

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**ÇANAKKALE, SARIÇAY' DAKİ**  
**AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN (Ni, Fe, Cu, Zn)**  
**BAZI BENTİK MAKROOMURGASIZLAR**  
**ÜZERİNDEKİ TOKSİK ETKİLERİNİN**  
**ARAŞTIRILMASI**

**HAZIRLAYAN**  
**Kahraman SELVİ**

**DANIŞMAN**  
**Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKBULUT**

**AĞUSTOS, 2006**  
**ÇANAKKALE**

**ÇANAKKALE, SARIÇAY' DAKİ  
AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN (Ni, Fe, Cu, Zn) BAZI  
BENTİK MAKROOMURGASIZLAR ÜZERİNDEKİ  
TOKSİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Su Ürünleri Ana Bilim Dalı**

**HAZIRLAYAN**

**Kahraman SELVİ**

**DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKBULUT**

**AĞUSTOS, 2006**

**ÇANAKKALE**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**Kahraman SELVİ**, tarafından **Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKBULUT** yönetiminde hazırlanan **'Sarıçay' daki Ağır Metal Kirliliğinin (Ni, Fe, Cu, Zn) Bazı Bentik Makroomurgasızlar Üzerindeki Toksik Etkilerinin Araştırılması'** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

**Başkan : Prof. Dr. Mustafa ALPASLAN**

**(imza)**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKBULUT**

**(imza)**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat TOSUNOĞLU**

**(imza)**

**Kod No:**

**Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.**

**Enstitü Müdürü**

**(imza)**

## **TEŞEKKÜR**

Tez çalıőmamın her aşamasında bana yön gösteren ve desteğini esirgemeyen değerli danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet Akbulut'a, laboratuvar çalışmalarında sağladığı kolaylıklardan dolayı Sayın Prof. Dr. Mustafa Alpaslan'a, birinci bۆlümün hazırlanmasında saęlamıő olduğu bilimsel kaynaklardan dolayı Arő. Gör. Serpil Sağır Odabaşı'na, tez çalıőmam hakkındaki fikirlerinden destek aldığım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ekrem Őanver elik'e,

Ayrıca tez çalıőmam boyunca bۆyk destek aldığım sevgili dostum Elif Akkan'a ve değerli aileme en iten teőekkrlerimi sunarım.

**Kahraman Selvi**

## ABSTRACT

This study presents the some heavy metals (Fe, Cu, Ni, Zn) that are in high concentrations in Sariçay to effect amphipoda *Gammarus insensibilis*, decapoda *Carcinus aestuarii* and mollusk *Dreissena polymorpha*. LD<sub>50</sub> values were determined for Fe, Cu, Ni, Zn using toxicity methods for these species in laboratory conditions. LD<sub>50</sub> values determined in this study were compared with the heavy metal concentrations determined in water in the previously studies and also revealed that whether previously determined values are in toxic limits for organisms In result, for these four heavy metals toxics effects on *Gammarus insensibilis* Fe>Cu>Zn>Ni respectively, on *Carcinus aestuarii* Fe>Cu>Ni>Zn respectively and on *Dreissena polymorpha* Fe>Cu>Ni>Zn respectively. Thus, previously determined Fe concentration in water have been seen to reach LD<sub>50</sub> determined in this study, on the other hand Cu, Ni, Zn did not reach to critical values yet.

**Key words:** Iron, copper, nickel, zinc, *Gammarus insensibilis*, *Carcinus aestuarii*, *Dreissena polymorpha*, Ecotoxicology, Sariçay, Çanakkale.

The present Master science thesis was supported by COMU/BAP under the project no of 2005-97

## ÖZET

Bu çalışma, Sarıçay' da yüksek konsantrasyonlarda bulunan bazı ağır metallerin (Fe, Cu, Ni, Zn) amfipod *Gammarus insensibilis*, dekapod *Carcinus aestuarii* ve mollusk *Dreissena polymorpha* üzerindeki etkisini göstermektedir. Bu türler kullanılarak laboratuvar şartlarında akut toksisite deneyleri ile Fe, Cu, Ni, Zn için LD<sub>50</sub> değerleri belirlenmiştir. Bulunan bu LD<sub>50</sub> değerleri önceki araştırmalarda tespit edilen sudaki ağır metal seviyeleri ile karşılaştırılmış ve tespit edilen değerlerin canlılar için öldürücü konsantrasyon sınırları içinde olup olmadığı ortaya konmuştur. Sonuçta bu dört ağır metalin *Gammarus insensibilis* üzerindeki öldürücü etkisi sırasıyla Fe>Cu>Zn>Ni, *Carcinus aestuarii* üzerindeki öldürücü etkisi Fe>Cu>Ni>Zn ve *Dreissena polymorpha* üzerindeki öldürücü etkisi Fe>Cu>Ni>Zn olarak hesaplanmıştır. Böylelikle önceden suda tespit edilen Fe konsantrasyonunun bu araştırmada bulunan LD<sub>50</sub> değerine en çok yaklaştığı ve bakır, nikel, çinkonun henüz kritik sınıra ulaşmadığı görülmüştür.

**Anahtar sözcükler:** Demir, bakır, nikel, çinko, *Gammarus insensibilis*, *Carcinus aestuarii*, *Dreissena polymorpha*, Ekotoksikoloji, Sarıçay, Çanakkale.

Hazırlanan bu Yüksek lisans tezi ÇOMÜ/BAP tarafından 2005-97 no'lu projeden desteklenmiştir.

## İÇERİK

## Sayfa

TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ÖZET .....	v
<b>BÖLÜM 1 – GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Ağır Metallerin Önemi.....	1
1.2. Ağır Metallerin Sucul Ortamdaki Kaynakları.....	2
<b>BÖLÜM 2 – MATERYAL ve METOT .....</b>	<b>9</b>
2.1. Örnekleme Alanı ve Deney Organizmalarının Ortamdan Toplanması .....	9
2.2. Laboratuvar Koşulları.....	11
2.2.1. Adaptasyon .....	11
2.2.2. Stok Çözeltilerin Hazırlanması.....	11
2.2.3. Deney Düzenineğinin Hazırlanması ve Yürütülmesi.....	11
2.2.4. Verilerin Alınması.....	12
2.3. Elde Edilen Verilerin İstatiksel Olarak Değerlendirilmesi.....	12
<b>BÖLÜM 3 –BULGULAR.....</b>	<b>13</b>
<b>BÖLÜM 4 – TARTIŞMA ve SONUÇ .....</b>	<b>20</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>24</b>

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

#### 1.1. Ağır metallerin Önemi

Nüfustaki hızlı artış, kentleşme, sanayileşme, yetersiz alt yapı ve sanayi tesislerinin büyük bir bölümünde arıtım tesisinin bulunmayışı çevreyi olumsuz etkilemektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde evsel ve endüstriyel atıkların nehir, göl ve denizlere arıtılmadan deşarjı ekosistem için ciddi sorunlar oluşturmakta ve insan kaynaklı kirliliğin boyutlarını arttırmaktadır (Egemen, 2000).

Akarsular, göllere ve denizlere kirletici madde taşırlar. Bu suların taşıdığı madde miktarının belirlenmesi, kıyılardaki su kalitesinin anlaşılacak gelecekte olabilecek değişimlerin de tahmin edilmesinde büyük yer tutar (Boran ve Karaçam, 1996). Deniz, göl ve akarsu kaynakları daima atık su alanları olarak düşünölmüş fakat bu sularda yaşayan canlılarda ve buna bağlı olarak insanlarda ne tür etkiler yapabileceği düşünölmemiştir. Gelişen çevre bilinci sayesinde atıkların sulara atılması önlenirken kirlilik deneyleri ile kirleticinin besin zincirindeki önemi ve insan üzerindeki etkileri de araştırılmaktadır (Göksu ve diğ., 2003).

Ortamda uzun süre kalabilen ve organizmalar tarafından ortamdan alınıp biriktirilebilen ağır metallere bazıları düşük konsantrasyonlarda canlı metabolizması için gerekli olmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda bu canlılar için öldürücü etkiye sahiptir. Ayrıca ağır metaller ortamda az miktarda bulunsalar bile sucul canlıların bünyelerinde artan oranlarda birikerek toksik etki yaratacak düzeye ulaşabilmektedirler (Anonim, 1998).

Omurgalı ve omurgasız birçok organizmanın solunumunda görevli hemoglobinin yapısında bulunan demir (Fe), yumuşakçaların ve yüksek kabuklu canlıların dolaşım sıvısında bulunan hemosiyaninin yapısındaki bakır (Cu), süngerlerin biriktirdiği nikel (Ni), alglerin yapısında önemli yer tutan iyot (I), bazı radiolaria türlerinin iskeletlerindeki sülfat (SO<sub>4</sub>) ve çinko (Zn) gibi ağır metaller yaşamın devamı için gereklidir (Carette ve Dolls, 1980; Erinç, 1984; Bakan ve Şenel, 2000; Ilgar, 2000; Eltem, 2001).

Ağır metal kirliliğinin sucul organizmalar üzerine etkileri öldürücü olabileceği gibi; büyüme, üreme, fizyoloji ve davranışlarında değişikliklere neden olabilmektedir.



Özellikle omurgasız canlılar (amfipodlar, yumuşakçalar, dekapodlar, vs.) balıklara ve alglere göre daha hassas olup sucul ortamda önemli bir yer tutarlar (Bat ve diğ., 1998). Bu canlıların yapısında biriken ağır metaller besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşarak, çevre sağlığını tehdit etmektedirler (Engel ve diğ., 1981; Merian, 1991; Şan, 1992).

## **1.2. Ağır Metallerin Sucul Ortamdaki Kaynakları**

Ağır metaller hem doğal yollardan hem de insan etkisiyle sucul ortamda bulunmaktadır. Akarsuların ve dalgaların etkisiyle, partiküllerin veya sedimentten kimyasal işlemler sonucu oluşan derin su kaynaklarının etkisiyle, yüzey sularının kıyıya yakın yerlerine özellikle atmosferden karışan toz parçacıklarının etkisiyle, kutuplardan kopan buzulların yüzerek erimesiyle sucul ortama ağır metal girişi olmaktadır (Bat ve diğ., 1999).

