

Baskı Provası

Teknik Not  
Technical Note

## Ağır Metallerin Ekosistem Tepkilerini Anlamaya Yönelik Karadeniz'in Gösterge Organizmaları Kullanılarak Yapılmış Çalışmalar

Levent BAT<sup>1\*</sup>, Oylum GÖKKURT BAKI<sup>2</sup>, Elif KARAKAŞ<sup>1</sup>, Ayşah VİŞNE<sup>1</sup>, Çağlayan OKKAY<sup>1</sup><sup>1</sup>Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü 57000 Sinop<sup>2</sup>Sinop Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Çevre Sağlığı Programı 57000 Sinop\* Sorumlu yazar: Tel: +90 368 287 62 54 (3312Faks: +90 368 287 62 68  
e-posta: leventbat@gmail.comGeliş Tarihi: 21.01.2014  
Kabul Tarihi: 21.04.2014

### Abstract

#### Studies to understand Ecosystem Responses of Heavy Metals using indicator organisms of the Black Sea

The European Parliament published in the field of Marine Environment Policy Marine Strategy Framework Directive (MSFD), ecological quality and integrity in estuarine, the coastal and open ocean systems, has been developed to protect and restore. MSFD is based on the principle of ecosystem-based management takes into account all pressures of the seas and approaches to the sea regionally. The purpose of the directive in the EU by 2020 is to ensure Good Environmental Status of the seas (GES). In particular Bulgaria and Romania after they join the European Union countries, the Black Sea has become important for Europe. The Black Sea is one of the unique in the world an inland sea connected to the small Sea of Marmara by the narrow Bosphorus Strait; Strait of Dardanelles further connects to the Aegean Sea. For this reason, there is very little natural circulation is self-cleaning ability remains limited. Turkey poured into the Black Sea off the coast of the Sakarya, Kızılırmak, Yeşilirmak, from the West, the Danube, from the North Dnieper and Dniester Rivers with a million tons of organic waste into the Black Sea basin are carrying the item and other terrestrial origin. One of the important pollutants due to heavy metals toxic property of natural concentrations of negatively affecting the ecosystem when they take on the biological activities of the organisms that make up the food chain, the balance between biota and the environment corruption and adversely affects the people at the top of the food chain. This review covers the studies of heavy metals has been using the indicator organisms of the Black Sea to understand the ecosystem response. The results of the studies discussed and made suggestions.

**Keywords:** Marine Strategy Framework Directive, Black Sea, indicator species.

### Özet

Avrupa Parlamentosunu Deniz Çevresi Politikaları alanında yayımladığı Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD) geçiş suyu, kıyı ve açık deniz sistemlerinde, ekolojik kalite ve bütünlüğü korumak ve eski haline getirmek için geliştirilmiştir. DSÇD ekosistem tabanlı yönetim prensibine dayanır, deniz üzerindeki tüm baskıları dikkate alır ve denizlere bölgesel yaklaşır. Direktifin amacı 2020 yılına kadar AB Denizlerinde İyi Çevresel Durumu (İÇD) sağlamaktır. Özellikle Bulgaristan ve Romanya'nın da Avrupa Birliği ülkeleri arasına katılmalarından sonra Karadeniz Avrupa için de önemli bir hale gelmiştir. Dünyadaki sayılı iç denizlerden biri olan Karadeniz, dar bir boğazla yine kendisi gibi bir iç deniz olan Marmara Denizi'ne, oradan da Ege Denizi'ne açılmaktadır. Bu nedenle doğal dolaşımı çok az olduğundan kendi kendini temizleme yeteneği sınırlı kalmaktadır. Karadeniz'e dökülen nehirler güneyden Sakarya, Kızılırmak, Yeşilirmak, batıdan Tuna, kuzeyden Dinyeper ve Dinyester beraberinde milyonlarca ton organik maddeyi ve diğer karasal kökenli atıkları Karadeniz havzasına taşımaktadırlar. Toksik özelliği nedeniyle önemli kirleticilerden biri olan ağır metaller doğal konsantrasyonlarının üzerine çıktıklarında ekosistem bireylerinin biyolojik aktivitelerini olumsuz yönde etkileyerek besin zincirini oluşturan canlılar arasındaki dengenin bozulmasına neden olmakta ve ortamdaki tüm canlıları ve besin zincirinin tepesindeki insanı olumsuz yönde etkilemektedir. Bu derleme ağır metallerin ekosistem tepkilerini anlamaya yönelik Karadeniz'in gösterge organizmaları kullanılarak yapılmış çalışmaları kapsamaktadır. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar tartışılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi, Karadeniz, gösterge tür.

## Giriş

Avrupa Parlamentosunu 2008/56/EC Direktifi ve Konseyin 17 Haziran 2008 tarihinde Deniz Çevresi Politikaları alanında yayımladığı eylem çerçevesi (Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi), geçiş suyu, kıyı ve açık deniz sistemlerinde, ekolojik kalite ve bütünlüğü korumak ve eski haline getirmek için geliştirilmiştir. DSÇD ekosistem tabanlı yönetim prensibine dayanır, deniz üzerindeki tüm baskıları dikkate alır ve denizlere bölgesel yaklaşır. Direktifin amacı 2020 yılına kadar AB Denizlerinde İyi Çevresel Durumu (İÇD) sağlamaktır.

İÇD ekolojik olarak çeşitlilik gösteren, dinamik, temiz, sağlıklı ve verimli deniz sularının çevresel durumudur (DSÇD Madde 3(5)). Çevresel durum kavramı, denizel ekosistemlerinin yapısını ve işlevselliğini, doğal fizyografik, coğrafi ve iklimsel faktörler ve bunun yanı sıra söz konusu bölgedeki insan faaliyetlerinden doğan fiziksel ve kimyasal koşullar ile birlikte değerlendirir. DSÇD, EK-1’de verilen 11 niteliksel iyi çevresel durum tanımlayıcıları kullanarak, 2020 yılına kadar, denizel ortamdaki İÇD’nu elde etmek için meydana getirilen denizel stratejilerin gelişimi için bir çerçeve meydana getirir (Tablo 1). Aynı direktifin EK-3 içeriğinde, denizel ortamlara olabilecek baskılar (sualtı gürültüsü, çöp, besleyici element girdisi, yerel olmayan türlerin girişi, balıkçılık, vd.) ifade edilmiştir.

**Tablo 1.** 11 İÇD tanımlayıcısı

T 1	Biy çeşitlilik
T 2	Yabancı türler
T 3	Balıkçılık
T 4	Besin zincirleri
T 5	Ötrifikasyon
T 6	Deniz tabanı bütünlüğü
T 7	Hidrografik şartlar
T 8	Kirleticiler
T 9	Deniz ürünlerindeki kirleticiler
T 10	Deniz katı atıkları
T 11	Enerji ve gürültü girişi

Komisyona kararı 2010/477/EU (DSÇD, 8 ve 9 numaralı “iyi çevresel durum tanımlayıcısı: kirleticiler ve etkileri” değerlendirme kistas ve göstergelerini ifade etmektedir. Tanımlayıcı 8 ve 9 sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3’ de verilmiştir.

### <sup>20)</sup> Bölüm A’daki 3. ve 4. maddelere bakınız

**3.** İyi Çevre Durumu, ilgili tüm insan aktivitelerinin, denizel ortamı koruma ve muhafaza etme şartına uygun olarak ve denizel mal ve hizmetlerin şimdiki ve gelecekteki nesiller tarafından sürdürülebilir olarak kullanılması kavramına göre gerçekleştirilmesini gerektirir (Direktif 2008/56/EC Madde 1 e göre).

İyi Çevre Durumu için ölçütler uygulanırken değerlendirme ve izlemenin hedeflenmesi gerektiği ve denizel ekosistem ve bileşenleri üzerine etkiler ve tehlikelerin önemi dikkate alınarak faaliyetlerin buna göre öncelik sırasına alınması unutulmamalıdır. Bununla birlikte, Direktif 2008/56/EC Madde 8(1)(b)(ii) de bahsedilen denizel ekosistem üzerindeki etkilerin esas birikmiş ve sinerji etkileri dikkate alınarak değerlendirme yapılması önemlidir.

**4.** Çevresel durumun genel olarak geniş bir çizelgede izlenmesi için bazen bilgi gereksinimleri ve ilgili denizel suların coğrafi kapsamı arasındaki ilişki dikkate alınarak, seçilmiş bazı ölçütlerin ve göstergelerin ilk adım olarak uygulanması uygun olabilir. Böylece, çevresel özellikler ve/veya insan baskısı açısından etkilerin ve tehlikelerin önemi ile ilgili olarak daha detaylı değerlendirmelerin gerekli olduğu durumlar ya da özellikli bölgelerin belirlenmesi mümkün olacaktır.

### Madde 2(35)

**35.** Çevresel kalite standardı, insan sağlığı ve çevrenin korunması amacıyla belirli bir kirletici ya da kirletici grubunun suda, sedimanda ya da biyotadaki konsantrasyonunun aşılması anlamına gelmektedir.

