 µg/L'den büyük ise ötrofiktir. Fosfor konsantrasyonunun yüksekliği organik kirliliğin varlığını gösterir.

Kirlenmemiş göllerin yüzey suları 0,01-0,05 mg/L toplam fosfor içermektedir (Wetzel, 2001). 0,15-0,30 mg/L fosfat içeriğine sahip olan sularda prodüktivitenin yüksek olduğu; fakat bu değerin 0,30 mg/L'yi aşması halinde suyun kirlenmiş sayıldığı belirtilmiştir (Nisbet and Verneaux, 1970; Bulut vd., 2011'den). Bu referanslar göz önüne alındığında çalışmamızda yer alan tüm istasyonların ötrofik olduğu söylenebilir. Nehir ekositemindeki en önemli antropojenik pertürbasyon (bozunma) kaynağının nutrient girişi olduğu görülmektedir. Fosforun akarsulara; hayvan, insan ve bitki artıkları, gübreler, deterjanlar, toprak erozyonu ve şiddetli yüzey akışları ile karıştığı bildirilmiştir (Eberhardt and Larson, 2000). Ayrıca fosfat iyonu (PO_4^{3-}) konsantrasyonlarındaki mevsimsel dalgalanmaların su sıcaklığındaki değişimler, güneş ışığı ve bitki gelişimi gibi nedenlerden de kaynaklanabileceği vurgulanmıştır (Varga et al., 1990).

Sudaki demir (1-3 mg /L'a kadar) ve mangan miktarları; oksijen varlığında alg gelişiminde olumlu etkiye sahip olduğundan (Cirik ve Cirik 1999), su kirliliğinde kontrol edilmesi gereken kalite parametrelerindendir. Bu elementlerin miktarının kontrolü ötrofikasyona engel olmak adına önem taşımaktadır (Cirik ve Cirik, 1999). Çalışmamızda Gediz Nehri su örneklerinde tesbit edilen ortalama demir miktarları bakımından: 1. İstasyon (0,57 mg/L) I-II. kalite; 3. İstasyon (1,17 mg/L), 4. İstasyon (0,42 mg/L) ve 5. İstasyon (0,06 mg/L) I.kalitesu sınıfında yer almaktadır. Ortalama mangan miktarları açısından da; 1. İstasyon (1,10 mg/L) ve 3. İstasyon (3,30 mg/L) III-IV.kalite; 2. İstasyon (1,60 mg/L), 4. İstasyon (2,30 mg/L) ve 5. İstasyon (1,40 mg/L) II-III. kalite su sınıfındadır. Çalışmamızda Gediz Nehri su örneklerindeki ortalama demir konsantrasyonlarının 0,00-1,17 mg/L; mangan konsantrasyonlarının ise 1,10-3,30 mg/L aralığında değiştiği

görülmüştür. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne (1991) göre sulama suyunda izin verilen maksimum demir miktarı 5 mg/L; mangan miktarı ise 0,2 mg/L'dir. Çalışmamızda ölçülen demir ve mangan konsantrasyonlarını bu yönetmelikteki kriterle karşılaştırdığımızda, demir konsantrasyonu bakımından bu değerin altında; ancak mangankonsantrasyonu açısından bu değerin üzerinde yer almaktadır. Akçay et al. (2003), 1996-1998 periyodunda Gediz Nehri'ndeki demir konsantrasyonunun 1,10-1,20 mg/L aralığında; mangan konsantrasyonunun ise 0,050-0,053 mg/L aralığında olduğunu tesbit etmişlerdir. Gediz Nehri'ndeki demir miktarlarının sadece endüstriyel ve evsel atıklardan kaynaklı olmayabileceği, nehrin demir içeriği zengin kayaç yapısının da miktar üzerinde büyük etkisi olduğu bildirilmiştir (Akçay et al., 2003). Hafızoğlu ve Tekin (2004), 1998-1999 yıllarında Gediz Nehri'nde yaptıkları çalışmada, ortalama demir konsantrasyonlarının, 0,010-0,282 mg/L; mangan konsantrasyonlarının ise 0,014-0,191 mg/L aralığında olduğunu tesbit etmişlerdir. Öner ve Çelik (2011), Mart 2008'de Gediz Nehri su örnekleri ile yaptıkları çalışmada, ortalama demir konsantrasyonlarını; çalışmamızda 1. İstasyona (0,56 mg/L) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 380 µg/L, 3. İstasyona (1,43 mg/L) karşılık gelen Nif Çayı'nda 610 µg/L, 4. İstasyona (0,58 mg/L) karşılık gelen İstanbul Yolu-Gediz Köprüsü'nde 315 µg/L olarak belirtmişlerdir. Ayrıca demir derişiminde, zaman içerisinde çevredeki yaygın sanayileşmeden dolayı, her istasyonda artış gözleendiği de bildirilmiştir (Öner ve Çelik, 2011). Gediz Havzası su kalitesi izleme raporunda ilkbahar dönemi demir konsantrasyonları; çalışmamızda ilkbahar dönemine ait 1. İstasyona (0,56 mg/L) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 4714 µg/L, 3. İstasyona (1,43 mg/L) karşılık gelen Nif Çayı'nda 19 µg/L; ilkbahar dönemine ait mangan konsantrasyonları ise 1. İstasyona (1,5 mg/L) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 1038 µg/L ve 3. İstasyona (4,2 mg/L) karşılık gelen Nif Çayı'nda 6140 µg/L olarak rapor edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014).