İnsan etkisiyle oluşan ağır metal kirliliğinin sebepleri ise; endüstri (yanan kömür ve diğer yakıtlardan, araba egzozundan ve fabrika bacalarından çıkan dumanların atmosfer yoluyla yüzey sularına karışması), evsel atıklar, tarım faaliyetleri sonucunda topraktan suya ağır metal girişi, liman içi çalışmaları (gemi tamiri, boyanması, vb.) ve tanker kazaları olarak sıralanabilir (Bat ve diğ., 1999).

Sucul organizmalar ağır metalleri doğrudan vücut yüzeyinden, besin alımı sırasında, solunum yoluyla veya bunların kombinasyonu ile bünyelerine alabilirler. Ağır metal girişi en çok besin yoluyla olur (Philips ve Rainbow, 1994).

Ağır metaller sucul organizmada farklı organ ve dokularda birikirler. Bu birikimler türlere, metallere ve çevre faktörlerine (pH, sıcaklık, tuzluluk, vb.) göre değişmektedir (Bat ve diğ., 1999).

Bazı önemli ağır metallerin genel özellikleri ve bazı etkileri şunlardır. Demir (Fe), doğada en çok bulunan metaldir. Ortamdaki O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna göre değişebilir. Kanın yapısında bulunan ve solunumda görevli hemoglobinin yapımında kullanılır (Bat ve diğ., 1999). Nikel (Ni) doğada Fe ve Cu ile birlikte bulunur. Nikel tuzlarının çoğu tahriş edicidir. Zehirlenme durumunda ilk olarak kaşıntı görülür. Sucul ortamda 500 mg/lit den fazla Ni olması su bitkileri için zararlıdır (Yalçın ve Gürü, 2002). Çinko (Zn) bileşikleri suda az çözünür. Enzim ve hormonların yapısına katıldığından insan vücudu için gereklidir. Aşırı dozu zararlı etkiler gösterir (Yenson, 1984; Yalçın ve Gürü, 2002). Bakır (Cu), bitkisel yaşam ve klorofil oluşumu başta olmak üzere, hayvanların metabolizması ve hemoglobin yapımı içinde gereklidir.

Yetişkin bir insan vücudunda 100mg ' den fazla bakır bulunur. Bakır, klor (Cl) ile birlikte bulunduğu daha fazla toksik etki yapar (WHO, 1993; Yalçın ve Gürü, 2002). Cıva (Hg), dişçilikte, eczacılıkta, ziraide ve elektrikli alet yapımında kullanılır. Cıva diğer metallerle birleşerek canlı bünyelerinde toksik etki yapar. Japonya' da metil cıva klorit bulunan ortamdaki bir istiridye türü ile beslenen çok sayıda insan minimata denilen bir hastalığa yakalanmıştır. Kurşun (Pb), dokularda birikir. Aşırı dozlarda alındığında zehirlenmelere yol açar. Kurşun zehirlenmesi sonucu; beyinde hasar, böbrek bozuklukları ortaya çıkabilir. Alüminyum (Al), doza endekli olarak zehirlenmelere yol açar. Endüstride yaygın olarak kullanılır. Kadmiyum tuzları suda normalde 0,0005 ppm olarak bulunur. Aşırı dozda canlı bünyesine alınması sonucu; kemik yumuşaması ve iskelet çarpıklıkları oluşabilir. Çevreye kadmiyum veren önemli kaynaklar mazot, fuel oil ve yanmış kömür olabilir. Japonya'da kadmiyum zehirlenmeleri itai-itai adında çok acı veren bir hastalığa yol açmıştır (Yenson, 1984; Yalçın ve Gürü, 2002).

Ağır metallerin canlılar üzerine etkilerini belirleyen yöntemlerden belki de en önemlisi yaşadığı ortam koşullarına benzer laboratuarlarda yapılan ağır metal kirlilik deneyleridir. Bu deneyler ağır metallerin kontrollü koşullar altında bir popülasyonda meydana getirdiği ve genellikle zararlı olan etkilerin oluşumunu sağlayan konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla yapılır. Böylece elde edilen sonuçlar değerlendirilerek ağır metallerinin organizmalar üzerine etkisi belirlenebilmekte ve bu etkilere karşı çeşitli önlemler alınabilmektedir (Anonim, 1998).

Kirlilik deneyleri; deney süresine, deney ortamına kirletici ekleme şekline ve amaçlarına göre sınıflandırılır. Bu deneyler mutlaka kontrollü laboratuvar koşullarında yapılmalıdır. Sürelerine göre olan kirlilik deneyleri akut ve kronik deneyler olarak ikiye ayrılır. Kısa süreli (akut) deneylerin süresi genellikle 96 saati geçmez. Toksikite derecesin belirlenmesinde deney organizmalarının ölümü kriter olarak kullanılır. Akut deneylerin amacı; bir popülasyonda bulunan organizmaların deney materyalinin hangi konsantrasyonlarında ne tür tepki gösterdiğini belirlemektir. Uzun süreli (kronik) deneylerde süre bir ay, bir yıl ya da daha fazla olabilir. Örneğin yumurtadan yumurtaya ya da yumurta-ölüm olarak tüm yaşamı içine alabilir. Kronik deneyler genellikle bir organizmanın üreme yeteneği, büyümesi yaşamı üzerine farklı kirletici konsantrasyonlarını araştırmak için yapılır. Akut deneylere göre daha pahalıdır. Kirlilik deneyleri ortama kirletici ilavesine göre; durağan (statik) deneyler ve ortamı yenilenen deneyler ve sürekli akış sistemli deneyler olmak üzere üçe ayrılır.

Kirlilik deneyleri amaçlarına göre ise; elenme (korunma) deneyleri, su kalitesi belirleme deneyleri, atıkları izleme deneyleri, atıkların boşaltıldığı yeri izleme deneyleri, gıda zincirinin üst kademelerini korumak amacıyla yapılan deneyler, besin kalitesini belirlemek için yapılan deneyler, kirleticilerin organizmalar üzerine uyarıcı etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneyler, kirleticinin büyüme üzerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan deneyler, kirleticilerin biyolojik birikim ve artışını belirlemek amacıyla yapılan deneyler, kirleticilerin etkilerini karşılaştırmak amacıyla deneyler, organoleptik deneyler (deniz ürünlerinin insan sağlığı için tehlike oluşturup oluşturmadığını belirlemek amacı ile yapılır), hayvan topluluklarının kirleticilere karşı tepkisini ölçmek amacıyla yapılan deneyler olmak üzere 12 grupta toplanabilir (Anonim, 1998).

Kirlilik deneyleri; toksik etki oluşturan konsantrasyonların en yüksek limitlerinin hesaplanması, deney materyallerinin büyük ölçülerdeki toksisitesine bağlı değerlendirmesi, farklı organizmaların hassaslığına bağlı değerlendirmesi, toksisitede çevresel değişkenlerin etkilerine bağlı değerlendirmesi, organizmalarda etki süresinin anlaşılması ve doz ve yanıt ilişkisinin anlaşılması gibi avantajlar sağlar. Fakat bunun yanında, laboratuarda doğal koşulların tamamen benzerini oluşturulamaması ve deney türlerinin doğal ortamdaki organizmaların yanıtlarının tam olarak temsilcisi olamaması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Anonim, 1998).

Ülkemizde kirlilik konusundaki metodoloji ile ilgili yapılan araştırmalardan Anonim (1998), kirlilik deneylerinin yöntem ve sonuçlarının değerlendirilmesiyle ilgili ayrıntılı bilgiler vermiştir. Bu yayında deney ortamında kullanılan araç ve gereçler, kirlilik deney türleri, deney maddeleri ve hangi organizmaların deneylerde kullanılabileceği, deneylerin nasıl yapılacağı, elde edilen sonuçların nasıl değerlendirileceği ile ilgili ayrıntılı bilgiler vermektedir.

Ege Denizinde yapılan bir araştırmada levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve dil balığında (*Solea vulgaris*) saptanan ağır metal birikimi düzeylerinin bölgeye, mevsimlere, organizmanın boyuna, ağırlığına ve yaşına göre değişim gösterdiği bildirilmiştir (Gey, 1983). Uysal ve Tunçer (1984) su ürünleri bünyesindeki ağır metal birikiminin beslenme, yaş ve yaşam alanları ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. İzmir körfezinde yapılan bir araştırmada balıklarda en fazla Fe birikimi olduğu gözlenmiştir

(Gey ve Mordoğan, 1988). Kargin ve Erdem (1991) bazı ağır metallerin canlı bünyesinde birikimi sonucu toksik etki yaptığını, birikim miktarının etki süresi ortam değişimine göre arttığını bildirmektedirler.

Cao ve diğ. (1997), İngiltere’de Trend Nehri’nde kademeli olarak değişen organik kirliliğin bentik omurgasız komunitesindeki değişimini analiz etmek için yeni bir model kullanmışlardır. Su kalitesi bozuldukça, sürekli bulunan türlerin hızlı bir şekilde azaldığını, tür kayıplarının olduğunu bulmuşlardır. Bununla birlikte, kirliliğin bölgelerde kirliliğe toleranslı türlerin olduğunu tespit etmişlerdir. Bu değişimleri özetlemek için biyotik indekslerini kullanarak istasyonlar arasında karşılaştırma yapmışlardır.

Aynalı sazan ve sudak üzerinde yapılan çalışmalarda saptanmış olan ortalama ağır metal birikimi Fe>Zn>Cd şeklinde görülmüştür (Göksu ve diğ., 1998). Keller ve ark. (1998), bakır ve kurşun’un Diptera larvalarından *Aedes aegypti* ‘nin gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Embriyoların 32 ppm bakır ve 5 ppm kurşun konsantrasyonlarında açılmadıklarını tespit etmişlerdir.