**Tablo 2. Tanımlayıcı 8**

<p><b>Tanımlayıcı 8. Kirlenici konsantrasyonları kirlilik etkilerini arttırmaz.</b> Denizel ortamdaki kirlenici konsantrasyonu ve bunların etkilerinin, ekosistem üzerine etkileri ve zararları da dikkate alınarak değerlendirilmesi gereklidir (20). İki yasal çerçevenin uygulanmasında doğru koordinasyonun sağlanması için Direktif 2000/60/EC nin karasal ve/veya kıyısulardaki ilgili şartlarının dikkate alınması gereklidir. Ayrıca bölgesel deniz anlaşmalarında bir araya getirilmiş olan bilgiler ve geliştirilmiş olan yaklaşımlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Üye devletlerin denizel ortamla ilgili maddeler konusunda aşağıdakileri dikkate alması gereklidir:</p> <p>(i) Denizel bölge ya da alt bölgeye bitişik kıyısularda veya karasal sularla, suda, sedimanda ya da biyotadaki, Madde 2(35) e uygun olarak ve Direktif 2000/60/EC nin Ek V inde ilgili Çevresel kalite Standartlarını aşan maddeler; ve/veya</p> <p>(ii) Direktif 2000/60/EC nin Ek 10.unda öncelikli olarak verilen ve Direktif 2008/105/EC de düzenlenen, ilgili denizel bölgeye, alt bölgeye ya da alt bölüme deşarj edilen maddeler; ve/veya</p> <p>(iii) Kirlenici olan maddeler ve bunların total salınımları (kayıplar, deşarjlar veya emisyonlar) ilgili denizel bölgede, alt bölgede ya da alt bölümde önceden var olan ya da şimdiki (örneğin tehlikeli ve zararlı maddeleri içeren olayların ardında akut kirlilik durumlarının sonucu da olabilir) kirlilikten kaynaklanan önemli risklere neden olabilir.</p> <p>İyi çevre durumuna doğru ilerleme, kirliliğin progresif olarak aşamalarla bitirilip bitirilmemesine bağlı olacaktır; yani denizel ortamdaki kirlenicilerin varlığı ve bunların biyolojik etkileri kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutulmalıdır ve böylece denizel ortamın herhangi bir riskle ya da önemli etkiyle karşı karşıya kalmaması sağlanmalıdır.</p>	<p><b>8.1.Kirlenici konsantrasyonu</b> Direktif 2000/60/EC deki değerlendirmelere uygun olarak yukarıda bahsedilen kirlenicilerin ilgili matriksteki (biyotada, sedimanda ya da suda) konsantrasyonu (8.1.1)</p>	<p><b>8.1.1.</b> Kaynaklarda belirtilen kirlenici konsantrasyonlarının ilgili matriklerde Direktif 2000/60/EC değerlendirmesi altında ölçülmesi</p>
	<p><b>8.2. Kirlenicilerin etkileri</b></p>	<p><b>8.2.1.</b> Kirlilik seviyelerinin ekosistem bileşenleri üzerine etkileri. Bir sebep/sonuç ilişkisinin tespit edilmiş olduğu ve izlenmesi gereken seçilmiş biyolojik prosesler ve taksonomik gruplar dikkate alındığında kirliliğin, ilgili ekosistem bileşenleri üzerindeki etki düzeyleri</p> <p><b>8.2.2.</b> Akut kirlilik olaylarının (örneğin, Petrol ve petrol ürünlerinin denize akması) ortaya çıkışı, orijini (mümkünse), derecesi ve bunların, bu kirlilikten fiziksel olarak etkilenen biyota üzerindeki etkileri</p>

**Tablo 3.** Tanımlayıcı 9

<p><b>Tanımlayıcı 9. Balık ve diğer deniz ürünlerindeki kirletici seviyeleri düzenleyici yönetmeliklerdeki belirlenen değeri ve diğer ilgili standartları aşamazlar (Bakınız EK 1,2,3).</b></p> <p>Farklı bölgelerde veya alt bölgelerde Üye Devletlerin doğal ortamda yakalanan balıkların, eklembacaklıların, yumuşakçaların, derisi dikenlilerin ve deniz yosunlarının yenilebilir dokularını (kas, karaciğer, balık yumurtası, et, uygun yumuşak kısımlar) izlemesi gereklidir. İnsan tüketimine uygun ürünler için Avrupa’da maksimum düzeylerinin ulusal veya bölgesel düzeyde belirlenmiş olduğu maddelerin bulunma olasılıklarına bakılmalıdır.</p>	<p><b>9.1. Kirleticilerin seviyesi, sayısı ve sıklığı</b></p>	<p><b>9.1.1.</b> Tespit edilmiş olan kirleticilerin gerçek seviyesi ve maksimum yasal düzeyleri aştığı belirlenen kirleticilerin sayısı</p> <p><b>9.1.2.</b> Yasal sınırların aşılma sıklığı</p>
---	---	--

## 2. Metal Kaynakları

### 2.1. Doğal Kökenli Metal Kaynakları

Akuatik ortamlara giren veya bu ortamlarda bulunan ağır metaller, doğal kaynaklı veya insan kaynaklı olabilir. Doğal kökenli kirlenme, nehirlerden, erozyondan, deniz dibindeki volkanik hareketlerden ve atmosferik taşınımlardan kaynaklanır (Topçuoğlu, 2005). Ağırmetaller A sınıfı, sınır hattı (geçiş elementleri) ve B sınıfı olarak 3 gruba ayrılmış ve bu sınıflama birçok araştırmacı tarafından kabul edilmiştir (Phillips ve Rainbow, 1994). A sınıfı metal iyonları (Ca, Mg, K, Na gibi makro besleyici metaller) özellikle oksijene bağlanırken, B sınıfı metal iyonları (Cu<sup>+</sup>, Hg, Ag, Au, Pt gibi) nitrojen veya sülfür atomlarına bağlanırlar. Sınır hattı metal iyonları ise (Cu<sup>++</sup>, Zn, Cd, Fe, Co, Ni, Mn, As, Pb gibi mikro besleyici elementler) ortası davranış gösterirler (Bat vd., 1998-1999a).

### 2.2. İnsan Kökenli Metal Kaynakları

İnsan kökenli metaller, tarımsal alanlardan, kentsel alanlardan direk olarak sucul sistemlere giriş yaparlar. Tarımsal alanlardan girişler, toprak erozyonu, nehir yatağı erozyonu, atık yığınları, indirekt olarak atmosferden topraklardan bırakılma şeklinde olur. Kentsel alanlardan girişler, kanalizasyondan ve inşaat alanlarından, endüstrilerden ve gemilerden vb.

kaynaklanır. Genel kirletici kaynakları ikiye ayrılır:

- a. Noktasal Kaynaklar: Kirlenmenin miktarı, meteorolojik faktörler tarafından etkilenen, bir yıl boyunca debisi ve özelliği tanımlanabilen kaynaklardır. Örneğin; kentsel ve endüstriyel atık sular (SedNet, 2004; Atay, 2009’dan).
- b. Yayılı (Dağınık) Kaynaklar: Yağış gibi meteorolojik etkenlerle değişen, dinamik ve yayılmış durumda olan kaynaklardır. En önemli yayılı kaynaklar; yüzeysel akış (atmosferik yağıştan kaynaklanan), yüzey suları, erozyon (metallerin aşınımından kaynaklanan), kentsel alanlardan geçiş (atmosferik bırakılma, trafik, korozyon) ve birleşik sistem kanalizasyonların taşmasıdır (SedNet, 2004; Atay, 2009’dan).

## 3. Toksik Madde ve Toksikoloji Nedir?

Organizmaya herhangi bir yolla girdiğinde hayati değişikliklere neden olan maddelere toksik madde denir. Organizmalara giren toksik bir madde, kendine özgü etkisini gösterir ve aynı zamanda bazı reaksiyonlar geçirerek elimine edilir. Buna “toksikolojik devir” denir ve toksikolojik devrin 5 safhası bulunur, bunlar; absorpsiyon (emilim), organizmada dağılım, birikim, değişim ve organizmadan atılmadır.

Toksikoloji ise kimyasal maddelerin canlı organizmalarda sistemler üzerinde istenmeyen sonuçlar oluşturan etkilerini inceleyen bilimdir. Denizel ekosistemde bulunan herhangi bir kimyasal madde veya kirletici bir organizmaya ancak belirli bir düzeyin üzerinde ise zararlı etkisini gösterebilir. Toksikoloji bu kimyasal maddelerin biyolojik sistemlere verdiği zararlı etkilerle ilgili bir bilim dalıdır (Bat vd., 1998-1999b). Modern toksikoloji tüm bu etkileri inceler ve aynı zamanda risk değerlendirmesi ve toksisite mekanizmaları gibi konuları da içine alır.

#### 4. Akuatik Toksikolojinin Amacı

Yapılan akuatik toksikolojik çalışmaların birçok amacı bulunmaktadır. Bunlar arasında; toksik kimyasalların canlılar üzerindeki etkilerini incelemek, bu etkilerin canlı üzerinde meydana gelme, ortaya çıkma durumlarını belirlemek, canlı için risk değerlendirmesini yapmaktır. Ayrıca kimyasal maddelerin çeşitli canlı türlerinin biyolojisinde meydana getirdiği zararlı etkilerini ortaya çıkarmak, konsantrasyon-tepki ilişkisini tespit etmek ve toksisitenin meydana getirdiği sonucu belirlemek ve nitelik ve niceliğini tanımlamak yapılan çalışmaların amaçları arasında sıralanabilmektedir.