Sulardaki klorür konsantrasyonu endüstriyel su, içme ve sulama suyu kalitesi açısından oldukça büyük öneme sahiptir (Ünlü vd., 2008; Taş, 2011'den). Sağlıklı suyun göstergesi olarak klorür iyonlarının miktarı önemli olup pek çok içme suyunda klorür miktarının 30 mg/L'yi geçmediği bildirilmiştir (Egemen, 2006). Çalışmamızda Gediz Nehri'ne ait ortalama klorür miktarları 51,75-346,60 mg/L aralığında tesbit edilmiş olup her iki örnekleme döneminde de en yüksek

klorür miktarı 2. örnekleme istasyonu olan Karaçay'da belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre klorür miktarları açısından 1. İstasyon (163,35 mg/L), 3. İstasyon (112,50 mg/L), 4. İstasyon (51,75 mg/L) I-II. kalite; 5. İstasyon (69,15mg/L) I. kalite ve 2. İstasyon (346,60 mg/L) ise II-III. kalite su sınıfında yer almaktadır. Gediz Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu'nda, 2014 ilkbahar dönemi klorür konsantrasyonları; çalışmamızda ilkbahar dönemine ait 1. İstasyona (294,1 mg/L) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 129 mg/L, 3. İstasyona (179,6 mg/L) karşılık gelen Nif Çayı'nda 190 mg/L, olarak rapor edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014). Tuzlarının çözünürlüğü fazla olan klorür, normal ve kirli sularda en çok bulunan iyonlardan biridir. Normal sularda 1 mg/L'den birkaç bin mg/L'ye kadar klorür iyonuna rastlanabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Klorür değerlerinin yüksek oluşu, tuzluluğun ve buna paralel olarak elektriksel iletkenliğin de yüksek olduğunun göstergesidir (Williams and Sherwood, 1994; Canedo-Argüelles et al., 2013). Bu açıdan bakıldığında istasyonlarımıza ait klorür miktarlarının, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk değerleri ile, hem ilkbahar hem de yaz döneminde, paralellik gösterdiği görülmektedir.

Bu çalışmada tesbit edilen sülfür miktarları 7-189 µg/L aralığında olup örnekleme istasyonlarına ve dönemlerine göre değişmektedir. En yüksek sülfür konsantrasyonu, her iki örnekleme döneminde de 5. İstasyonda (54 µg/L; 189 µg/L) bulunmuştur. Gediz Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu'nda, 2014 ilkbahar dönemi sülfür konsantrasyonları; çalışmamızda, 1. İstasyona (7 µg/L) karşılık gelen Muradiye-Gediz Köprüsü'nde 79 µg/L, 3. İstasyona (44 µg/L) karşılık gelen Nif Çayı'nda 137 µg/L olarak rapor edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014). Sülfat oluşumu; sülfat içeren gübrelerin varlığı, atmosferik yağış, atıklar ve maden aktiviteleri sonucunda, ayrıca toprak ve taşların jeokimyasal aşınması sırasında (jeolojik yapı) serbest kalan sülfür ile gerçekleşmektedir (Allan, 1995; Wetzel 1975; Şen ve Gölbaşı, 2014'den).

Tatlı sularda tuzluluk miktarının normalde % 0,21'den küçük olduğu bilinmektedir (Egemen ve Sunlu, 1996). Buna göre çalışmamızda ölçülen tüm istasyonların tuzluluk değerleri bu seviyenin üzerinde çıkmış olup, en yüksek tuzluluk % 1,58'lik ortalama değeri ile Karaçay'da tesbit edilmiştir. Suların tuzlu

çıkması özellikle sulamada kullanıldığı durumlarda tarımsal faaliyetleri olumsuz yönde etkilemektedir. Türlerin canlılık aktivitelerini, morfolojilerini ve dağılımlarını etkilemesi bakımından sulardaki tuzluluğa bağlı kirlilik kontrollerinin yapılması önemlidir (Egemen ve Sunlu, 1996).

Gediz Havzası 2014 yılı ilkbahar dönemi su kalitesi sonuçlarına göre; nehir genel olarak çözünmüş oksijen, amonyum azotu, nitrit azotu, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam kjeldahl azotu, toplam fosfor, kurşun, bakır ve çinko parametrelerine göre IV. kalite su sınıfında olduğu tesbit edilmiştir. (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014).

Gediz Nehri ve kolları olan Nif Çayı ile Karaçay ağır metal kirliliği açısından daha önce yapılmış birçok çalışmayla araştırılmıştır. Buna göre; en yüksek nikel ve çinko konsantrasyonunun Nif Çayı'nda (Kayar ve Çelik, 2003; Küçüksezgin et al., 2008) olduğu; Gediz Nehri'nde özellikle kurşun, krom, mangan, çinko açısından önemli düzeyde ağır metal kirliliği olduğu ve Gediz Nehri'nin mangan konsantrasyonu açısından yüksek risk kategorisinde olduğu bildirilmiştir (Akçay et al., 2003; Küçüksezgin et al., 2008; Aydın ve Küçüksezgin, 2012). Gediz Havzası ilkbahar-2014 Su Kalitesi İzleme Raporu'na göre ise ağır metal kirliliğinin en fazla olduğu noktanın, çalışmamızda 3. İstasyona karşılık gelen, Nif Çayı-Gediz Köprüsü olduğu rapor edilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014).

Su kalite parametrelerine dair karşılaştırmalar, genel anlamda Gediz Nehri kirlilik düzeyinin arttığını göstermektedir. Sunulan çalışmada; Gediz Nehri'nin kirlilik düzeyi, ayrıca ekotoksikolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılan ve biyoindikatör bir canlı olan *D. magna* kullanılarak yapılan standart *Daphnia* akut ve kronik toksisite testleriyle de değerlendirilmiştir.