Metodoloji ile ilgili diğer bir çalışmada, Bat ve diğ. (1999) aquatik toksikoloji ile ilgili, toksik etki tipleri, aquatik toksikolojinin tarihçesi, toksisite çalışmalarında kullanılan toksik maddeler, öldürücü konsantrasyonların hesaplanması, kombine etkinin ölçülmesi, deney organizmalarının seçimi, toksisite deney metotları, toksisite deneylerinde uyulması gereken genel kuralları ayrıntılarıyla açıklamışlardır.

Bat ve diğ. (1998), çinko ve bakırın ayrı ayrı ve birlikte keşiş yengeci (*Diogenes pugilator*) üzerine toksisitesini araştırmışlardır. Sonuçta bakır çinkoya göre daha toksik bulunmuştur. Yaşama oranının sedimentin varlığında daha yüksek olduğunu, çinko ve bakır birlikte eklendiğinde ölüm oranının arttığını tespit etmişlerdir.

Bat ve diğ. (1998), Sinop’ta yaşayan amfipod *Echinogammarus olivii*, isopod *Sphaeroma serratum* ve dekapod *Palaemon elegans* türlerini Cu, Pb, Zn ağır metalleri ile akut toksisite deneylerinde kullanmışlardır. 96 saatlik periyotlar sonucunda toksisite büyüklüğü Cu>Pb>Zn olarak bildirilmiştir.

Bat ve diğ. (2000), tatlı su amfipodlarından *Gammarus pulex pulex*’ lerde çinko, bakır ve kurşun toksisitesi üzerine sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Bu tür için bakır, çinko ve kurşun LC<sub>50</sub> değerlerini sırasıyla 0,028-0,080, 5,2-12,1, 11,2-23,2 bulmuşlardır.

Önceden yapılan araştırmalarda Çanakkale’de kıyı akarsularında bazı ağır metal seviyelerinin bulunması gereken değerin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Burada en buyk iki faktör kentsel kökenli atıkların ve kıyı bölgelerdeki sanayi kuruluşlarının atık sularının nehre deşarjı olduğu saptanmıştır (İlgar, 2000).

Görüldüğü gibi Sarıçay’da herhangi bir toksikolojik çalışma yapılmamıştır. Ancak Sarıçay’da önceki yıllarda yapılmış bir ağır metal çalışmasında (Odabaşı-Sağır, 2005), dört ağır metalin (Fe, Cu, Ni, Zn) sudaki konsantrasyonlarının istenen düzeylerin üzerinde olduğu saptanmıştır. Fakat bu düzeylerin canlıları ve ekosistemi nasıl etkileyebileceği ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Bu çalışmayla, yüksek konsantrasyonlarda bulunmuş bu dört ağır metalin Sarıçay’da baskın halde yaşayan bazı makro omurgasızları ne derece etkilediği, laboratuvar şartlarında 96 saatlik akut deneyler yapılarak ve buna bağlı LD<sub>50</sub> değerleri hesaplanarak tespit edilmiştir.

Böylece bu dört ağır metalin Sarıçay ekosistemini hangi konsantrasyonlara ulaştığında etkileyebileceği önceden tahmin edilecek ve gerekli önlemlerin yetkililer tarafından alınması sağlanabilecektir. Ayrıca Sarıçay’da tespit edilen bu ağır metal kirliliğinin ileriki yıllarda da izlenmesiyle kritik değerlere ne kadar yaklaştığı gözlemlenebilecektir.



**Resim 1.** Sarıçay ‘ın genel görünüşü



1) Genus : Gammaridae (Latreille, 1802)  
Species: *Gammarus insensibilis* (Stock, 1966) ([www.imv.uit.no](http://www.imv.uit.no))



2) Genus : Carcinus (Cleach, 1814)  
Species: *Carcinus aestuarii* (Nardo, 1847) ([www.imv.uit.no](http://www.imv.uit.no))



3) Genus : Dreissena  
Species: *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)

**Resim 2.** Deneylerde kullanılan bentik organizmalar.

## BÖLÜM 2

### MATERYAL VE METOT

#### 2.1. Örnekleme Alanı ve Deney Organizmalarının Ortamdan Toplanması

Mayıs 2005 - Nisan 2006 tarihleri arasında mevsimsel olarak ağır metal kirliliğinin durumuna göre belirlenerek Sarıçay'daki örnekleme noktalarından 30cm çapında, yarım daire şeklinde, 200 mikron göz açıklığına sahip 1,5m uzunluğunda bir saptan oluşan bir el kepçesi ile kıyıdan ve 50cmX15cm boyutlarında, 0,5mm göz açıklığında bir ağa sahip dreç ile hem kıyıdan hem de tekneyle bentik örnekleme yapılarak deney organizmaları toplanmıştır.

Sarıçay'ın Çanakkale Boğazı'na döküldüğü yer olan DSİ önünde sandal çekek yeri bulunması ve bu bölgenin irili ufaklı evsel atıkların da deşarj noktası (Resim 3) olmasından dolayı *Gammarus insensibilis* ve *Carcinus aestuarii* dreçle; Atikhisar Barajı çıkışından Çanakkale Merkez sanayi bölgesine kadar yayılım gösteren *Dreissena polymorpha* ise bu bölgelerden elle kayaların üzerinden toplanmıştır (Resim 4). Toplanan organizmalar pens yardımıyla bitki ve su bulunan 5 litrelik taşıma kaplarına alınmış ve laboratuara taşınmıştır. Taşıma esnasında su sıcaklığının aşırı yükselmemesi için taşıma kapları koyu renkli poşetlere konarak soğutulmuş termos akülerinden faydalanılmıştır.

Bu canlıların, Sarıçay'da dominant tür olmaları, besin zincirinde önemli yer tutmaları, ayrıca süzerek beslenen *Dreissena polymorpha*'nın sucul ortamın temizlenmesinde ekolojik açıdan önemli bir rolü olması deney organizmaları olarak seçilmesini sağlamıştır.





**Resim 3.** Sarıçay DSİ önu



**Resim 4.** Atikhisar Barajı çıkışı

## **2.2. Laboratuar Koşulları**



### **2.2.1. Adaptasyon**

Doğal ortamdan laboratuara getirilen deney organizmalarından yaralı ve sağlıksız görünenleri ayrılmış, diğerleri uygun büyüklükteki stok tanklarına alınmıştır. İki gün boyunca organizmalar karantinada tutulmuştur. İki gün sonunda deneyde kullanılacak organizmalardan aynı boyda olanlarından yeterli sayıda birey alınıp laboratuvar koşullarına alıştırılması için bir hafta boyunca 50 litrelik adaptasyon akvaryumlarına konulmuştur. Bir hafta boyunca laboratuvar koşullarına adapte olan bireyler deneyde kullanılmıştır. Adapte olamayan ve ölen bireyler bu süre zarfında ortamdan alınmıştır. O<sub>2</sub> konsantrasyonu ve sıcaklık değişimleri bir hafta boyunca sürekli kontrol edilmiştir. Organizmaların akvaryumlara alınmasında küçük akvaryum kepçesi kullanılmıştır.

### **2.2.2. Stok Çözeltilerin Hazırlanması**

Deneylerde kullanılmak üzere; CuO<sub>4</sub>S X 5H<sub>2</sub>O (Merck) bileşiğinden 1000 mg/lt Cu, ZnSO<sub>4</sub> X 7H<sub>2</sub>O (Merck) bileşiğinden 1000 mg/lt Zn, FeCl<sub>2</sub> X 4H<sub>2</sub>O (Merck) bileşiğinden 1000 mg/lt Fe ve Ni<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Merck) bileşiğinden 1000 mg/lt Ni ağır metal stok solüsyonları saf su kullanılarak hazırlanmıştır.

Hazırlanan stok çözeltilerden deney solüsyonları için pipetle gerekli miktarda alınarak bir litrelik cam deney kavanozlarına alınmıştır.

### **2.2.3. Deney Düzeneneğinin Hazırlanması ve Yürütülmesi**

Toplam 5 konsantrasyon ve 1 kontrol grubu ile 6 konsantrasyon ve 3 paralel olarak deney dizaynı yapılmıştır (Resim 6). Deney organizmalarından sağlıklı olanları seçilip büyüklüğüne bağlı olarak her birine eşiit seviyede ve devamlı şekilde hava gelen ve 40 mikronluk plankton bezinden süzölmüş deniz suyuyla dolu 1'er litrelik deney kavanozlarına 10'ar adet konmuştur.

Önceki araştırmalarda suda tespit edilen Fe, Cu, Ni, Zn miktarları birer kontrol grubu ile birlikte 1/10, 1/5, 1, 2, 5 ve 10 katları baz alınarak oluşturulmuştur.

Buna göre; Fe için; 0,01 - 0,05 - 0,1 - 1 - 2 mg/lt, Cu için; 0,05 - 0,15 - 1 - 2 - 5 mg/lt, Ni için; 2 - 5 - 10 - 50 - 100 mg/lt, Zn için; 0,2 - 1 - 10 - 50 - 100 mg/lt. olarak stok solüsyonlar hazırlanıp, deney düzeneneği kurulmuştur. Deney ortamı canlıların doğadan alındığı ortamlarla aynı tuzlulukta ve oda sıcaklığında tutulmuştur. Deney 96 saatte tamamlanmış olup deney süresince organizmalara besin verilmemiştir.



**Resim 6.** Deney düzeneği.

#### **2.2.4. Verilerin Alınması**

Deney boyunca sabah ve akşam olmak üzere günde 2 kez canlıların ölüm sayıları kaydedilmiş, ölen bireyler ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Ayrıca deney ortamı fizikokimyasal parametreleri YSI proba ölçülmüştür. Buna göre; doymuş oksijen % 72,5,-78,5, sıcaklık 16,5-18,5 °C, çözülmüş O<sub>2</sub> 7,75-9,0 mg/lt, elektrik iletkenlik 309-403 µS ve pH 6,67-7,83 olarak ölçülmüştür.