#### 5. Ekotoksikolojik Çalışmalar

Akuatik toksikoloji ekotoksikoloji biliminin bir dalı olup kimyasal ve diğer antropolojik (insan etkisiyle oluşan) veya biyotik olmayan maddelerin akuatik organizmalara karşı toksik etkilerini kalitatif ve kantitatif olarak inceleyen çalışmalardır (Bat vd., 1998-1999b).

Toksik etkiler öldürücü olduğu gibi, canlıların büyüme, gelişme, üreme, fizyoloji, biyokimyası ve davranışlarında değişikliklere de neden olabilir. Akuatik toksikoloji akuatik çevrenin parçaları olan su, sediman ve besin maddelerindeki kimyasal maddelerin konsantrasyonlarıyla da ilgilidir. Toksikiteyi ölçen bir

cihaz yoktur. Bir cihaz ile kimyasal maddelerin konsantrasyonları ölçülebildiği halde ancak yaşayan bir organizma kullanılarak toksisite ölçülebilir (Bat vd., 1998-1999b).

Deniz ortamının kirleticilerden veya toksik kimyasal maddelerden zarar görmesi birçok faktörün etkisindedir. Bunlar: a) kirletici veya atıkların fiziksel ve kimyasal özellikleri ve onların dönüşüm ürünleri, b) bu maddelerin konsantrasyonları ve ekosisteme giriş miktarları, c) bu maddelerin ortamda kalış süreleri ve kaynağın tipi, d) ekosistemin özellikleri (pH veya çözünmüş organik madde gibi) ve e) bu maddelerin ekosisteme döküldüğü yer ile olan ilişkisi veya uzaklığıdır. Bu maddelerin akuatik canlılara olan toksikolojik etkileri de farklılık gösterir (Bat vd., 1998-1999b).

Toksisite bir kimyasal maddenin yaşayan bir organizmaya potansiyel olarak verdiği zarardır. Toksikite deney sonuçları genellikle kimyasal maddelerin karşılaştırılmaları şeklinde kullanılmaktadır. Akuatik organizmalar bir kimyasal maddeye su veya sediman veya besin yolu ile maruz kalabilirler.

#### 6. Toksik Etkilerin Tipleri

Genel olarak akuatik organizmalar akut (kısa-sürelili) ve kronik (uzun-sürelili) olarak kirleticilere maruz bırakılırlar. Akut toksik etkiler 7-9 gün veya daha kısa süreli olup genellikle 96 saattir. Akut etkiler genellikle öldürücü olarak incelenir. Kronik toksik etkiler ise genellikle düşük konsantrasyonlardaki kirleticilerin uzun süreli (hafta, ay, yıl) etkileri incelenerek hesaplanır. Bu süre pratikte en az 28 gün olarak uygulanır. Kronik etkiler öldürücü olabildiği gibi toksik olup öldürücü de olmayabilir (Bat vd., 1998-1999b).

Toksik olup öldürücü olmayan etkiler ise davranış (yüzme, beslenme, av-avcı ilişkisi, kirleticilerden kaçış), fizyolojik (büyüme, üreme ve gelişme), biyokimyasal (kan enzimleri, iyon düzeyleri) ve histolojik değişiklikler olarak gözlenir.

## 7. Deney Organizmalarının Seçimi

Önceleri balık türleri seçilirken şimdi daha duyarlı oldukları kanıtlanan omurgasız hayvanlar seçilmektedir. Genel olarak bu organizmalarda aranan özellikler şöyledir (Bat vd., 1998-1999b): a) Organizma ekolojik veya ekonomik yönden öneme sahip olmalı; b) Geniş coğrafik dağılım göstermeli ve yılın tüm zamanlarında istenildiğinde bulunabilmeli; c) Laboratuvar koşullarına kolay alışabilmeli veya kültürü yapılabilir; d) Kimyasal maddelere karşı duyarlı olmalı; e) Kullanılan bireylerin genel olarak parazitten ve hastalıktan etkilenmemiş olması ve fiziksel olarak herhangi bir zarara uğramamış olmalı; f) Kullanılacak tür hakkında yeterli biyolojik ve fizyolojik bilgilere sahip olunmalı ve g) Kullanılan deney o tür için uygun olmalıdır.

## 8. Akuatik Toksikolojinin Kısa Tarihi

İnsanoğlu önce kimyasal maddeyi kullanmış daha sonra da onların etkilerini incelemiştir. Bu maddelerin birçok organizmaya olan zararlı etkileri bilinmesine rağmen 1940 ve 1950 li yıllara kadar toksisite çalışmaları hemen hemen hiç yapılmamıştır. II. Dünya Savaşı önceleri bazı araştırmacılar özellikle balıklarda metallerin toksik etkilerini incelemiştir. Savaş sonrası da özellikle İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da birçok toksisite laboratuvarları kurulmuştur. Başta bu ülkeler ve bazı Avrupa ülkeleri de artan kimyasal madde atıklarından sonra toksisite çalışmalarına hızlı bir şekilde yönelmişlerdir. 1970'li yılların sonu ve 1980'li yılların başlarında toksisite çalışmaları son derece artmış ve American Public Health Association (APHA), the American Society for Testing and Materials (ASTM), the U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA), the U.S. Army Corps of Engineers of Materials the UK Ministry of Agriculture Fisheries and Food (MAFF), the Paris Commission (PARCOM), the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) ve the Water Research Centre (WRC) gibi uluslararası kuruluşlar bir dizi standart

metotlar geliştirmişlerdir. Günümüzde hala kabul edilen tek bir standart metod yoktur. Her ülke kendi deneylerini yaparak standartlar geliştirmektedirler. Toksikite deneylerinde aranan sorular şöyledir: a) Kullanılan toksik madde organizmayı öldürebilir mi veya hangi konsantrasyonlarda öldürücüdür b) Organizmaların tüm yaşam dönemindeki veya bir bölümündeki toksik fakat öldürücü olmayan etkileri nelerdir c) Hangi atık ya da bileşiği daha toksiktir d) Hangi organizma daha duyarlıdır e) Hangi çevresel koşullarda atıklar daha toksiktir f) Atık veya abiyotik maddeler çevreye girdiği zaman canlılara olan toksisiteleri değişir mi g) Atıklar veya saf bileşikleri standartlara uygun mu değil mi h) Alıcı sistemler ne kadar etkilenir ve i) Atıkların kısa süreli etkileri nelerdir Bu sorulara hala cevaplar aranmaktadır. Bunun amacı da çevreyi atıklardan koruma, atıkların toksisitelerinin karşılaştırılması, organizmaların duyarlılıklarının karşılaştırılması sonuç olarak da atıkların yönetmeliğe uygun olarak deşarj edilmesidir. Toksikite birçok mevcut tekniklerden biri olup toksisite deneyleri tüm bu sorulara cevap veremeyebilir (Bat vd., 1998-1999b).

Günümüzde 9 milyon kimyasal madde olduğu ve bunun yalnızca 76000' inin günlük yaşamda kullanıldığı bilinmektedir (Cairns ve Mount, 1990). Özellikle kıyısız ve açık denizler türlü kirleticilerle etkilenmektedirler. Bunların en önemlileri de ağır metallerdir (Phillips, 1980; Bryan, 1984). Toksikite deneylerinde kullanılan toksik maddeler genellikle metaller ve bileşikler (Zn, Cu, Cd, Hg, Pb vb.), inorganik maddeler (fosfor, nitrojen, klor, bor, sülfid vb.), organik maddeler (aromatik hidrokarbonlar, petrol ürünleri, sentetik deterjanlar vb.), pestisidler ve radyonükleitlerdir (Laws, 1981; Phillips ve Rainbow, 1994). Bu derlemede ağır metaller seçilmiştir. Çünkü ağır metallerin akuatik organizmalara olan toksik etkileri bilinmekte ve literatürlerde gerekli bilgiler detaylı olarak yer almaktadır (Bat vd., 1998a; Bat ve Raffaelli, 1998; Bat vd., 2009).