Gerçekleştirilen 48 saatlik akut toksisite denemeleri sonucunda, ilkbahar döneminde sadece 1., 2. ve 5. İstasyonlarda, yaz döneminde ise sadece 5. İstasyondan alınan sularda tutulan *D. magna* örneklerinde akut toksisite görüldüğü saptanmıştır. Bu sonuçlara göre, 5. İstasyon hariç ilkbahar dönemine ait su örneklerinin toksisitesi aynı istasyonlardan alınan yaz dönemi örneklerinden

farklıdır. Nehir suyu örneklerinin toksisitesinin mevsimsel olarak farklılık gösterdiği Kaza et al., (2007) tarafından da bildirilmiştir. Nif Çayı su örnekleri ile yapılan *D. magna* akut toksisite testleri sonucunda, farklı istasyonlara ait su örneklerinin 48 saatlik LC₅₀ değerlerinin % 6,8-27,18 aralığında olduğu bildirildiği bir çalışmada (Parlak et al., 2010), istasyonların lokaliteleri sunulan tezden farklıdır. Ancak çalışmamızda kabaca Nif Çayı'na karşılık geldiği söylenebilecek 3.istasyonda, çalışmamıza benzer şekilde, her iki mevsimde de akut toksisite bildirilmemiştir. Nif Çayı'nda yapılan fitotoksisite çalışmasında, su örneklerinde akut toksisite belirlenememiş; ancak sediment örneklerine ait EC₅₀ değerlerinin 0,88-2,30 mg/mL arasında olduğu bildirilmiştir (Katalay et al., 2012).

Bu çalışmada yapılan akut toksisite denemelerinde 0,20 µm'lik filtreler kullanılarak süzülen su örneklerinde hiçbir toksik etkiye rastlanmamıştır. Cooman (2005) tarafından yapılan çalışmada da benzer bir sonuç elde edilmiş; 0,45 µm'lik filtreler kullanılarak süzülen su örneklerinin toksisitesinde %52'den %100'e kadar azalma olmasına rağmen, 0,70 µm'lik filtreler kullanılarak süzülen su örneklerinin toksisitesinde ise önemli bir azalma görülmediği bildirilmiştir. Bu durumun su örneklerindeki hidroforik toksikantların filtre mediumunda tutulması ile ilgili olabileceği bildirilmiştir (Carr et al., 1995). Ayrıca daha küçük partiküllerin zenobiyotikleri, birsediment ve süspansiyonun askıda katı maddelerinin iri partiküllerine nazaran daha etkili bir şekilde bağladığı ve su örneklerindeki toksik bileşiklerin 0,45 ve 0,70 µm'lik çap aralığındaki partiküllerle ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır (Cooman, 2005). Nif Çayı su örneklerinin *D. magna* üzerindeki 48 saatlik LC₅₀ değerlerinin %6,8-%27,18 arasında değiştiğini bildiren Parlak et al. (2010) tarafından ise, 0,45 ve 0,20 µm'lik filtrelerin, su örneklerinin toksisitesinde herhangi birdeğişiklik yaratabileceğine dair bir değerlendirme yapılmamıştır.

Çalışmamızda Gediz Nehri su örnekleri ile gerçekleştirilen kronik toksisite testleri sonucunda, *D. magna* uygulama grubu bireylerinin ortalama boy uzunluklarının ve ana birey başına ortalama yavru sayılarının kontrol grubundakilerden daha fazla olduğu; ayrıca ortalama ilk yumurta oluşum ve ilk üreme günlerinin de kontrol grubuna göre daha erken olduğu tesbit edilmiştir. Bir başka deyişle, Gediz Nehri su örneklerinin *D. magna*'da büyüme, gelişme ve

üremeyi stimüle ettiği, yani pozitif etki oluşturduğu ortaya konmuştur. Benzer durum pek çok araştırmada da rapor edilmiş (Pagono et al., 1986; Parlak et al., 2010; Katalay et al., 2012) ve “olumsuz koşullar altında stimüle edilmiş büyüme, gelişme ve üreme” anlamında, hormesis olarak tanımlanmıştır. Parlak et al. (2010) da bulgularımıza benzer şekilde, su örneklerinin subletal konsantrasyonlarının *D. magna* tarafından üretilen yumurta sayısını arttırdığını bildirmiş ve bu durum hormesis olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde Katalay vd. (2012) tarafından Nif Çayı su örneklerinin bir yeşil alg türü olan *Desmedesmus subsipicatus* ile yapılmış fitotoksisite çalışması sonucunda uygulama gruplarında kontrol grubuna göre hücre sayısında artış görülmüştür. Kirlilik olduğu bilinen Nif Çayı su örneklerinin hücre çoğalmasını pozitif yönde etkilemesinin yine hormesis ile açıklanabileceği bildirilmiştir. Zenobiyotikler ve ağır metallerin hormetik etkisi; hücrelerarası iletişim, hücre çoğalması, apoptoz, sinyal iletimi, DNA hasar ve onarımı açısından adaptif bir cevap ile homeostazisi gerektirir (Hashmi et al., 2014). Bu hormetik yanıtlar, kimyasal stresle gerçekleşmesi beklenen ekolojik değişikliğin erken bir uyarısı niteliğindedir. Böylesi yanıtların toksisite testlerinde ve ekolojik risk değerlendirmesinde pratik uygulamaları mevcuttur (Hashmi et al., 2014).

Nehir suyu örnekleri kullanılarak yapılan kronik toksisite testleri sonucunda, *Daphnia pulex*'in üreme oranlarında istatistiksel olarak anlamlı artış tesbit edilmiş olup, bu artışın evsel atık sulardan kaynaklanan nutrient girişi ve/veya zenoöstrojenlerden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Cooman et al., 2005). Besin faktörünün (kalite, miktar, kompozisyon) *Daphnia* vücut büyüklüğü üzerine direkt etki eden primer sınırlayıcı faktör olduğu ve vücut büyüklüğünün genellikle besin sağlanmasına bağlı olarak arttığı, besin kısıtlanmasına bağlı olarak da azaldığı bildirilmiştir (Hart and Bychek, 2011). Diğer bazı çalışmalarda da yüksek besin miktarının *Daphnia* üreme ve gelişmesi üzerine olumlu etki ettiği bildirilmiştir (Damasio et al., 2008; Marques et al., 2012; Serpa et al., 2014'den). Cladoceranlar genel olarak vücut büyüklüğü ile fekundite arasında pozitif korelasyon göstermektedir (Boersma and Vijverberg, 1995; Nisbet et al., 2004; Hart and Bychek, 2011'den).