#### **2.3.Elde Edilen Verilerin İstatiksel Olarak Değerlendirilmesi**

Sonuçların değerlendirilme aşamasında ise organizmaların % 50'sinin öldüğü konsantrasyonu bulmak için Probit Log Grafik Yöntemi ile LD<sub>50</sub> hesaplanmıştır. (Anonim, 1998; Bat, 1998). Bu yöntem sadece LD<sub>50</sub> 'nin bulunmasına yönelik işlemlerde grafiksel metot olarak uygundur.

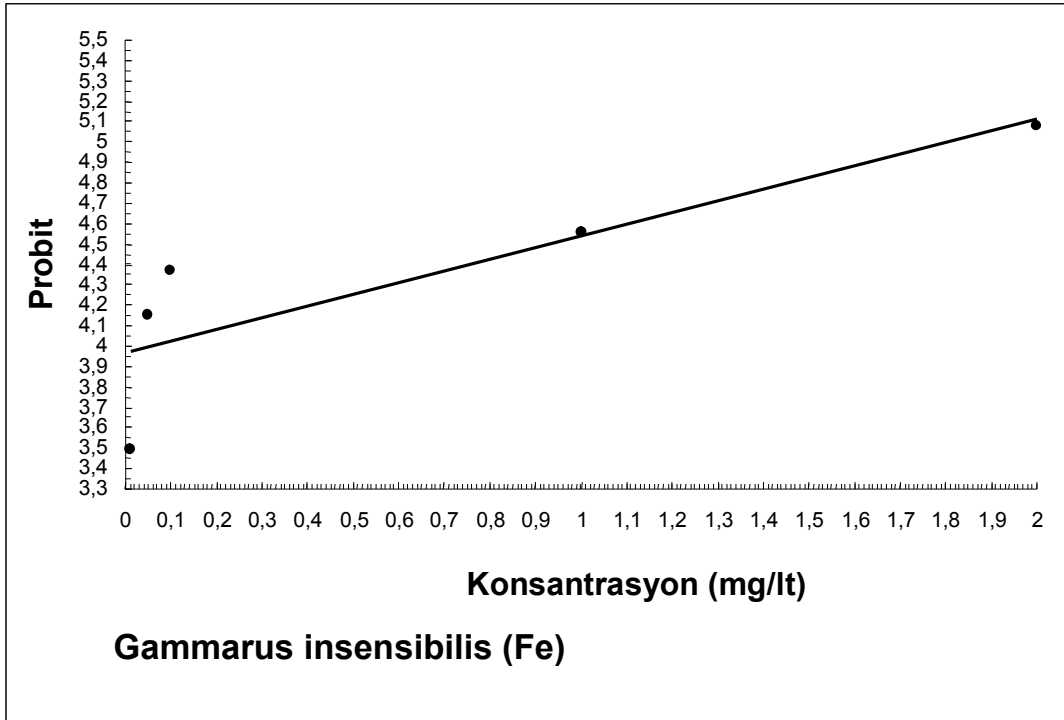
Bu yöntemde ilk yapılacak işlem ölüm oranlarının probit değere dönüştürülmesidir. Bunun için probit dönüşüm tablosundan yararlanılır. Her konsantrasyona (x) karşılık gelen probit (y) değeri x-y grafiğinde noktalanır. Bütün noktaların yakınından geçecek biçimde bir doğru çizilir. Elde edilen bu doğru probit regresyon doğrusuna ilk yaklaşımdır. y ekseninde %50 ölüm oranına karşılık gelen probit değer olan 5,0 değerinden x eksenini kestiği yerdeki doz LD<sub>50</sub>'yi sağlayan doz olarak okunur (Sümbüloğlu, 2000).

### **BÖLÜM 3 BULGULAR**

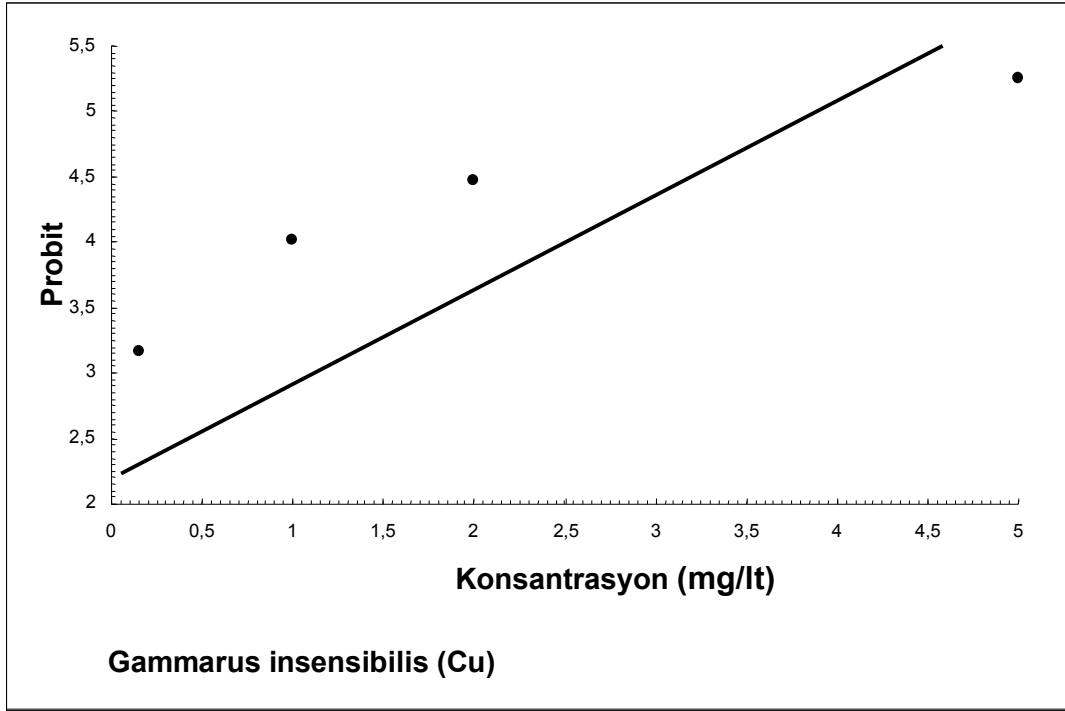
Yapılan ekotoksik denemelerin ölümcül konsantrasyonlarını bulmak amacıyla ölüm oranları probit değerlere dönüştürülmüştür (Çizelge 1). Çizelgeden faydalanılarak her ağır metalin deney organizmaları için LD<sub>50</sub> değerleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 1.** Deney Organizmaları için Konsantrasyon ve Probit Değerleri.

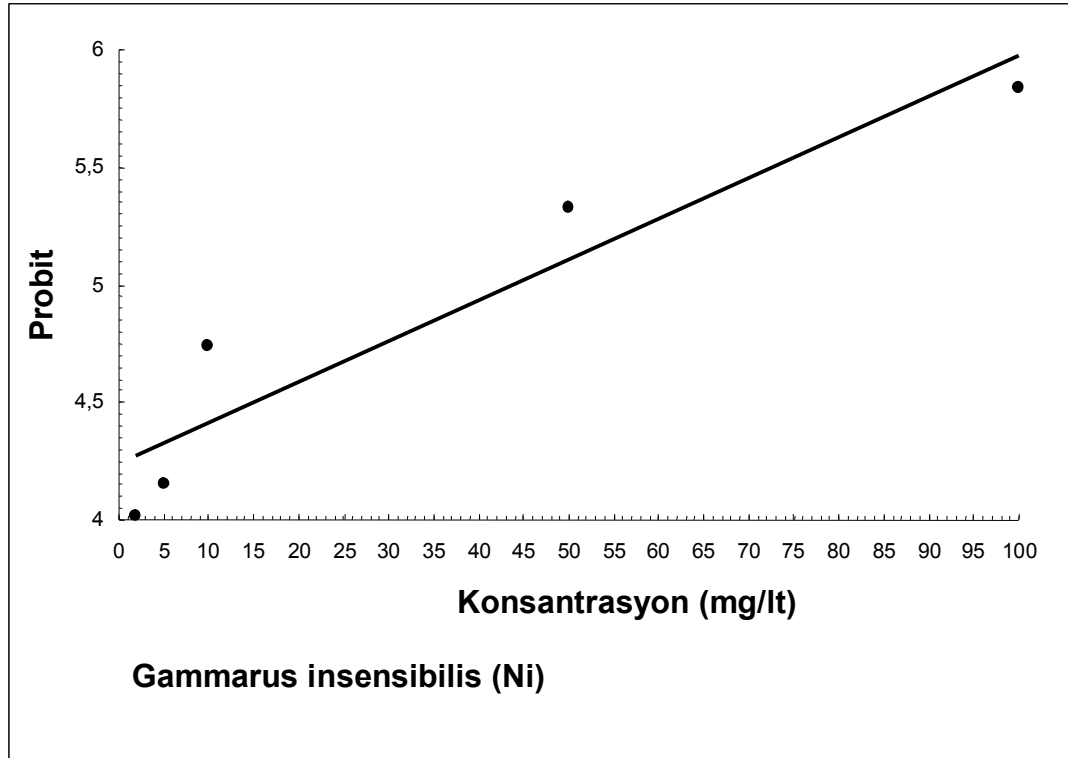
Tür	Fe		Cu		Ni		Zn	
	Kons.	Probit	Kons.	Probit	Kons.	Probit	Kons.	Probit
<i>Gammarus insensibilis</i>	0,01	3,49	0,5	0	2	4,02	2	4,56
	0,05	4,15	0,15	3,16	5	4,15	5	4,74
	0,1	4,37	1	4,02	10	4,74	10	5,25
	1	4,56	2	4,47	50	5,33	50	5,84
	2	5,08	5	5,25	100	5,84	100	6,28
<i>Carcinus aestuarii</i>	0,01	3,50	0,5	0	2	3,50	2	0
	0,05	3,88	0,15	3,50	5	4,15	5	0
	0,1	4,74	1	4,15	10	4,56	10	4,15
	1	4,91	2	4,56	50	5,25	50	4,91
	2	5,25	5	5,08	100	5,84	100	5,62
<i>Dreissena polymorpha</i>	0,01	0	0,5	0	2	3,16	2	0
	0,05	3,16	0,15	3,71	5	3,88	5	0
	0,1	3,88	1	4,02	10	4,56	10	3,88
	1	4,56	2	4,27	50	5,08	50	4,56
	2	5,08	5	5,16	100	5,84	100	5,08