## 9. Karadeniz Kıyılarından Biyoindikatör Olarak Örneklenen Organizmalarda Yapılan Ekotoksikolojik Çalışmalar

Akuatik toksikoloji yeni bir bilim dalı olduğundan Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada gibi bazı gelişmiş ülkelerin dışında tam olarak oturtulmuş bir metodoloji bulunmamaktadır. Ülkemizde şu aşamada toksik çalışmalar özellikle Karadeniz kıyılarından örneklenen organizmalar ile yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Karadeniz'den toplanan omurgasız türlerle yapılan ekotoksikolojik çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

### 9.1. Çinko ve Bakırın Keşiş Yengeci *Diogenes pugilator* (Roux)'a Toksisitesi

Bat vd. (1998b) yaptıkları çalışmada Sinop Yarımadası'nın belirlenen istasyonundan ilkbahar ve yaz aylarında 1-2 m derinliklerinden toplam 1200 adet *Diogenes pugilator* toplanmıştır. Toplanan bu organizmaların %62.5'inin *Hinia reticulata* ve %37.5'inin de *Cerithium vulgatum* kabuklarını tercih ettikleri bulunmuştur. Laboratuvar koşullarında hayvanlar su sıcaklığı  $24^{\circ}\text{C}\pm 2$ , tuzluluğu ‰17 ve oksijen doygunluğu %60'ın üzerinde olan tanklarda tutulmuşlardır. Laboratuvarda kullanılan deniz suyu  $45\mu\text{m}$ 'lik filtreden geçirilerek bundan daha büyük organizmaların ve parçacıkların uzaklaştırılması sağlanmıştır. Hayvanlar bu tanklarda en az 5 gün laboratuvar koşullarına alıştırmak için bekletilmişlerdir. Sedimanda organizmaların toplandığı istasyondan örneklenmiş ve 1mm'lik elekten yıkılarak tüm deney için eşit büyüklüğe getirilmiş ve sedimandaki tüm makrofauna uzaklaştırılmıştır. Her metal için (çinko için  $\text{Zn}^{\text{C}^{12}}$  ve bakır için  $\text{CuSO}^{\text{4}}.5\text{H}^{\text{2}}\text{O}$ ) distile su kullanılarak 1000 ppm'lik stok çözelti hazırlanmış ve bu stok çözeltilerden deniz suyu ile seyreltilerek çinko için 0 (kontrol), 5, 10, 20, 50 ve  $100\mu\text{g Zn l}^{-1}$  ve bakır için 0 (kontrol), 1, 5, 10, 20, 50 ve

$100\mu\text{g Cu l}^{-1}$  deney solüsyonları hazırlanmıştır. Bakır ve çinkonun deniz suyunda çökmesini önlemek amacıyla solüsyonlar hafifçe asitleştirilmiş ancak asla pH 7'nin altına düşürülmemiştir (Ahsanullah, 1976; Ahsanullah vd., 1981).

Her bir konsantrasyon için 8 cm çapında ve 14 cm derinliğinde 6 adet, kontrol içinse 10 adet deney kabı kullanılmıştır. Bu kapların yarısına 150 ml temiz sediman kabın dibine 2 cm derinlik oluşturacak şekilde eklenmiştir. Kapların diğer yarısına ise sediman eklenmemiştir. Her bir kaba hazırlanmış solüsyonlardan 400 ml konmuştur. Kontrol kaplara ise 400 ml temiz deniz suyu eklenmiştir. Yanlardan direkt olarak ışık gelmesini önlemek amacıyla tüm kapların dışı siyah naylon ile örtülmüştür. Havalandırma Pastör pipeti ile saniyede 5 ya da 6 kabarcık verilmiş ve sediman yüzeylerinin hava kabarcıklarından etkilenmemesi sağlanmıştır. Deneyde kullanılan hayvanlar (1.5-2.5 cm uzunluğunda) rastgele tanklardan seçilerek beşer adet deney kaplarına konmuştur. Bir saat sonra anormal hareket eden veya sağlıklı olmayan tüm hayvanları alınmış yerine yenisi eklenmiştir.

Deney 96 saat sürdürülmüş ve deney süresince hayvanlara yiyecek verilmemiştir. Her kap günlük olarak kontrol edilmiş ve ölen organizmalar kaplardan alınarak not edilmiştir. Finney (1971)'in probit analizi kullanılarak her metal için hem sedimanın varlığında hem de sedimanın yokluğundaki öldürücü konsantrasyon ( $\text{LC}^{50}$ ) değerleri hesaplanmıştır. Ölmüş olan hayvanlar kabuklarından çıkarılmış ve önceden darası alınmış kaplara konarak  $70^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat kurutulmuştur. Daha sonra tartılarak her bir konsantrasyon için ortalama kuru ağırlıklar hesaplanmış ve konsantrasyonlar arasındaki ortalama ağırlıkların istatistiksel olarak farklı olup olmadığı varyans analizi (ANOVA) ile hesaplanmıştır (Zar, 1984).

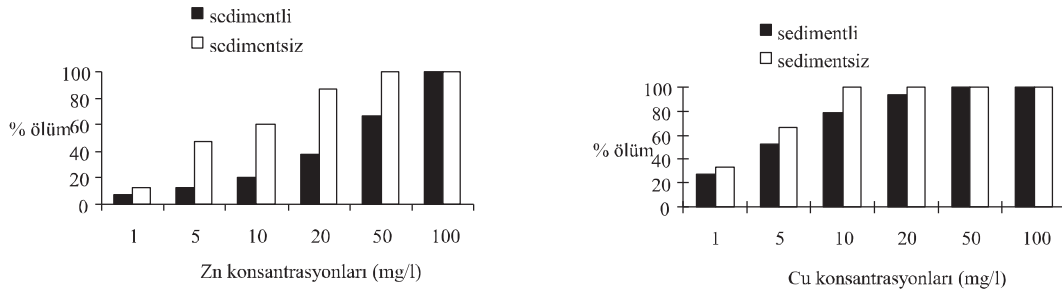
## Sonuç ve Tartışma

Yaşama oranı sedimanlı ve sedimentsiz deniz suyundaki bakır ve çinkonun artması ile azalmıştır. Ancak *Diogenes pugilator* sedimanın varlığında bakır ve çinkodan daha az etkilenmiştir (Şekil 1).

Sedimentsiz deniz suyundaki bakır ve çinkonun yüksek konsantrasyonlarında hayvanlar diğerlerine saldırmış ve diğer kabuk-

ların içlerine girmeye çalışmışlardır veya kabuklarından çıkmaya çalışmışlardır.

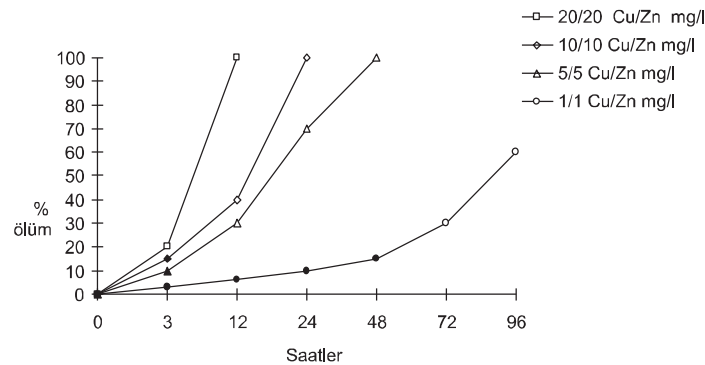
LC<sub>50</sub> değerleri ve % 95 güvenirlilik sınırları Tablo 4'de verilmiştir. Bu veri *Diogenes pugilator* türünün çinkoya bakıra göre daha az duyarlı olduğunu göstermiştir. Bakır çinko ile birlikte eklendiğinde *Diogenes pugilator*'un ölüm oranlarının arttığı gözlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. *Diogenes pugilator* türünün sedimanlı ve sedimentsiz deniz suyunda çinko ve bakıra 96 saat maruz kaldıktan sonraki ölüm yüzdesi (Bat vd., 1998b).

Tablo 4. Sedimanlı ve sedimentsiz çinko ve bakır ile kirletilmiş deniz suyuna 96 saat maruz bırakılan *Diogenes pugilator*'un LC<sub>50</sub> değerleri (mg l<sup>-1</sup>), eğim (b), %95 fiducial limitleri (FL), %95 güvenirlilik (CL) limitleri, intercept (a) ve  $\chi^2$  değeri (Bat vd., 1998b).

96 h	Sedimanlı		Sedimentsiz	
	Zn	Cu	Zn	Cu
LC <sub>50</sub> (95% FL)	19 (16.8-21.2)	4.1 (3.35-4.85)	6.5 (4.3-7.7)	2 (1.65-2.35)
b (95% CL)	2.9 (2.7-3.1)	2.4 (2.24-2.56)	2.8 (2.2-3.4)	2.7 (2.1-3.3)
a	1.24	3.52	2.72	2.88
$\chi^2$	2.43	0.52	1.54	1.1



Şekil 2. Deniz suyunda çinko ve bakıra aynı anda maruz bırakılan *Diogenes pugilator* türünün ölüm oranı (%) (Bat vd., 1998b).