Kaza et al., (2007) evsel ve endüstriyel atıkların döküldüğü bilinen nehir suyu örnekleri ile yaptıkları akut ve kronik toksisite testleri sonucunda örneklerin

ya çok az toksik etki gösterdiğini ya da hiçbir toksik etki göstermediğini belirtmişlerdir. Bunun nedeni ağır metal gibi kalıcı maddelerin sedimentte birikmiş olabileceği şeklinde açıklanmıştır. Benzer şekilde Gediz Nehri'ne de evsel ve endüstriyel atıklar boşaltılmaktadır, ancak sunulan tezde toksisite testleri bulgularımız Gediz Nehri suyunun *D. magna* üzerinde önemli toksik etki oluşturmadığını göstermiştir. Kaza et al., (2007) gibi biz de nehir suyunun toksisitesinin düşük olmasını, hormesis dışında, toksik maddelerin sedimentte birikmiş olabileceği ve su içerisinde etkili konsantrasyonlarda bulunmaması ile ilişkilendirdik. Kalıcı maddelerin hareketi ve biyokullanılabilirliği; kimyasal reaksiyonlar, organik madde içeriği, oksidasyon ve biyolojik aktivite gibi pek çok faktöre bağlıdır (Kaza et al., 2007). Diğer bazı çalışmalarda ağır metal konsantrasyonu yüksek suların deşarj edilmesiyle ağır metallerin çökerek sedimentte biriktikleri ve uzun süreli olarak kaldıkları bildirilmiştir (Meregalli et al., 2000; Parlak vd., 2010; Aydın ve Küçüksezgin, 2012). Nif Çayı'nın su ve sediment örneklerinin analizi için *D. subspicatus* kullanılarak yapılan çalışmada su örneklerinin organizmanın büyümesini stimüle ettiği gözlenirken, sediment örneklerinin ise alg büyümesini inhibe ettiği rapor edilmiş (Katalay et al., 2012); yüzey suyunda toksisite görülmemesi durumunun Nif Çayı'nın temiz olduğunun bir ispatı olamayacağı sonucuna varılmıştır. Bu durum, suya dahil olan kontaminantların sedimentte biriktiği ve sedimentlerde çökelen bu zenobiyotiklerin zaman içerisinde sudaki döngüsel aktivitelerle yeniden suya karışarak su kirliliğine neden olabileceği, ayrıca sedimentlerin akuatik ekosistemlerde önemli bir rol oynadığı şeklinde açıklanmıştır. Deşarjlara bağlı olarak suyun fizikokimyasal özellikleri sürekli değişeceği için ağır metaller, pestisitler gibi sedimentlere bağlanan kimyasallar deşarj bittikten sonra bile kalıcılığı uzun süre devam etmektedir. Bu nedenle sediment örneklerinin kullanılması daha net sonuçlar alınmasını sağlayacaktır (Cooman et al., 2005; Roing et al., 2015). Benzer şekilde Boyacıoğlu et al. (2008) tarafından yapılan *Salmonella* mutajenite test çalışmaları sonucunda da Nif Çayı'nın su örneklerinde mutajenite gözlenmezken, bazı istasyonların sediment örneklerinde mutajenite gözlenmiştir. Arslan et al. (2009) tarafından yapılan çalışmada ise Nif Çayı su ve sediment örneklerinin denizkestanesi embriyoları üzerinde büyümede gecikme ve larval malformasyonlar gibi toksik etkileri olduğu belirtilmiştir. Sulardaki toksik etkilerin araştırılması için sadece su örneklerinin değil, ekosistemin bir bütün

olarak incelenerek yani toksisite testlerinde hem su hem de sediment örneklerinin kullanılmasının daha sağlıklı olacağı görüşü pek çok araştırmacı tarafından önerilmiştir (Kaza et al., 2007; Serpa, 2014; Roig et al., 2015).

Serpa et al. (2014) tarafından yapılan nehir suyu kalitesinin değerlendirilmesi çalışmasında, pollusyonun açık göstergelerine rağmen, standart deney türleri kullanılarak gerçekleştirilen ekotoksikolojik denemelerde toksisite tesbit edilmediği bildirilmiştir. Bu durum, standart ekotoksikolojik denemelerin sucul sistemlerdeki organik pollusyonun etkilerinin değerlendirilmesi için uygun olmayabileceği şeklinde açıklanmıştır. Çalışmamızda gerçekleştirilen fizikokimyasal analiz sonuçları, düşük çözünmüş oksijen miktarı ve yüksek nutrient (azot ve fosfat) miktarları ile Gediz Nehri'nde organik pollusyonu işaret etmesine rağmen, Gediz Nehri su örneklerinin *D. magna* üzerinde ciddi toksik etki oluşturmadığı tesbit edilmiştir. Çalışma sonuçlarımız, Parlak et al. (2010) görüşünün aksine, standart *D. magna* toksisite testlerinin, Serpa et al (2014) tarafından da ifade edildiği gibi “organik pollusyonu değerlendirmek için uygun olmayabileceği” görüşünü desteklemektedir.