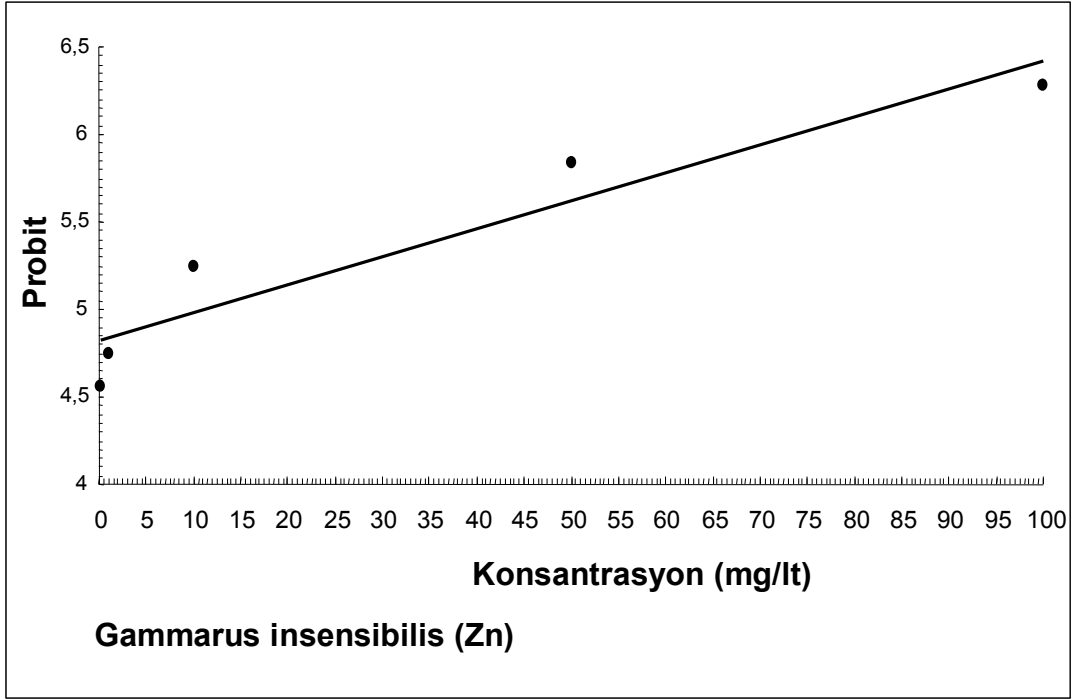
**Grafik 1.** Fe 'nin *Gammarus insensibilis* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği



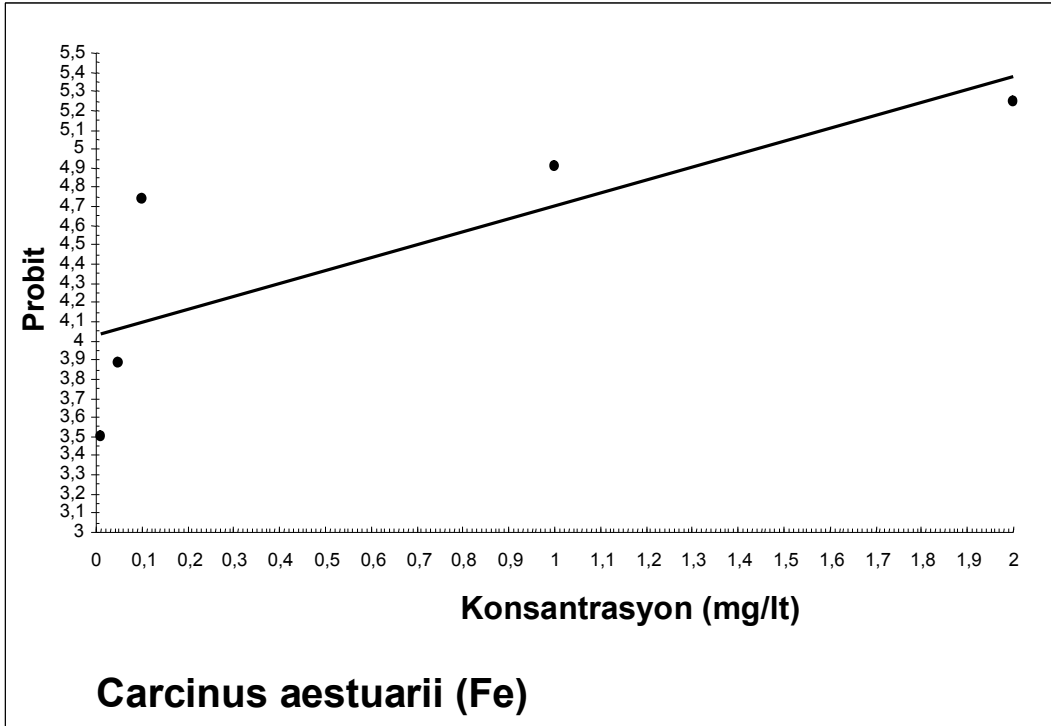
**Grafik 2.** Cu 'nun *Gammarus insensibilis* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği



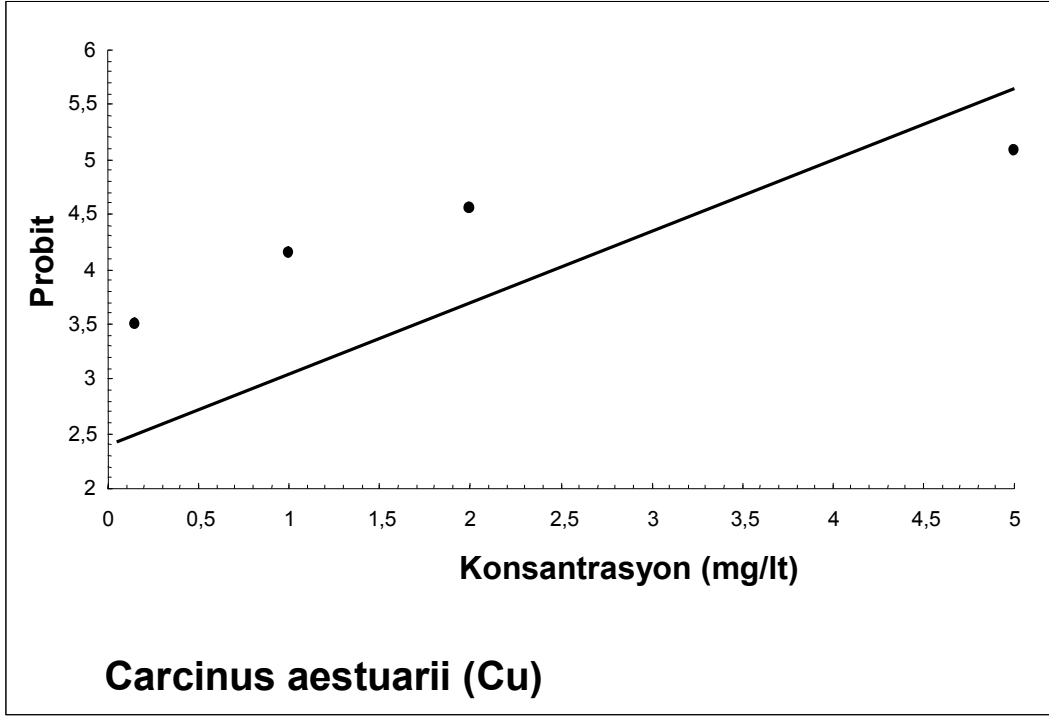
**Grafik 3.** Ni 'nin *Gammarus insensibilis* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği



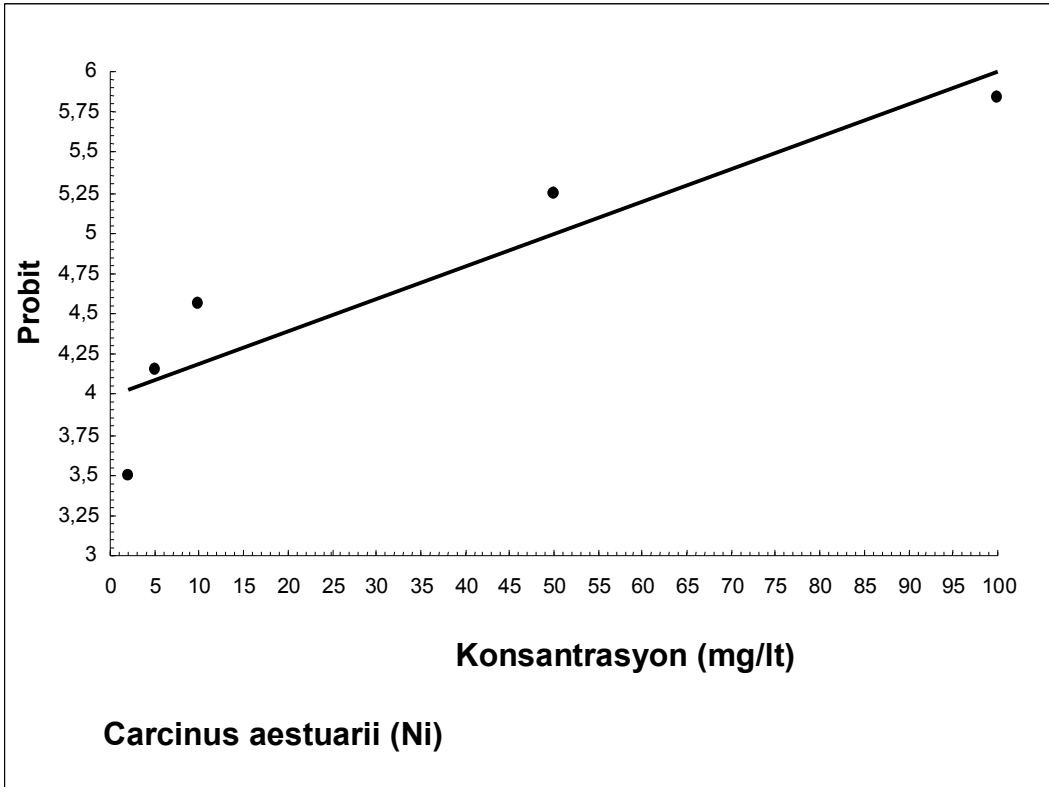
**Grafik 4.** Zn 'nin *Gammarus insensibilis* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği



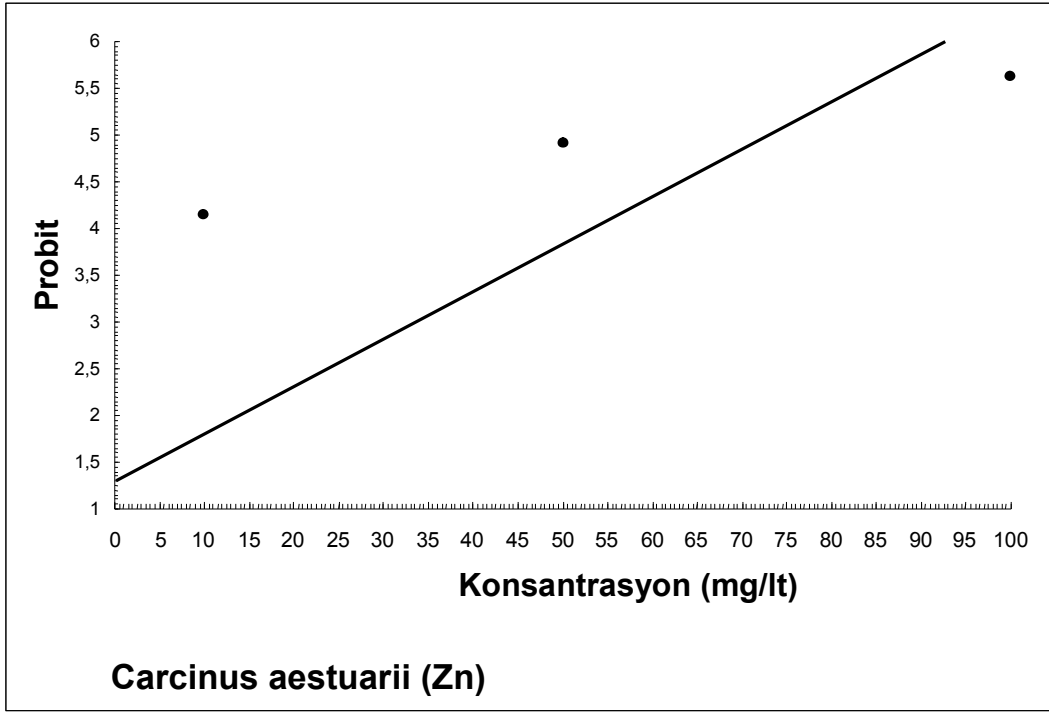
**Grafik 5.** Fe 'nin *Carcinus aestuarii* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği



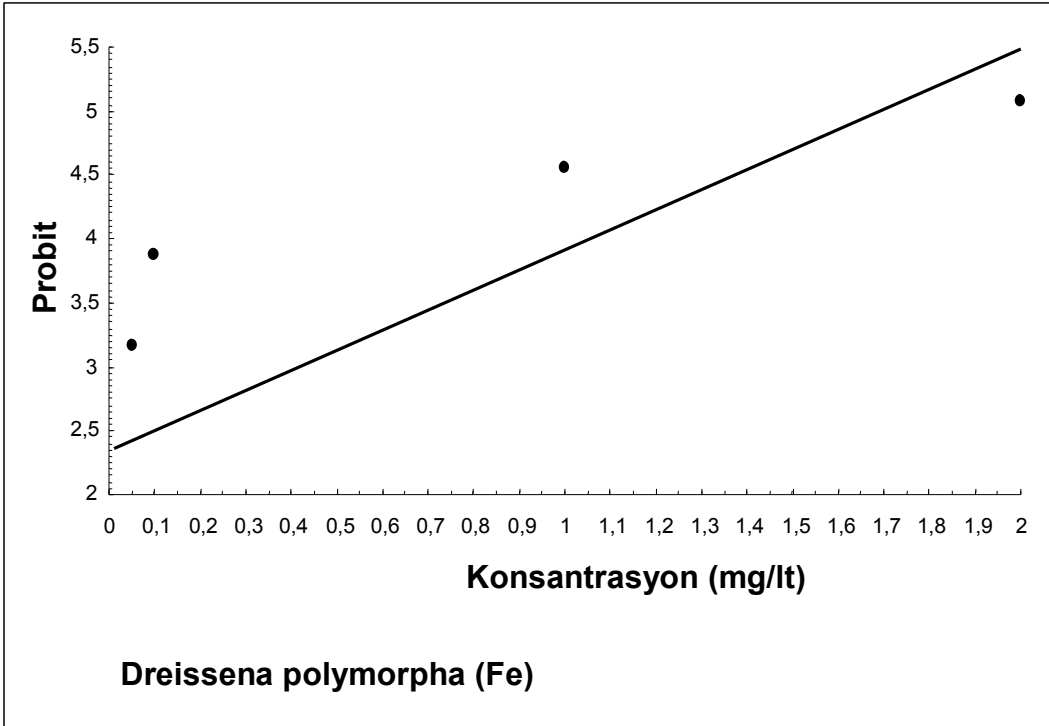
**Grafik 6.** Cu 'nun *Carcinus aestuarii* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği



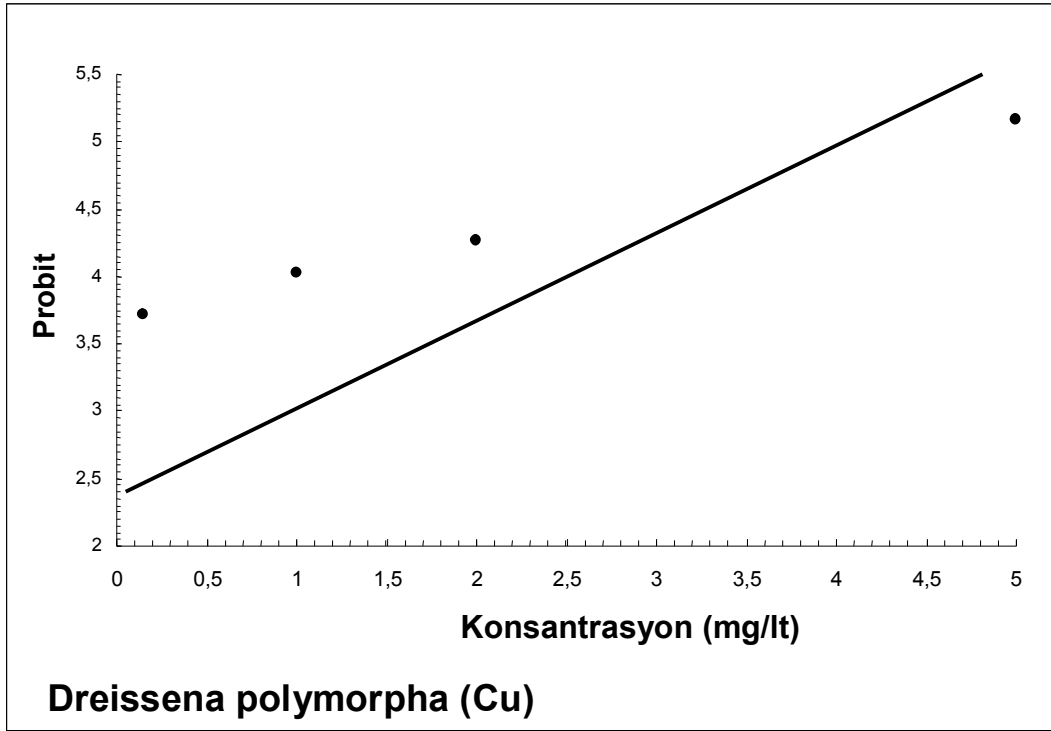
**Grafik 7.** Ni 'nin *Carcinus aestuarii* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği



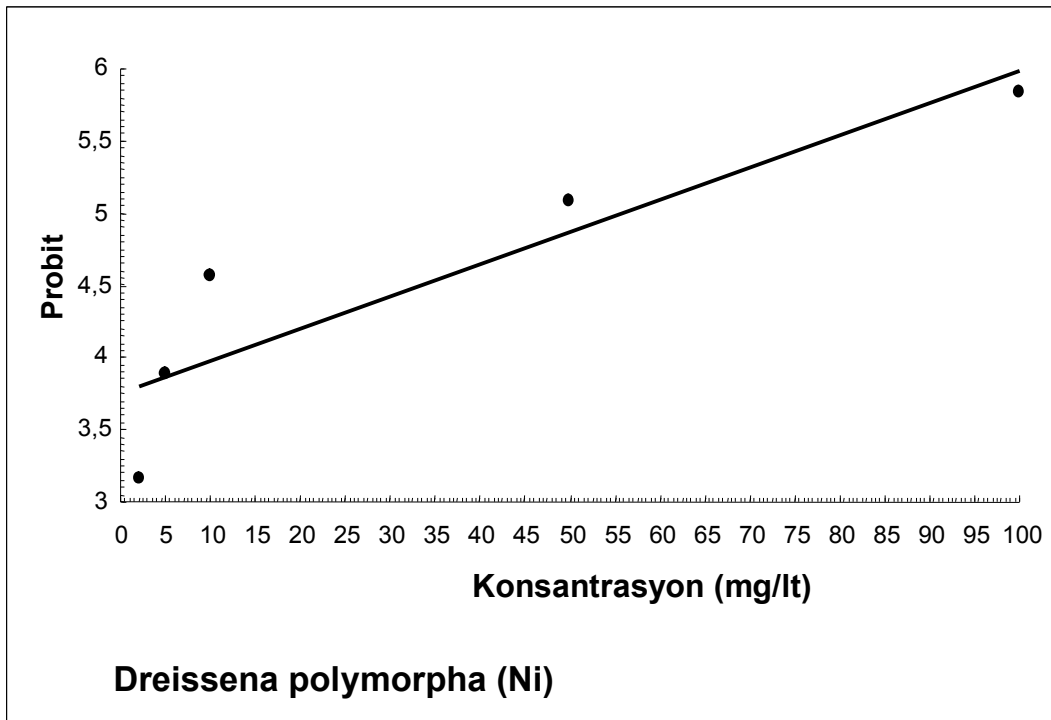
**Grafik 8.** Zn 'nin *Carcinus aestuarii* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği



**Grafik 9.** Fe 'nin *Dreissena polymorpha* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği

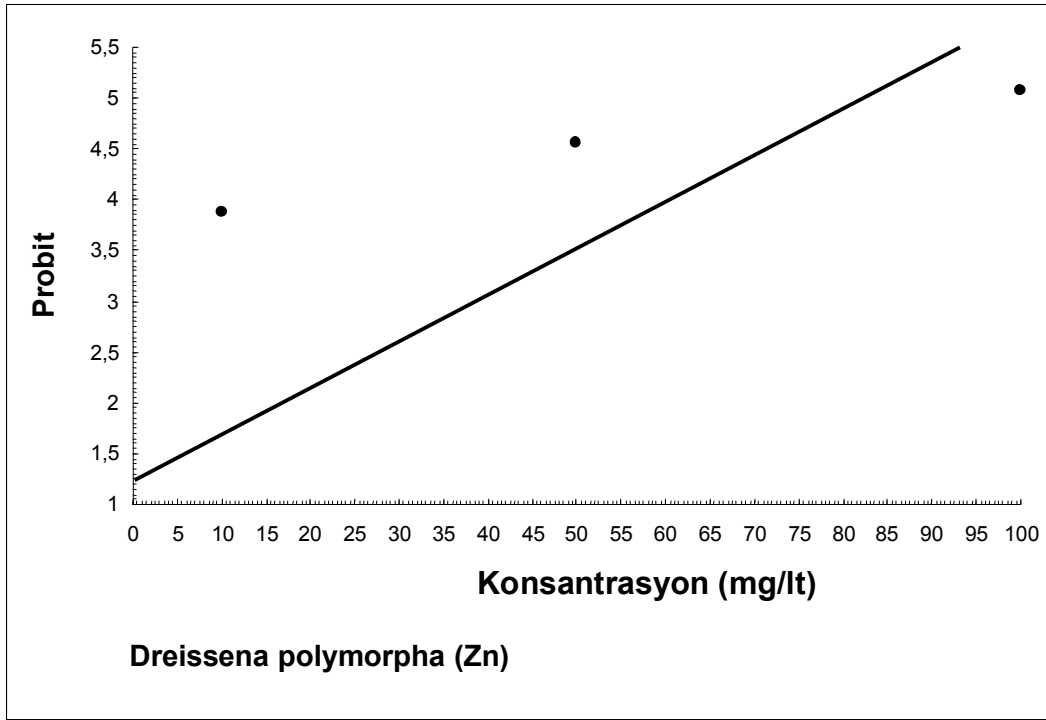


**Grafik 10.** Cu 'nun *Dreissena polymorpha* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği



**Grafik 11.** Ni 'nin *Dreissena polymorpha* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği





**Grafik 12.** Zn 'nin *Dreissena polymorpha* üzerine etkisini gösteren probit-log grafiği.

Yapılan 12 ekotoksik denemeden hesaplanan LD<sub>50</sub> sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Deney organizmaları üzerinde kullanılan ağır metallerin LD<sub>50</sub> değerleri (mg/Lt)

	Fe	Cu	Ni	Zn
<i>Gammarus insensibilis</i>	1,85	3,90	43,0	11,50
<i>Carcinus aestuarii</i>	1,40	3,85	51,0	74,00
<i>Dreissena polymorpha</i>	1,70	4,00	57,0	82,00

Görüldüğü gibi Fe ile yapılan *Gammarus insensibilis* deneyinden elde edilen ölüm oranları grafik üzerinde probit değerleri bulunarak canlıların %50 sini öldüren konsantrasyon LD<sub>50</sub> değeri 1,85 mg/Lt olarak hesaplanmıştır. Bu organizma için diğer ağır metallerin LD<sub>50</sub> değerleri; Cu için 3,85 mg/Lt, Ni için 43,0 mg/Lt ve Zn için 11,50 mg/Lt' dir. *Carcinus aestuarii* üzerinde Fe 'nin öldürücü konsantrasyon LD<sub>50</sub> değeri 1,40 mg/Lt, Cu LD<sub>50</sub> değeri 3,85 mg/Lt, Ni LD<sub>50</sub> değeri 51,0 mg/Lt, Zn LD<sub>50</sub> değeri 74,0 mg/Lt 'dir. Bu öldürücü doz değerleri *Dreissena polymorpha* üzerinde Fe için 1,70 mg/Lt, Cu için 4,0 mg/Lt, Ni için 57,0 mg/Lt ve Zn için 82,0 mg/Lt olarak bulunmuştur (Tablo 1).

Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı üzere üç deney organizması için demir en etkili ağır metal olarak bulunmuştur. Bakır ve nikel, demirden sonra etkili ağır metallerdir. Çinko ise *Carcinus aestuarii* ve *Dreissena polymorpha* 'ya göre *Gammarus insensibilis* 'de daha düşük konsantrasyonlarda etki etmektedir. Ayrıca *Dreissena polymorpha* bu ağır metaller için en dirençli organizma olarak görülmektedir. Bu üç deney organizması üzerinde yapılan deneylerin LD<sub>50</sub> değerlerini gösteren tablolar Ekler bölümünde verilmiştir.

Yapılan akut deneyler sonucunda *Gammarus insensibilis* üzerinde bu dört ağır metalin öldürücü etkisi sırasıyla Fe>Cu>Zn>Ni olduğu görülmektedir. Bu ağır metallerin *Carcinus aestuarii* üzerindeki öldürücü etkisi Fe>Cu>Ni>Zn ve *Dreissena polymorpha* üzerindeki öldürücü etkisi Fe>Cu>Ni>Zn olarak görülmektedir.

## BÖLÜM 4

### TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmayla, bu bölgede önceden yapılmış araştırmada yüksek konsantrasyonlarda bulunmuş dört ağır metalin Sarıçay'da baskın halde yaşayan *Gammarus insensibilis*, *Carcinus aestuarii* ve *Dreissena polymorpha* 'da ne derece etkili olduğu, bu organizmalar üzerine 96 saatlik ağır metal deneylerinin yapılarak ve buna bağlı LD<sub>50</sub> değerlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede deneylerde kullanılan demir, bakır, nikel ve çinkonun Sarıçay ekosistemini hangi konsantrasyonlara ulaştığında öldürücü etki yapabileceklerini önceden tahmin etmek mümkün olacaktır.

Odabaşı-Sağır 'ın (2005) Sarıçay 'da yaptığı araştırmalardan elde ettiği bulgular Tablo 2 de minimum, maksimum ve ortalama değerleri ile verilmiştir.

**Tablo 2.** Sarıçay 'da ölçülen kimyasal parametrelerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri (mg/lt). (Odabaşı-Sağır, 2005)

mg/lt	min	max	ort
Fe	0,00	0,10	0,02
Cu	0,05	0,14	0,05
Ni	0,01	9,90	4,06
Zn	0,04	0,93	0,22

Tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı üzere ölçülen bu dört ağır metalden Ni ağır metalinin maksimum değeri ve minimum ile maksimum değerleri arasındaki fark oldukça yüksektir. Bunun nedeni DSİ önünde nehrin deniz suyu ile karışarak sürekli bir su sirkülasyonu oluşturması, burada bulunan balıkçı teknelerinin onarımı sırasında kullandıkları kimyasal boya maddelerinin ve kanalizasyonun suya karışması olarak düşünülebilir. Ayrıca Fe ve Cu değerleri sürekli değişen bir grafiğe sahiptir. Çanakkale Merkezde bulunan sanayi bölgesinin buna etkisi olabileceği gibi mevsimsel yağışlar da etken olabilir.

Çanakkale Boğazına dökülen Sarıçay'da ağır metal seviyelerinin yıl içinde değişeceği muhakkaktır. Bununla birlikte sudaki ağır metal seviyelerinin yıl içindeki değişimi canlılar için oldukça önemlidir. Odabaşı-Sağır 'ın (2005) belirttiğine göre deneylerde kullanılan ağır metallerin maksimum değerleri genel olarak Mayıs, Ekim ve Kasım aylarında görülmüştür. Odabaşı-Sağır 'ın (2005) saptadığı maksimum ağır metal seviyeleri ile bu çalışmada bulunan LD<sub>50</sub> değerleri Tablo 3 'de karşılaştırılmıştır. Buna göre demirin bu aylarda tüm deney organizmaları için kritik sınıra daha fazla yaklaştığı düşünülebilir.

Bu çalışmada, demirin düşük konsantrasyonlarda bile Sarıçay 'daki makro omurgasızlar üzerine en fazla etkili olduğu saptanmıştır. Bakır henüz kritik sınıra gelmemiştir. Çinkonun ise *Gammarus insensibilis* için diğer deney organizmalarına göre kritik sınıra daha yakın olduğu görülmektedir. Nikel, Odabaşı-Sağır 'ın (2005) yaptığı çalışmada yüksek seviyelerde bulunmasına rağmen Sarıçay ekosisteminde yer alan bu deney organizmaları için bir tehdit içermemektedir (Tablo 3). Fakat gelecekte gerekli önlemler alınmadığı takdirde bu ağır metal seviyelerinin yükseldiği düşünülürse Sarıçay 'ın büyük bir risk altında olduğu görülebilir.