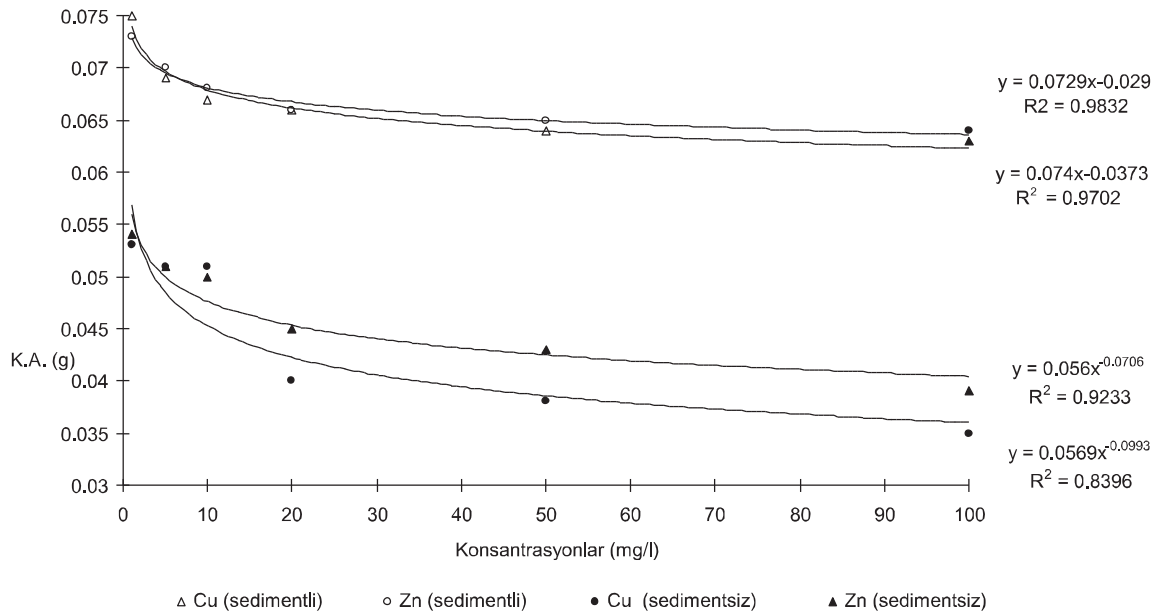


Sedimanlı ve sedimsiz çinko ve bakır (X) ile kirletilen deniz sularına maruz bırakılan *Diogenes pugilator* türlerinin kuru ağırlıkları da (Y) etkilenmiştir. Bu ( $Y=aX^b$ ) formülü ile modellenerek Şekil 3 de verilmiştir. Ölmüş hayvanların kuru ağırlığı deniz suyundaki metal konsantrasyonlarının artmasıyla azalmıştır, bu da yüksek konsantrasyonlarda istatistiksel olarak daha önemli olmuştur. Hayvanların başlangıç kuru ağırlıkları  $0.076 \text{ g} \pm 0.005$  olup deneyin sonunda sedimanlı olan kontrol kaplarında  $0.074 \text{ g} \pm 0.0030$  sedimsiz kontrol kaplarında ise  $0.0067 \text{ g} \pm 0.0025$  olarak bulunmuştur. Bu da sedimsiz olan kontrol kaplarında bile ağırlık kaybı olduğunu kanıtlamıştır.

Bat vd. (1998b)'nin yaptıkları bu çalışma *Diogenes pugilator*'un deniz suyundaki metallerle duyarlı olduğunu göstermiştir.  $LC_{50}$  sonuçları bakırın çinkodan daha toksik olduğunu göstermiştir. Çinko (100mg/l) ve bakırın (50 mg/l) yüksek konsantrasyonlarında 96 saat sonra hiç bir canlı yaşamamıştır. Buna karşılık düşük konsantrasyonlarda daha fazla hayvan yaşamıştır. Çinkonun 5 mg/l den ve bakırın 1 mg/l den daha az konsantrasyonlarında ölüme rastlanılmamıştır. Bu çalışma aynı zamanda sedimanın varlığının  $LC_{50}$  değerlerini etkile-

diğini kanıtlamıştır. Bu metallerin sediman tarafından alınmasından dolayı sudaki konsantrasyonlarının azalmış olmasıyla açıklanabilir (Pesch ve Morgan, 1978; Pesh,1979; Bat vd., 1998a). Alternatif olarak hayvanların doğal habitatı olan sedimanın yokluğu onlarda stres yapmalarından kaynaklanabilir (Bat ve Raffaelli, 1998; Bat vd., 1998a). Bununla beraber bu çalışmada keşiş yengeçlerinin yaşama oranı hem sedimanlı hem de sedimsiz kontrol gruplarında % 100 olmuştur. Ancak yüksek konsantrasyonlarda hayvanlar kendi kabuklarından çıkma eğilimi göstermişlerdir. Bu da doğada bu hayvanlar için predatörlerden dolayı risk oluşturmaktadır.

Bu çalışmada keşiş yengeçleri yine sedimanın yokluğunda varlığına göre daha fazla ağırlık kaybına uğramışlardır. Bu durum yine hayvanların strese maruz kalmalarıyla açıklanabilir. Sedimanın olmaması hayvanları sürekli olarak hareket etmeye zorlamış bu da fazla enerji sarf etmelerine neden olmuştur. Böylece hayvanlar bitkin düşmüşler ve ağırlık kaybı olmuştur. Yine sediman varlığında ise hayvanlar sedimandaki organik maddeleri besin olarak kullanması halinde sediman parçacıklarının bağırsakta olması o hayvanların kuru ağırlığında bir artışa neden olmaktadır.



Şekil 3. Sedimanlı ve sedimsiz bakır ve çinko ile kirletilmiş deniz suyuna maruz bırakılan *Diogenes pugilator* türlerinin ortalama kuru ağırlıkları (Bat vd., 1998b).

Doğada kimyasal maddeler karmaşık halindedir. Bu kimyasal maddelerin iki veya daha fazlasının birlikte olan etkilerinin tek tek olan etkilerinden farklı olan biyolojik etkileri *toksikolojik etki* (tesir) olarak adlandırılır. Bu yüzden çinko ve bakırın birlikte etkileri incelenmiştir. Birçok çalışmada ağır metallerin birlikte etkileri *sinerjistik etki* (Negilski vd., 1981) veya artan etki (Thorp ve Lake, 1974) veya *antagonizm etki* (Oakden vd., 1984; Bat ve Raffaelli, 1998) olarak görülmüştür. Bu çalışmada Negilski vd. (1981)'nin bulduğu gibi çinko ve bakır birbirlerini *sinerjistik* olarak etkilemiştir. Yani iki kimyasal maddenin birlikte etkileri bu maddelerin tek tek etkilerinin toplamından fazla olmuştur. Diğer bir deyişle çinko ve bakırın birlikte toksik etkileri tek tek toksik etkilerinden daha fazla olmuştur.

## 9.2. Çinko, Bakır ve Kurşunun *Idotea baltica* (Crustacea, Isopoda)'lara Toksisitesi

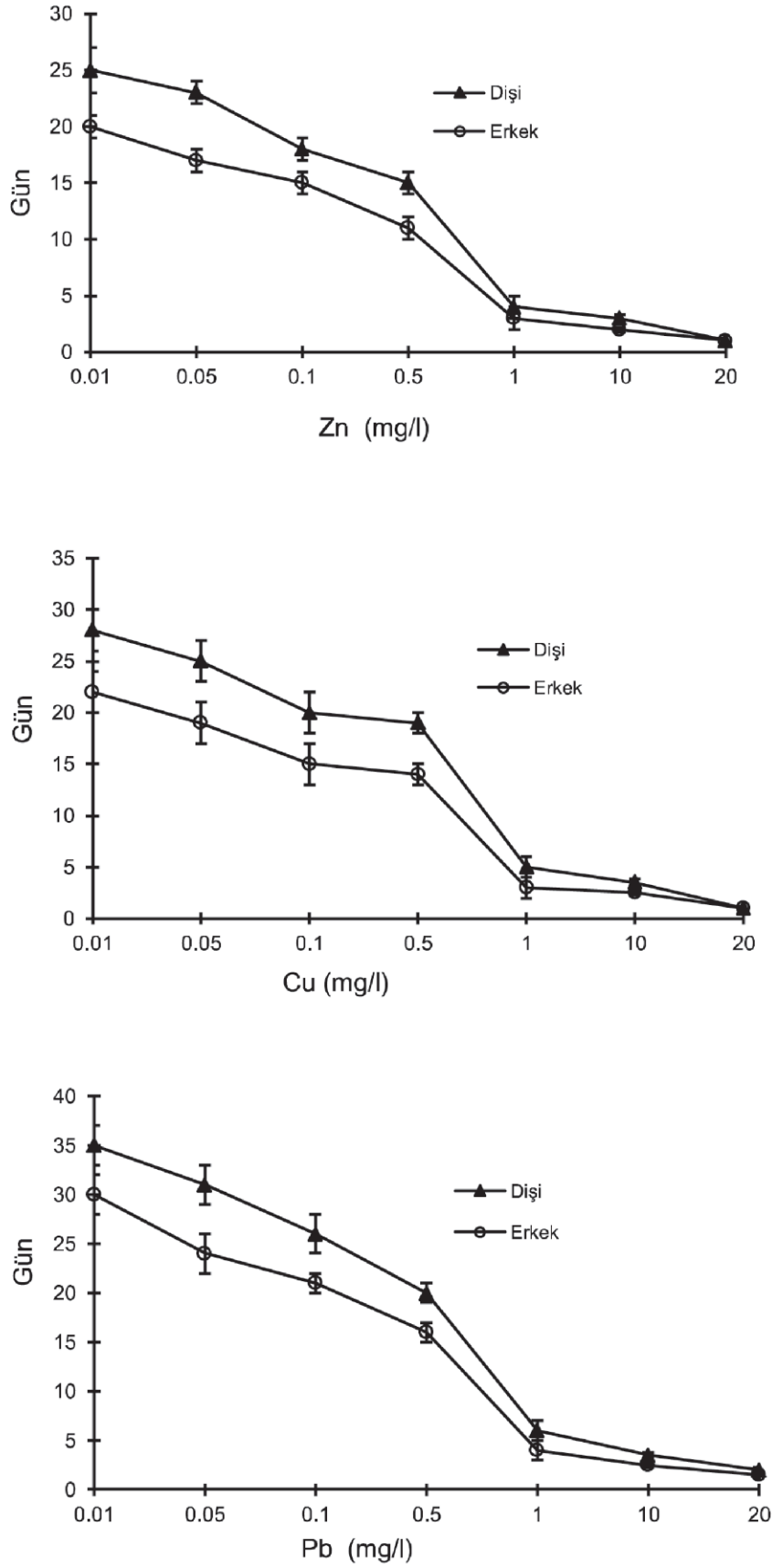
Bat vd., (1999a)'nın yaptıkları bu çalışmada Sinop Yarımadası körfezinin mediolittoral zonundan yüzlerce *Idotea baltica* çürümekte olan yosunların aralarından toplanan organizmalar cinsiyetlerine göre ayrılmış erkekler (12-15 mm uzunluğunda) ve dişiler (8-11 mm uzunluğunda) su sıcaklığı 16°C de laboratuvar koşullarına 1 hafta süreyle alıştırmıştır. Bu sürede hayvanlar taze deniz marulu ile (*Ulva lactuca*) beslenmişlerdir. Erkek organizmaların ortalama kuru ağırlıkları 12 mg yaş ağırlıkları ise 42 mg, dişilerin ise ortalama kuru ağırlıkları 6 mg ve yaş ağırlıkları ise 19 mg olarak ölçülmüştür. Stok solüsyonlar çinko için ( $ZnCl_2$ ), bakır için ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) ve kurşun için  $Pb(NO_3)_2$  ile hazırlanmıştır. Her metal için hazırlanan konsantrasyonlar 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 10 ve 20 mg l<sup>-1</sup> olup kontrol için temiz deniz suyu kullanılmıştır. Tüm kontrol ve deney kapları hava pompalarıyla havalandırılmışlardır. Deney kapları 1 litrelik olup buna 800 ml solüsyon eklenmiştir.