Sonuç olarak standart ekotoksikolojik denemelerden biri olan *Daphnia* toksisite testlerinin sucul sistemlerdeki organik kirliliğin etkilerinin değerlendirilmesi için uygun olmadığı söylenebilir. Çünkü bu çalışmada organik kirlilik olduğu bilinen Gediz Nehri su örneklerinin *D. magna* üzerinde ciddi bir toksisite göstermediği; hatta büyüme, gelişim ve üreme üzerine pozitif etki gösterdiği ortaya konmuştur. Fakat bu pozitif etki aynı zamanda yüksek konsantrasyonlarda sedimentte birikmiş olan pollutantların nehir suyundaki daha düşük konsantrasyonlarının hormetik etkisi olarak da değerlendirilmelidir. Dolayısıyla bu gibi ekotoksikolojik risk değerlendirmesi çalışmalarında sediment toksisitesinin de çalışılması ihmal edilmemelidir.

Sediment toksisite testlerinin en az su testleri kadar önemli olduğunu destekleyen bu çalışma sonuçları, gelecek su kirliliği çalışmalarında sedimentin mutlaka çalışılmasını işaret etmektedir. Ayrıca söz konusu ekosistemin yerli türleri ile yapılacak toksisite testlerinin de gerçekleştirilmesi sayesinde bütünlük bir yaklaşımla nehrin mevcut durumu hakkında daha gerçeğe yakın bir değerlendirme yapılabilecektir. Test organizmalarının farklı kimyasallara karşı