**Tablo 3.** Sarıçay'da bulunan 4 ağır metalin maksimum konsantrasyonlarının (Sağır 2005) ile bu çalışmada tespit edilen LD<sub>50</sub> Değerlerinin Karşılaştırılması.

	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>
<b>Max. Kons. (Sağır, 2005)</b>	0,10	0,14	9,90	0,93
<b><i>Gammarus insensibilis</i> (LD<sub>50</sub>)</b>	1,71	3,85	40,25	11,00
<b><i>Carcinus aestuarii</i> (LD<sub>50</sub>)</b>	1,40	3,95	50,00	73,00
<b><i>Dreissena polymorpha</i> (LD<sub>50</sub>)</b>	1,65	4,00	57,50	83,00

Bat ve diğ. (1998) amfipod *Echinogammarus olivii* üzerine Zn, Cu ve Pb ağır metallerinin etkisini araştırmışlardır. Sonuçta bu organizma için en toksik metal bakır olmuş ve bunu kurşun daha sonra çinko izlemiştir. Buna göre; amfipodlarda bakır çinkoya göre daha toksik olduğu düşünölebilir.

Bat ve diğ. (1998) deniz suyundaki bakır ve çinkonun ayrı ayrı ve birlikte kullanıldığında, keşiş yengeci *Diogenes pugilator* 'un yaşamına olan etkilerini araştırmışlar ve sonuçta bakırın çinkodan daha etkili ağır metal olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca deneylerde ağır metaller birlikte kullanıldığında organizmaların ölüm oranlarında yükselme görölmüştür. Bunun sebebi; metal çiftlerinin birbirini etkilemesi olarak düşünölebilir.

Bat ve diğ. (2000) amfipodlardan *Gammarus pulex pulex* üzerine Zn, Cu, Pb metallerinin etkisinin farklı sıcaklıklarda (15 °C, 20 °C, 25 °C) ne derece etkili olduğunu araştırmışlar ve bu üç ağır metal arasında bakırın *Gammarus pulex pulex* için en toksik ağır metal olduğunu saptamışlardır. Sonuç olarak sıcaklık artışı ile canlı organizma sayısının ters orantılı olduğu görölmektedir.

Bat ve diğ. (2001) başka bir çalışmada poliket *Hediste diversicolor* üzerine çinko ve kurşunun akut toksisitesini 10 ve 28 günlük statik biyolojik deneylerle saptamışlar ve bu organizma için çinkonun kurşundan daha toksik olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca deneylerde küçük organizmaların büyüklerine göre daha duyarlı oldukları da görölmüştür. Buna göre; 'ağır metallerin toksik etkilerini bulmak amacıyla yapılan deneylerde kullanılan organizmaların türü, büyüklüğu ve yaşadığı ortam koşulları önemlidir' kanısına varılabilir.

Sarıçay 'da ağır metal kirliliğini sanayi atıkları, zirai atıklar ve kanalizasyon deşarj noktaları tetiklemektedir. Bunların Sarıçay ekosistemine verdiği kirleticiler sürekli kontrol edilmeli ve burada yaşayan besin zincirini oluşturan diğer organizmalar üzerinde yapılacak deneylerle kirliliğin boyutları izlenmelidir. Böylece Sarıçay ekosistemi bu kirleticilerden en az şekilde etkilenecektir.

## KAYNAKLAR

Anonim, 1998. Kirlilik Deneyleri - Yöntemler ve Sonuçların Değerlendirilmesi. Tarım ve Köy işleri Bakanlığı Bodrum Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, No:11.

Bakan, G., Şenel, B., 2000. Samsun Mert Irmağı – Karadeniz Deşarjında Yüzey Sediman ve Su Kalitesi Araştırması. Türk J. Engin. Environ Sci. 24 (2000), 135-141.

Bat, L., Çulha., M., Akbulut, M., Gündoğdu, A., and Sezgin, M., (1998). Toxicity of zinc and copper to the Hermit Crap *Diogenes pugilator*. Turkish J. Mar. Sci., 4, 39-48.

Bat, L., Öztürk, M., Öztürk. M., 1999, Aquatik Toksikoloji. Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Dergisi. Sayı 6. 148-165 s.

Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M., 1999, Ağır Metaller. Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Dergisi. Sayı 6. 166-171 s.

Bat, L., Gündoğdu, A., Sezgin, M., Çulha., M., Gönügür, G., Akbulut, M., 1999. Acute Toxicity of Zn, Cu, Pb to three species of Marine organisms from the Sinop Peninsula, Black Sea. Tr. J. Biology. 23, 537-544.

Bat, L., Akbulut, M., Çulha, M., Gündoğdu, A., Satılmış H. H., 2000. Effects of Temperature on the Toxicity of Zinc, Copper and Lead to the Freshwater Amphipod *Gammarus pulex pulex* (L.). Tr. J. Zoology, 24(4), 409-415.

Bat, L., Gündoğdu, A., Akbulut, M., Çulha., M., Satılmış H. H., 2001. Toxicity of Zn and Pb to the Polychaete *Hediste diversicolor*. Turkish J. Mar. Sci., 7, 71-84.

Bat, L., Bilgin, S., Gündoğdu, A., Akbulut, M., Çulha, M., 2001. Bakır ve Kurşunun Deniz Karidesi *Palaemon adsepersus* 'lara Ayrı Ayrı ve Birlikte Etkisi. Turkish J. Marine Science, 7: 103-117.

Boran, M., Karaçam, H., 1996. Değirmendere ve Karadere 'De (Trabzon, Türkiye) Kirletici Akıllarının Mevsimsel Değişimi. Ege Üni. Su Ürün. Fak. Su Ürünleri Dergisi, Cilt No:13, Sayı:3-4, 396.

Cao, Y., Bark, A. W., and Williams, W. P. 1997. Analysing benthic macroinvertebrate community changes along a pollution gradient: a framefork for development of biotic indices. Water Research. Vol. 31, No: 4. pp. 884-892.

Carette ve Dolls, 1980. Toxicology, 2. Edition.

Egemen, Ö.,2000. Çevre ve Su Kirliliği. Ege Üni., Su Ürünleri Fak. Yayınları. No:42, İzmir, 120.

Eltem, R., 2001. Atık Sular ve Arıtım. Ege Üni. Fen Fak. Yayınları. No:172, İzmir.

Engel, D. W., Sundu, W. G., Fowler, B. A.,1981. Factors Affecting Trace Metal Uptake and Toxicity to Estuarine Organisms. Academic Pres, London.

Erinç, S., 1984. Ortam Ekolojisi ve Degradasyonel Ekosistem Değişiklikleri. İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Yayın No:1, 46.

Gey, H., 1983. Türkiye'nin Ege Denizi Kıyılarında Avlanan *Dicentrarchus labrax* ve *Solea vulgaris* 'de Bazı İz Elementlerin Birikim Düzeylerinin Araştırması. Doktora Tezi. Bornova-İzmir, E. Ü. Fen Fak. Biyoloji Bölümü, 1983.

Gey, H. ve Mordoğan, H., 1988. İzmir Körfezi'ndeki Bazı Deniz Organizmalarında Ve İç Körfezin Sahil Kenarı Sedimentlerinde Çeşitli Ağır Metallerin Derişimleri. Doğa TU Zooloji Dergisi, 12, 3, Ankara, 1998.

Göksu M. Z. L., Çevik F., Fındık Ö., Sarıhan E., 2003. Seyhan Baraj Gölündeki Aynalı Sazan ve Sudaklarda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi. Cilt:20 Sayı: (1-2) 69-74.

Ilgar, R., (2000). Çanakkale Boğazı ve çevresi Ekosisteminin Coğrafi Açından İncelenmesi. İstanbul Üni. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü. Denizel Çevre Ana Bilim Dalı. Deniz ve Kıyı Koruma Bilim Dalı (Doktora Tezi), İstanbul. 87.

Kargin, F. ve Erdem, C., 1991. Accumulation of Copper in Liver, Spleen, Stomach, Intestine, Gill and Muscle of *Cyprinus carpio*. Doğa Tr. J.of Zool., 15,306-314.

Keler, A. R., Olson, K. E., McGaw, M., Oray, C., Carlson, C. O., Beaty, B. J. 1998. Effects of Heavy Metals on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Larvae. Ecotoxicology and Environmental Safety 39, 41-47 pp.

Merian, E., 1991. Metals and Their Compound in the Environment. VCH, Weinheim.

Odabaşı-Sağır S. 2005. Çanakkale Bölgesindeki Bazı Tatlı ve Acı Sularda Su Kalitesinin Araştırılması., 4-5 s.

Philips, D.J.H. ve Rainbow, P.S., Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants. Environmental Management Series Chapman & Hall, London, 1994).

Sümbüloğlu, K., Sümbüloğlu, V., 2000. Biyoistatistik. Hatiboğlu Yayınları, 9. Baskı, 232-245 s.

Şan, F., 1992. İnsan, Sağlık ve Çevre Sorunları Arasındaki İlişkiler. 1. Uluslar Arası Çevre Koruma Sempozyum Bildirileri. Çevre Kirliliği ve Kontrolü, İzmir.

Uysal, H. ve Tuncer, S., 1984. A Comparative Study On Heavy Metal Concentrations in Some Fish Species And in The Sediment From İzmir Bay. VII es Jurnees Etud. Poll, Lucerne.

WHO, 1993. Guidelines for Drinking Water Quality, Volume:1, Second Edition, World Health Organization, Geneva.

Yalçın, H., Gürü, M., 2002. Su Teknolojisi. Palme Yayıncılık, Mart, 2002. ISBN 975-8624 14-8. 504

Yenson, M., 1984. İnsan Biyokimyası. İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Ana Bilim Dalı, İstanbul.