Kontrol için aynı miktardaki temiz deniz suyu kullanılmıştır. Stok tanklarından sağlıklı ve aktif organizmalar seçilerek deney kaplarına konmuştur. Çinko, bakır ve kurşunun her konsantrasyon serisi için 3 tekerrür kullanılmış, her deney kabına ya 10 dişi ya 10 erkek ya da 5 dişi 5 erkek konmuştur. Suyun ortalama sıcaklığı 15±1 °C, tuzluluğu ‰ 17±1, pH 8.0±0.2 ve çözülmüş oksijen 6.8±0.3 mg l<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Hayvanlar günlük olarak kontrol edilmiş ve ölenler toplanarak not edilerek öldürücü süreleri hesaplanmıştır. Öldürücü Süre (LT<sub>50</sub>): Belirli bir konsantrasyonda organizmaların %50 sinin öldüğü süredir. Ölen hayvanlarda mümkün olabilecek morfolojik değişiklikler stereomikroskop ile incelenmiştir. Farklı deney grupları ve cinsiyetler arasındaki ölüm oranlarının karşılaştırılması tek-yönlü varyans analizi (ANOVA) ile ölçülmüştür (Zar, 1984).

## Sonuç ve Tartışma

Kontrol kaplarındaki ortalama LT<sub>50</sub> değerleri dişiler için 85±8 gün ve erkekler için 80±6 gün bulunmuştur ve cinsiyetler arasındaki farklılık istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır. Yaşama oranı çinko, bakır ve kurşun konsantrasyonlarının artmasıyla azalmıştır. Ortalama LT<sub>50</sub> değerleri ve standart hatalar (SE) hem dişi hem de erkek *Idotea* için Şekil 4'de verilmiştir. Kurşun çinko ve bakıra göre daha az toksik olmuştur. Bu sonuçlar diğer bazı çalışmalarla benzerlik göstermiştir (De Nicola Gidudici vd., 1987, 1992).

*Idotea baltica* türlerinin dişileri erkeklerine göre daha uzun bir yaşama oranına sahip olmuşlardır (Şekil 4). Ancak yüksek konsantrasyonlarda (1-20 mg l<sup>-1</sup>), LT<sub>50</sub> değerlerinde istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir. Yaşama oranları erkeklerde dişilere göre çinko, bakır ve kurşunun 0.01-0.5 mg l<sup>-1</sup> değerlerinde daha az olmuştur. Sonuç olarak erkekler dişilere göre daha duyarlı bulunmuştur.



Şekil 4. Zn, Cu ve Pb un farklı konsantrasyonlarına maruz bırakılan *Idotea baltica* türlerinin dişi ve erkeklerinde LT<sub>50</sub> değerleri (Bat vd., 1999a).

### 9.3. Çinko, bakır ve kurşunun Amfipod *Echinogammarus olivii*, İso pod *Sphaeroma serratum* ve Dekapod *Palaemon elegans* Türlerine Akut Toksisitesi

Bat vd., (1999b) yaptıkları bu çalışmada, *Echinogammarus olivii* ve *Sphaeroma serratum* türlerini Sinop Yarımadasının Yuvam istasyonunun ölittoal ve infralittoral zonlarından *Ulva lactuca* ve *Enteromorpha* sp. türlerinin çürüyen yaprakları aralarından elle, *Palaemon elegans* türü ise Akliman istasyonunun kayalık bölgelerinden el kepeci ile toplanmıştır. Toplanan hayvanlar laboratuvarlara tanklar içerisinde getirilmiş ve 15°C sıcaklıktaki alıştıma tanklarında en az 7 gün süreyle bekletilmişlerdir. Tüm deney süresince ortalama sıcaklık 15°C ± 2°C, tuzluluk 17 ppt olarak bulunmuş, deney kapları sürekli havalandırılmıştır. Amfipod ve isopodlara temiz *Ulva lactuca* yiyecek olarak verilmiş, dekapod karidesler ise her iki günde bir kurutulmuş *Gammarus* sp. (ham protein min. 32%, ham yağ min. 4%, ham karbonhidrat maksimum 5%, nem maksimum 10%, ham kuru madde maksimum 12%) ile beslenmiştir. Yiyecekler yüzücü tipte olup suyu bulandırmamıştır. Hayvanlar beslendikten sonra tüm artıklar bir sifon yardımıyla toplanmıştır. Stok solüsyonlar çinko için (ZnCl<sub>2</sub>), bakır için (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O) ve kurşun için Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ile hazırlanmıştır. Bakır ve çinkonun deniz suyunda çökmesini önlemek amacıyla solüsyonlar hafifçe asitleştirilmiş ancak asla pH 7'nin altına düşürülmemiştir (Ahsanullah, 1976; Ahsanullah vd., 1981). Stoklar daha sonra kullanılıncaya kadar karanlıkta 4°C de bekletilmiştir. Hazırlanan hiç bir solüsyon 2

günden fazla bekletilmemiştir. Hayvanlar çinko, bakır ve kurşun 0.001 ile 20 mg l<sup>-1</sup> arasında değişen konsantrasyonlara maruz bırakılmışlardır. Statik akut biyolojik deneyler için 5 farklı konsantrasyon ve kontrol serileri kullanılmıştır.

Çinko, bakır ve kurşun için her konsantrasyon serisi 3 tekerrürden oluşmuş ve her deney kabına 20 adet *Echinogammarus olivii*, 20 adet *Sphaeroma serratum* ve 5 adet *Palaemon elegans* ilave edilmiştir. Her toksisite deneyi 96 saat sürmüş ve mortalite günde iki kez kontrol edilmiştir. Ölen organizmalar kaplardan toplanmıştır. Eğer kontrol kaplarında ölüm %10'u aşmışsa deney yeniden yapılmıştır. Deney süresince ortalama sıcaklık 15°C ± 1, çözülmüş oksijen 85% ± 6, tuzluluk 17 ‰ ± 1 ve pH 8.10 ± 0.20 olarak ölçülmüştür. Konsantrasyonlara karşı ölüm oranlarının grafiği çizilerek LC<sub>50</sub> değerleri her tür için hesaplanmıştır. Bunun için Finney (1971) in probit analizi kullanılmıştır.

### Sonuç ve Tartışma

Bakır, çinko ve kurşun için 96 saat LC<sub>50</sub> değerleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tüm organizmalar için bakır, çinko ve kurşun konsantrasyonlarının artmasıyla ölüm oranları da artmıştır. *Sphaeroma serratum* türleri hariç hiç bir kontrol kabında ölüm gözlenmemiştir. *Sphaeroma serratum* türlerinde yaşama oranı %93 olarak bulunmuştur. Ölüm oranının yalnızca %7 ile EPA /COE protokolü tarafından önerilen ölüm oranından (% ≥ 90) daha düşük olması bu deneyin sağlığını ortaya koymuştur (American Society for Testing and Materials, 1990).