farklı hassasiyetleri olabileceğinden çok çeşitli toksik maddeleri içeren çevresel örneklerinin çalışılmasında sadece belli tip test organizmasının değil, birden fazla ve farklı trofik seviyelerdeki test organizmalarının (üretici, tüketici, ayrıştırıcı türler) kullanılmasının, teknik zorlukları da beraberinde getirmesine rağmen, daha sağlıklı ve tutarlı sonuçlar vereceği bilinen bir gerçektir. Dolayısıyla bu çalışma sonuçlarına da dayanarak, ekotoksikolojik risk değerlendirilmesi çalışmalarında birden fazla test organizmasının kullanılmasını şiddetle önermekteyiz. Ayrıca sucul ekosistemin stabilitesi, mekansal ve mevsimsel değişikliklerden ve antropojenik baskılardan dolayı sürekli değişim halinde olduğu için, örnekleme sıklığının artırılması da, nehrin ekolojik durumunun gerçekçi bir şekilde değerlendirilebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle ileride yapılması planlanan çalışmalarda örneklemenin mevsimlik olarak değil, aylık olarak (12 ay boyunca) yapılması daha uygun olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abrantes, N. and Golçalves, F.**, 2003, The dynamics of *Ceriodaphnia pulchella* (Cladocera) in laboratory, *Acta Oecologica*, 24(1):245-249 pp.
- Akcay, H., Oguz, A. and Karapire, C.**, 2003, Study of heavy metal pollution and speciation in Buyuk Menderes and Gediz river sediments, *Water Research*, 37:813-822 pp.
- Allan, J. D.**, 1995, Stream Ecology Structure and Function of Running Waters, Kluwer Academic Publishers, London, 388p.
- Anonymous.**, 2005, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Türkiye Cumhuriyeti 25730 sayılı Resmi Gazete, Ankara
- Arslan, Ö. Ç., Parlak, H., Katalay, S., Boyacıoğlu, M. and Karaaslan, M. A.**, 2009, Embryotoxic effects of water and sediment from Nif Brook (Western Turkey) on sea urchin *Paracentrotus lividuss*, *Fresenius Enviromental Bulletin*, 18(5):663-669 pp.
- Aydin, Ş. and Küçüksezgin, F.**, 2012, Distribution and chemical speciation of heavy metals in the surficial sediments of the Bakırcay and Gediz Rivers, Eastern Aegean, *Environmental Earth Sciences*, 65:789–803 pp.
- Baltacı, F.**, 2000, Su Analiz Metotları, Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İçme suyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Barata, C., Alañon, P., Gutierrez-Alonso, S., Riva, M. C., Fernández, C. and Tarazona, J. V.**, 2008, A *Daphnia magna* feeding bioassay as a cost effective and ecological relevant sublethal toxicity test for Environmental Risk Assessment of toxic effluents, *Science of The Total Environment*, 405:78-86pp.
- Bischoff, H. W. and Bold, H. C.**, 1963, Some soil algae from enchanted rock and related algal species, Phycological studies, University of Texas Publications, 6318:1-95 pp.
- Boersma, M., Vijverberg, J.**, 1995, Synergetic effects of different food species on life-history traits of *Daphnia galeata*, *Hydrobiologia*, 307:109–115 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Boyacıoğlu, M., Parlak, H., Oral, R. and Çakal Arslan, Ö.,** 2008, Mutagenicity of sediment and water samples from Nif Brook (Western Turkey), *Fresenius Enviromental Bulletin*, 17:9-15 pp.
- Bulut, S., Mert, R., Solak, K. ve Konuk, M.,** 2011, Selevir Baraj Gölü'nün bazı limnolojik özellikleri, *Ekoloji*, 20(80):13-22 s.
- Cañedo-Argüelles, M., Kefford, B. J., Piscart, C., Prat, N. Schäfer, R. B. and Schulz, C. J.,** 2013, Salinisation of rivers: An urgent ecological issue, *Environmental Pollution, Review*, 173:157-167 pp.
- Carpenter, S. R. and Kitchell, J. F.,** 1993, The Trophic Cascade In Lakes, Cambridge University Press, Cambridge, England, 385p.
- Carr, R. S. and Chapman, D. C.,** 1995, Comparison of methods for conducting marine and estuarine sediment porewater toxicity test-Extraction, storage, and handling techniques, *Archives of Environmental Contamination Toxicology*, 28:69-77 pp.
- Chapman, D. and Kimstach, V.,** 1996, Selection of Water Quality Variables, In: Chapman D (ed), Water Quality Assessments-A Guide to Use of
- Chapra, S. C.,** 1997, Surface Water-Quality Modelling, Waveland Press, United States of America, 538p.
- Cirik, S. ve Cirik, Ş.,** 1999, Limnoloji, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 3.Baskı, 21, İzmir, 41s.
- Cirik, S. ve Cirik, Ş.,** 2008, Limnoloji, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, 6.Baskı, 21, İzmir, 165 s.
- Cirik, S. ve Gökpınar, Ş.,** 1999, Plakton Bilgisi ve Kültürü Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 19, İzmir, 247s.
- Cirik, S. ve Gökpınar, Ş.,** 2008, Plankton Bilgisi ve Kültürü, Ege Üniversitesi Yayınları, 5.Baskı, 17, İzmir, 257s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cooman, K., Debels, M., Gajardo, M., Urrutia, R. and Barra, R.,** 2005, Use of *Daphnia* spp. for the Ecotoxicological Assesment of water quality in an Agriculturel Wastershed in South-Central Chile, *Archives Environmental Contamination and Toxicology*, 48: 191-200 pp.
- Damasio, J., Tauler, R., Teixido, E., Rieradevall, M., Prat, N., Riva, M. C., Soares A. M. V. M. and Barata, C.,** 2008, Combined use of *Daphnia magna* in situ bioassays, biomarkers and biological indices to diagnose and identify environmental pressures on invertebrate communities in two Mediterranean urbanized and industrialized rivers (NE Spain), *Aquatic Toxicology*, 87(4):310–320 pp.
- Decaestecker, E., Gaba, S., Raeymaekers, J. A. M., Stoks, R., Van, K. L., DeMott, W. R. and Tessier A. J.,** 2004, Patterns and sources of variation in *Daphnia* phosphorus content in nature, *Aquatic Ecology*, 38(3):433-440 pp.
- Ebert, D.,** 2005, Epidemiology and Evolution of Parasitism in *Daphnia*, Universitat Basel, Zoologisches Institut, Evolutionsbiologie, Switzerland, 5-7 pp.
- Egemen, Ö. ve Sunlu, U.,** 1996, Su Kalitesi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, 2.Baskı, 14, Bornova, İzmir, 64s.
- Egemen, Ö.,** 2006, Su Kalitesi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, 6. Baskı, 14, Bornova, İzmir, 150s.
- Elser, J. J., Fagan, W. F., Denno, R. F., Dobberfuhl, D. R., Folarin, A., Huberty, A., Interlandi, S., Kilham, S. S., McCauley, E., Schulz, K. L., Siemann, E. H. and Sterner, R. W.,** 2000, Nutritional constraints in terrestrial and freshwater food webs, *Nature*, 408:578-580 pp.
- Environmental Protection Agency,1979, Methods for Chemical Analysis of Water and Wastewater, EPA–600/4–79–020
- Feiler, U., Krebs, F. and Heininger, P.,** 2006, Aquatic plant assay used in the assessment of water quality in German Rivers, *Hydrobiologia*, 570:67-71 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Fisk, D. L., Latta, L. C., Knapp, R. A. and Pfrender, M. E.,** 2007, Rapid evolution in response to introduced predators: rates and pattern of
- Girgin, S. ve Kazancı, N.,** 1994, Ankara Çayı'nda su kalitesini belirlemek için taban büyük omurgasızların fiziko-kimyasal parametrelerle birlikte kullanılması. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi Bildiri Kitabı, Edirne, 235–239 s.
- Griffitt, R. J., Luo, J., Gao, J., Bonzongo, J. C. and Barber, D.,** 2008, Effects of particle composition and species on toxicity of metallic nanomaterials in aquatic organisms, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(9):1972-1978 pp.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z.,** 1997, Su kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 43, Birinci Baskı, Ankara, 92s.
- Gündoğdu, V. ve Kocataş, A.,** 2006, Gediz Nehir havzası yönetim planı oluşturulmasına yönelik bir yaklaşım, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(3-4):371-378 s.
- Hafızoğlu, E. ve Tekin, F.,** 2004, Gediz Nehrindeki (Manisa) ağır metal kirliliğinin incelenmesi, *Soma Meslek Yüksek Okulu Teknik Bilimler Dergisi*, 2(2):41-51 s.
- Harper, D.,** 1992, Eutrophication of fresh waters: Principles, problems and restoration, Chapman & Hall, London, United Kingdom, 327p.
- Hart, R. C. and Bychek, E. A.,** 2011, Body size in freshwater planktonic crustaceans: an overview of extrinsic determinants and modifying influences of biotic interactions, *Hydrobiologia*, 668:61–108 pp.
- Hashmi, M. Z., Naveedullah, Shen, H., Zhu, S., Yu, C. and Shen, C.,** 2014, Growth, bioluminescence and shoal behavior hormetic responses to inorganic and/or organic chemicals: A review, *Environment International*, 64:28–39 pp.
- Hertzberg, R. C. and MacDonell, M. M.,** 2002, Synergy and other ineffective mixture risk definitions, *Science of The Total Environment*, 288(1-2):31-42 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hülsman, S.**, 2001, Reproductive potential of *Daphnia galeata* in relation to food conditions: Implications of changing size-structure of the population, *Hidrobiologia*, 444:241-252 pp.
- Kasımoğlu, C. ve Yılmaz, F.**, 2014, Tersakan Çayı'nın (Muğla, Türkiye) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(2):51-67 s.
- Katalay, S., Boyacıoğlu, M., Çakal Arslan, Ö., Parlak, H. ve Karaaslan, M. A.**, 2012, Phytotoxicity of water and sediment from Nif Brook (Izmir,Turkey) on green algae *Desmodesmus* (=Scenedesmus) *subspicatus*, *Ekoloji*, 21(83):25-31 pp.