**Tablo 5.** Amfipod, isopod ve dekapod kabuklular için %95 fiducial limitleriyle (FL) birlikte 96-saatlik LC<sub>50</sub> değerleri (mg l<sup>-1</sup>) (Bat vd., 1999b).

	Cu	Zn	Pb
Türler	LC <sub>50</sub> (%95 FL)	LC <sub>50</sub> (%95 FL)	LC <sub>50</sub> (% 95 FL)
<i>Echinogammarus olivii</i>	0.25 (0.21-0.28)	1.30 (1.00-1.57)	0.62 (0.58-0.67)
<i>Sphaeroma serratum</i>	1.98 (1.72-2.27)	6.12 (5.51-8.11)	4.61 (3.81-5.22)
<i>Palaemon elegans</i>	2.52 (2.18-2.91)	12.3 (8.94-14.8)	5.88 (5.50-7.90)

*Sphaeroma serratum* türlerindeki ölümlerin onların yarı ıslak kayalık zonlarındaki habitatlarından ileri geldiği kanısına varılmıştır. Doğal koşullarda bu organizmalar zaman zaman su dışına çıkarak beslenmekte ancak laboratuvar koşullarında doğal ortamı bulamadığından strese giren hayvanlarda ölüm görülebilmektedir (Holmström ve Morgan, 1983a,b; Lawrie, 1996; Bat vd., 1998a). Laboratuvarda kabın dışına çıkmayı başaran *Sphaeroma serratum* türleri tekrar kabın içerisine giremediğinden kap dışında ölü bulunması bunu açıklamaktadır. Tablo 5'ten de görülebileceği gibi bakır en toksik metal olmuş bunu kurşun ve çinko izlemiştir. Bakırın 10 mg l<sup>-1</sup> konsantrasyonunda tüm türlerde 24 saat içerisinde %100 ölüm gözlenmiştir.

Amfipod *Echinogammarus olivii* en duyarlı organizma olarak tespit edilmiş olup metallere en toleranslı organizma ise dekapod *Palaemon elegans* olmuştur. Nugegoda ve Rainbow (1988 ve 1995) *Palaemon elegans* türleri yüksek konsantrasyonlardaki çinkoya maruz bırakılırsalar bile bu metali regüle edebileceklerini göstermişlerdir. Yine Nugegoda ve Rainbow (1989) dekapodlarda çinko alımı ve regülasyonlarının türlere ve çevrenin fiziko-kimyasal özelliklerine bağlı olduklarını belirtmişlerdir.

Ülkemizde özellikle örnekleri topladığımız bu yörede *Palaemon elegans* türü insan gıdası olarak tüketilmemektedir. Ancak besin

zincirinin önemli bir halkasını ve birçok ekonomik balıkların besinini oluşturması ve olta balıkçılığında bu türlerin yem olarak kullanılmasından dolayı insanlar için oldukça önem teşkil etmektedirler.

*Echinogammarus olivii* ve *Sphaeroma serratum* aynı habitattan toplanmış olmalarına rağmen onların 96-h LC<sub>50</sub> değerleri farklı bulunmuştur (Tablo 5). Bu da aynı ortamda ve çevre şartlarında olsalar dahi deniz canlılarının aynı toksik maddeye farklı olarak tepki gösterdiklerini kanıtlamaktadır.

#### 9.4. Çinko ve Kurşunun Poliket Solucanı *Hediste diversicolor* Türüne Toksisitesi

Çinko ve kurşunun Poliket (*Hediste diversicolor* Müller 1776)'a toksisitesi başlıklı çalışmada temiz sedimanlı deniz suyundaki çinko ve kurşunun akut toksisitesi 10 ve 28 günlük statik biyolojik deneylerle ölçülmüş ve öldürücü konsantrasyon (LC<sub>50</sub>) hesaplanmıştır (Bat vd., 2001a).

Çinko ve kurşun konsantrasyonlarının artmasıyla ölüm oranı da artmıştır. Bu tür için çinko kurşundan daha toksik olmuştur. Sonuçlar aynı zamanda küçük solucanların büyüklerine oranla çinko ve kurşuna daha duyarlı olduklarını göstermiştir. Farklı büyüklükteki poliket türünün sedimanlı ve sedimansız ortamda 10 ve 28 günlük hesaplanmış LC<sub>50</sub> değerleri Tablo 6'da verilmiştir (Bat vd., 2001a).

**Tablo 6.** Farklı büyüklükteki *Hediste diversicolor* türünün sedimanlı ve sedimansız ortamda 10 ve 28 günlük LC<sub>50</sub> değerleri

Metal	Organizmalar	
	55-70 mm uzunluk ve 250 500 mg ağırlık	20-30 mm uzunluk ve 125 250 mg ağırlık
Zn (mg l <sup>-1</sup> )		
10-gün LC <sub>50</sub> (%95 FL)	35 (31-39)	25 (21-29)
28- gün LC <sub>50</sub> (%95 FL)	18 (15-23)	9 (6-13)
Pb (mg l <sup>-1</sup> )		
10- gün LC <sub>50</sub> (%95 FL)	65 (60-71)	48 (45-54)
28- gün LC <sub>50</sub> (% 95FL)	28 (24-34)	19 (15-12)

### 9.5. Bakır ve kurşunun Deniz Karidesi *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 (Decapoda: Palaemonidae)'lara Tek Tek ve Birlikte Etkisi

Bakır ve kurşunun ayrı ayrı ve birlikte deniz karidesi *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 (Decapoda: Palaemonidae) türü üzerine etkileri statik biyolojik deneylerle LC<sub>50</sub> ve LT50 değerleri hesaplanarak çalışılmıştır (Bat vd., 2001b). Bu organizmaların hayatta kalma süreleri bakır ve kurşun konsantrasyonlarının artmasıyla azalmıştır. Bakır, kurşuna göre 4.25 kez daha toksik bulunmuştur. Metallerin birlikte etkileri denendiğinde, beklenen ölümler gözlenen ölümlere benzerlik göstermemiştir, buradan metal çiftlerinin birbirlerini etkilediği sonucuna varılmıştır. Bakır ve kurşunun karışımlarının toksisitesi metalin gücünü gösteren toksik-birim kavramı kullanılarak da değerlendirilmiştir. Tablo 7 deniz karidesi *Palaemon adspersus* türünün bakır ve

kurşun LC<sub>50</sub> değerlerini göstermektedir (Bat vd., 2001b).

Bakır kurşuna göre daha toksik bulunmuştur. Kurşun bakır ile beraber olduğunda deniz karidesinin toksisitesini azaltıcı yönde etki göstermiştir.

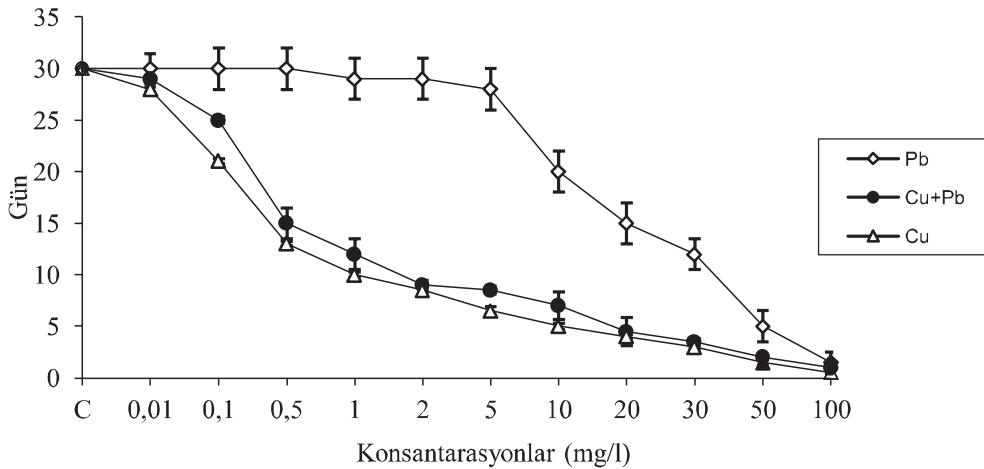
### 9.6. Bazı ağır metallerin Akdeniz midyeleri (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819)'nin Büyümelerine Etkileri

Farklı büyüklüklerdeki Akdeniz midyeleri (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) Cu, Pb ve Zn ile kirletilmiş deniz suyuna 96 saat maruz bırakılarak etkileri incelenmiş ve Tablo 8'de sonuçlar verilmiştir (Bat vd., 2013a).

Bu çalışmada küçük bireylerin orta ve büyük boylardaki bireylere göre daha dayanıklı oldukları görülmüştür. Ayrıca sedimanın varlığı 50-80 mm büyüklüklerindeki *Mytilus galloprovincialis* türlerinin 96 saatlik ve 28 günlük yaşama oranlarını artırmıştır (Bat vd., 2013a).