- Kayar, V. N. ve Çelik, A.**, 2003, Gediz Nehri kimi kirlilik parametrelerinin tayini ve su kalitesinin belirlenmesi, *Ekoloji*, 12(47):17-22 s.
- Kaza, M., Mankiewicz-Boczek, J., Izydorczyk, K. and Sawicki, J.**, 2007, Toxicity assesment of water samples from rivers in Central Poland using a battery of microbiotests-a pilot study, *Polish Journal of Environmental Studies*, 1:81-89 pp.
- Kirsanov, D. O., Legin, A., Legin, E., Zagrebin, A., Ignatieva, N. V. and Rybakin, V.**, 2014, Mimicking *Daphnia magna* bioassay performance by an electronic tongue for urban water quality control, *Analytica Chimica Acta*, 824:64-70 pp.
- Kocataş, A.**, 2006, Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 9.Baskı, 51, İzmir, 597 s.
- Kücüksezgin, F., Uluturhan, E. and Batki, H.**, 2008, Distribution of heavy metals in water, particulate matter and sediments of Gediz River (Eastern Aegean), *Environmental Monitoring and Assessment*, 141:213–225 pp.
- Langenheder, S. and Jürgen, K.**, 2001, Regulation of bacterial biomass and community structure by metazoan and protozoan predation, *Limnology and Oceanography*, 46:121-134 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lavens, P. and Sorgeloos, P.**, 1996, Manual on the production and use of live food for aquaculture: Biology and life cycle of *Daphnia*, FAO Fisheries Technical Paper 361, Ghent, Belgium, 283p.
- Lyu, K., Cao, H., Chen, R., Wang, Q., and Yang Z.**, 2013, Combined effects of hypoxia and ammonia to *Daphnia similis* estimated with life-history traits, *Environmental Science and Pollution Research*, 20:5379–5387 pp.
- Marques, C. R., Gonçalves, A. M. M., Pereira R. and Gonçalves, F.**, 2012, Ecotoxicological effects of Mikado and Viper on algae and daphnids, *Environmental Toxicology*, 27(12):685–699 pp.
- Melzer, A. and Exler, D.**, 1982, Nitrate and Nitrite Reductase Activities in Aquatic Macrophytes, Studies in Aquatic Vascular Plants, Royal Botanical Society, Belgium, Brussels, 128-135 pp.
- Meregalli, G., Vermeulen, A. and Ollevier, F.**, 2000, The use of chironomid deformation in an insitu test for sediment toxicity, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 47:231-238 pp.
- Minareci, O., Minareci, E. ve Öztürk, M.**, 2009a, Karaçay'da (Manisa) deterjan, fosfat ve bor kirliliğinin araştırılması, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 26(3):171-177 s.
- Minareci, O., Öztürk, M., Egemen, Ö. and Minareci E.**, 2009b, Detergent and phosphate pollution in Gediz River, Turkey, *Academic Journals*, 8(15):3568-3575 pp.
- Minareci, O., Öztürk, M., Egemen, Ö. ve Minareci E.**, 2008, Manisa Organize Sanayi Arıtım Tesisi'nin, Gediz Nehri'nde deterjan kirliliğine olan etkilerinin belirlenmesi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1):65-72 s.
- Miner, B. E., Meester, L. D., Pfrender, M. E., Lampert, W. and Jr Hairston, N. G.**, 2014, Linking genes to communities and ecosystems: *Daphnia* as an ecogenomic model, *Proceedings of The Royal Society*, 279(1735):1873-82 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nicole, A., Hallgren, P., Einem, J. V., Kritzberg, E. S., Graneli, W., Pesson, A., Branmark, C. and Hansson, L. A.,** 2012, Predicted warming and browning timing and magnitude of plankton phenological events in lakes: a mesocosm study, *Freshwater Biology*, 57(4):684-695 pp.
- Nisbet, M. and Verneaux, J.,** 1970, Composantes chimiques des eaux courantes, discussion et proposition de classes tenant compte des bases d'interprétation des analyses chimiques, *Annales de Limnologie*, 6(2):161-170 pp.
- Nisbet, R. M., McCauley, E. M., Gurney, W. S. C., Murdoch W. W. and Wood, S. N.,** 2004, Formulating and testing a partially specified dynamic energy budget model, *Ecology*, 85:3132–3139 pp.
- OECD guidelines for testing of chemicals, 1998, *Daphnia magna* reproduction test, 1-21 pp.
- OECD guidelines for testing of chemicals, 2004, *Daphnia sp.* acute immobilisation test, 1-12 pp.
- Orlob, G. T., Meyer, G. K., Somlyódy, L., Jurak, D. and Szesztay, K.,** 1996, Impact of climate change on water quality, In: Water Resources Management in the Face of Climatic/Hydrologic Uncertainties [Kaczmarek, Z., K. Strzepek, and L. Somlyódy (eds.)], Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 70–105 pp.
- Öner, Ö. ve Çelik, A.,** 2011, Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan alınan su ve sediment örneklerinde bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi, *Ekoloji*, 20(78):48-52 s.
- Pagano, G., Cipollaro, M., Corsale, G., Esposito, A., Ragucci, E., Giordano G. G. and Trieff, N. M.,** 1986, The sea urchin: Bioassay for the assessment of damage from Environmental contaminants, Community Toxicity Testing, ASTM, STP 920, John Cairns, Jr., Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 66-92 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Parlak, H., Çakal Arslan, Ö., Boyacioglu, M. and Karaaslan, M. A.,** 2010, Acute and chronic toxicity of contaminated fresh water and sediment of Nif
- Brook on *Daphnia magna* (Straus, 1820), *Ege University of Fisheries and Aquatic Sciences*, 27(4):135-141 pp.
- Pilgrim, J. M., Fang, X. and Stefan, H. G.,** 1998, Stream temperature correlations with air temperatures in Minnesota: Implications for climate warming, *Journal of the American Water Resources Association*, 34, 1109–1121 pp.
- Roig, N., Sierra, J., Nadal, M., Moreno-Garrido, I., Nieto, E., Hampel, M., Gallego, E. P., Schuhmacher, M. and Blasco, J.,** 2015, Assesment of sediment ecotoxicological status as a complementary tool fort he evaluation of surface water quality: The Ebro river basin case study, *Science of Total Environment*, 503-504:269-278 pp.
- Rose, R. M., Warne, M. St. J. and Lim, R. P.,** 2002, Some life history responses of the cladoceran *Ceriodaphnia cf. dubia* to variations in population density at two different food concentrations, *Hydrobiologia*, 481:157-164 pp.
- Serpa, D., Keizer, J. J., Cassidy, J., Cuco, A., Silva, V., Gonçalves, F., Cerqueira M. and Abrantes, N.,** 2014, Assesment of river water quality using an integrated physicochemical, biological and ecotoxicological approach, *Enviromental Sciences*, 16:1434-1444 pp.
- Stavn, R. H.,** 1971, The horitontal-vertical distribution hypothesis: Langmuir circulations and *Daphnia* distributions, *Limnology and Oceanography*, 16(2):453-466 pp.
- Şen, B. ve Gölbaşı, S.,** 2014, Hazar Gölü'ne dökülen Kürk Çayı (Elazığ, Türkiye)'nda bitki besin ve katı madde miktarlarının mevsimsel değişimleri, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 26(2):115-124 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, 26786 Sayılı Resmi Gazete.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014, Gediz Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu, İlkbahar Dönemi, 31s.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, 28483 Sayılı Resmi Gazete, 26s.
- Taş, B.**, 2011, Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) su kalitesinin incelenmesi, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1):43-61 s.
- Tessier, A. J. and Cáceres, C. E.**, 2004, Differentiation in sex investment by clones and populations of *Daphnia*, *Ecology Letters*, 7(8):695-703 pp.
- Toröz, İ.**, 2013, Çevre Kimyasında Temel Kavramlar, Problemler ve Çözüm Notları İlaveli, Nobel Akademik Yayıncılık, 136s.
- Torrissen, O. J., Hardy, R. W. and Shearer, K. D.**, 1989, Pigmentation of salmonids carotenoids deposition and metabolism, *Aquatic Sciences*, 1:209-225 pp.
- TSI,1997, Turkish National Water Quality Standarts.
- USEPA,1979, Methods for Chemical Analysis of Water and Wastewater, EPA–600/4–79–020, United States *Environmental Protection Agency*.
- Ünlü, A., Çoban, F. ve Tunç, M. S.**, 2008, Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından incelenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1):119-127 s.
- Varga, P., Abraham, M. and Simor, J.**, 1990, Water quality of the Danube in Hungary and its major determining factors, in: M. Miloradov (ed.), Water Pollution Control in The Danube Basin, *Water Science and Technology*, 22(5):113-118 pp.
- Wetzel R. G., and Likens, G. E.**, 1991, Limnological Analyses, Second Edition, Springer Verlag, New York, 391p.
- Wetzel, R. G.**, 1975, Limnology, W.B. Saunders Company, London, 743 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wetzel, R. G.,** 2001, Limnology: Lake and River Ecosystems, Third Edition, Academic Press, California, 1006p.
- WHO, 1993, Guidelines for drinking water quality, Second Edition., Recommendations, 1, Geneva.
- Williams, W., D. and Sherwood, J.,** 1994, Definition and measurement of salinity in salt lakes, *International Journal of Salt Lake Research*, 3(1):53-63 pp.
- Wojtal-Frankiewicz, A.,** 2012, The effects of global warming on *Daphnia spp.* population dynamics: a review, *Aquatic Ecology*, 46: 37-53 pp.
- Zhang, L., Li, Q., Chen, L., Zhang, A., He, j., Wen, Z. and Wu, L.,** 2015, Toxicity of surface water from Huangpu River to luminous bacteria (*Vibrio qinghaiensis* SP. Q67) and zebrafish (*Danio rerio*) embryos, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 112:137–143 pp.

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Adana’da doğdum. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimimi doğduğum şehirde tamamladım. Lisans eğitimimi 2011 yılında E.Ü. Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü’nde moleküler biyoloji ve genetik ağırlıklı eğitim alarak tamamladım. 2008-2011 yılları arasında çeşitli özel-resmi kurum ve kuruluşlarda gönüllü olarak staj yaptım. 2012 yılında E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Zooloji Bilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimime başladım. 2013 yılı TÜBİTAK-BİDEB Öncelikli Alanlar Teşvik Bursu’nu almaya hak kazandım.

EKLER

Ek 1. Su Kalite Sınıfları

EKLER

Ek 1. Su Kalite Sınıfları

Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği,
2012

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
İletkenlik (µS/cm)	< 400	400-1000	1001-3000	> 3000
Çözülmüş oksijen (mgO ₂ /L)	> 8	6-8	3-6	< 3
Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri				
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	< 5	5-10	10-20	> 20
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,03	0,03-0,16	0,16-0,65	> 0,65

Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

Sınıf I - Yüksek kaliteli su;

- 1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yüzeysel sular,
- 2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,
- 3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,

Sınıf II - Az kirlenmiş su;

- 1) İçme suyu olma potansiyeli olan yüzeysel sular,
- 2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,
- 3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,
- 4) Mer'i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

Sınıf III - Kirlenmiş su;

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu,

Sınıf IV - Çok kirlenmiş su;

Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına ancak iyileştirilerek ulaşabilecek yüzeysel sular.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2008

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Klorür iyonu (mgCl ⁻ /L)	25	200	400	> 400
Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000