**Tablo 7.** *Palaemon adspersus* türünün LC<sub>50</sub> değerleri (mg l<sup>-1</sup>) (Bat vd., 2001b)

Tür	Cu	Pb
	LC <sub>50</sub> (95% FL)	LC <sub>50</sub> (95% FL)
<i>Palaemon adspersus</i>	16 (12-21)	68 (55-74)



**Şekil 5.** Farklı konsantrasyonlarda bakır ve kurşunun ayrı ayrı ve birlikte ortalama LT<sub>50</sub> değerleri ve standart hataları (C=kontrol) (Bat vd., 2001b).

**Tablo 8.** *Mytilus galloprovincialis* türünün 96-h LC<sub>50</sub> değerleri (mg.l<sup>-1</sup>) (Bat vd., 2013a).

Büyüklik	Cu (ort. ± SE)	Pb (ort. ± SE)	Zn (ort. ± SE)
Küçük	1.67±0.02	59±4.8	38±3.0
Orta	1.45±0.04	43±4.6	29±2.6
Büyük	1.18±0.07	39±3.6	18±2.6

## 10. Öneriler

Organizmaların toplanmasında uygun metodların kullanımına ve toplanan örneklerin herhangi bir fiziksel bozuklukları olmamasına dikkat edilmelidir. Toplanan organizmalar daha sonra laboratuvar şartlarına alıştırılmalıdır. Hangi organizma deney için kullanılacaksa alıştırma tanklarında yalnızca aynı türe ait bireylerin olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca organizmaya bağlı olarak doğada bulunduğu ortama benzer bir ortam yaratılmalıdır. Örneğin bentik organizmalar kullanılacaksa tankın dibine temiz sediment ilave edilmelidir. Bunun dışında O<sub>2</sub>, sıcaklık, pH, sedimentin organik madde miktarı gibi önemli parametreler ölçülmeli ve o tür için en uygunu seçilmelidir. Eğer kısa süreli deney yapılacaksa deneyden 2 gün önce ve deney süresinde yemleme yapılmamalıdır. Eğer uzun süreli deney yapılacaksa genelde 2 günde bir taze yem verilmelidir. Yemin cinsi türlere göre değişiklik gösterebilir. Etcil organizmalar kullanılacaksa temiz bölgeden toplanmış midye veya kasaptan alınan ciğer çekilerek verilebilir.

Otcül organizmalar kullanılacaksa temiz bölgeden toplanmış alglar taze olarak verilebilir (örneğin *Ulva* sp.). Verilen besinin hiçbir toksik madde ile bulaştırılmamış olmasına özen gösterilmelidir. Yem verildikten sonra hemen tankın veya kablının suyu değiştirilmelidir. O<sub>2</sub>, pH, sıcaklık gibi parametrelerin aynı değerleri korunmalıdır. Kullanılan tank, kab ve ekipmanlar temiz olmalı herhangi bir hastalık veya parazit bulaştırılmamalıdır. Deney organizmaları mümkün olduğunca strese sokulmamalıdır. Kullanılacak deney solüsyonları titizlikle hazırlan-

malıdır. Kontrol için temiz solüsyonlar kullanılmalıdır. Kullanılacak kab büyüklükleri türlere göre değişmekle beraber birçok omurgasız organizma için 1 litrelik olmalı ve içine 800 ml lik solüsyon eklenmelidir. Her bir kabı yine organizmanın büyüklüğüne göre uygun sayıda birey konmalıdır. İstatistiksel açıdan iyi sonuç alınabilmesi için 10 veya 20 eğer organizma büyük ise 5 adet konulması şarttır. Kullanılan organizmalar sağlıklı ve aktif olmalı ve stok tankından rastgele seçilmelidir. Her bir konsantrasyon ve kontrol için en az 3 mümkünse 5 tekrerrür yapılmalıdır. Tekerrür sayısının çokluğunun daha sağlıklı sonuç verdiği unutulmamalıdır.

Deney süresince kontrol ve deney organizmaları hergün sayılmalı ve kullanılan solüsyonların fiziko-kimyasal parametreleri de ölçülmelidir. Ayrıca hazırlanan konsantrasyonlar deneyin başı ve sonunda kontrol amacı ile ölçülmelidir. Eğer konsantrasyonlarda kayıp varsa, ölçülen değerlerin ortalamaları esas alınabilir. Kullanılan stok ve standartlar titizlikle hazırlanmalı ve kontrol için kullanılan solüsyonlar temiz olmalı ve herhangi bir kirleticiyle bulaştırılmamalıdır. Eğer deneylerde deniz organizmaları kullanılacaksa kontrol için temiz deniz suyu kullanılmalıdır. Bunun için temiz bölgeden alınan sular kullanılmalı ve su filtre edilmelidir.

Stok çözeltiler bidistile su ile ve standartlar da eğer deniz organizmaları için hazırlanacaksa temiz ve filtre edilmiş deniz suyu ile hazırlanmalıdır. Kontrol kablardaki organizmaların ölüm oranı deney süresi bitiminde % 10'u geçiyor ise deney tekrar edilmelidir.

Deney ve kontrol kablarındaki çözülmüş oksijen miktarı en az % 60 veya üstü olmalı, pH, tuzluluk ve sıcaklık gibi önemli parametreler organizmaların doğal ortamındaki gibi ayarlanmalıdır. Hangi deney metodu seçilecekse o metodun tüm şartları deney öncesi hazırlanmalıdır. Deney organizmaları belirli aralıklarla hep aynı zamanda kontrol edilmeli ve kayıt tutulmalıdır (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1976; Swartz vd., 1985; American Society for Testing and Materials, 1990; U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Army Corps of Engineers, 1991; Bat ve Raffaelli, 1998).

Akuatik toksikoloji yeni bir bilim dalıdır. Başta Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada olmak üzere İngiltere, Fransa, Hollanda, Portekiz ve Almanya gibi Avrupa ülkelerindeki uluslararası birçok kuruluş ve üniversitelerin ilgili bölümleri toksisite deneyleri yaparak standart(lar) geliştirmekte ve toksik maddeler için önlemler almaktadırlar (Hill vd., 1993; Thain vd., 1994). Ülkemizde 1955 yılında Türkiye Tabiatı Koruma Derneği kurulmuş, daha sonra Türkiye Çevre Koruma ve Yeşillendirme Derneği, Doğal Hayatı Koruma Derneği ve 1978 yılında ise Türkiye Çevre Sorunları Vakfı kurulmuştur (Kocataş, 1996). Bununla beraber üniversitelerin bünyelerinde biyolojik birikim çalışmaları yeterince yapılmış

ve halen yapılmaktadır (Bat ve Öztürk, 1997; Bat vd., 1996, 1999c, 2000, 2012b,c, 2013b). Fakat ülkemizde şu aşamada toksik çalışmalar yok denecek kadar azdır.

### 11. Genel Değerlendirme

Ekotoksikoloji iki veya daha fazla faktörün bir aradaki etkilerini hem öldürücü hem de kronik etkiler açısından uzun süreli olarak ekosistem üzerinde inceleyen bilim dalı olup amacı doğal sistemleri korumak, ekosistemde bulunan organizmaların sağlıklı olarak neslinin devamını sağlamak ve ekosistemin kalitesinin bozulmasını önlemektir. Kalitesi bozulan çevrenin canlıları ile birlikte tekrar eski haline gelmesi hemen hemen imkansızdır. Bozulan çevrenin düzeltilmesine çalışılması bile ekonomik açıdan oldukça yüksektir. Bunun için çevreyi tahrip etmeden koruma yollarına gidilmelidir. Toksikite deneyleri bu yollardan biri olup gerek laboratuvar koşullarında veya yapay sistemlerde gerekse doğada yapılabilir (Bat vd., 1998-1999b). Bunun için öncelikle ülkemiz sularından toksik çalışmalara uygun türler seçilmeli ve farklı kirleticiler kullanılarak deneyler yapılmalı, diğer çalışmalarla karşılaştırılmalı ve standartlar geliştirilmelidir. Böylece çevremizin korunması ve ülkemiz sularının İyi Çevresel Durumu (İÇD) için önemli ölçüde katkı sağlanmış olacaktır.

## EKLER

EK 1.										
Kabuklu Yumuşakçalarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık)										
Standartlar	Cd		Pb		Cu		Zn		Hg	
	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y
Anonim (1995) Türk Mevzuatı	1.0	0.1	2.0	1.0	20	20	50	50	0.5	0.5
MAFF (1995) <sup>1,2</sup> Gıda Güvenliği	<0.2	<0.2	10	10	20	20	50	50	--	--
EC (2001) Komisyon Tüzüğü	0.50	1.0	0.5	1.5	--	--	--	--	0.5	0.5
TGK (2002) Türk Gıda Kodeksi	0.50	1.0	0.5 <sup>4</sup>	1.5	20	20	50	50	0.5	0.5
EC (2006) Komisyon Tüzüğü	0.50	1.0	0.5 <sup>4</sup>	1.5	--	--	--	--	0.5	0.5
TGK (2008) <sup>3</sup> Türk Gıda Kodeksi	0.50	1.0	0.50	1.5	--	--	--	--	0.5	0.5
Anonim (2011) Türk Mevzuatı	0.50	1.00	0.50	1.50	--	--	--	--	0.50 <sup>5</sup>	0.50

1 = Eğer bakır doğal olarak bulunursa yiyeceklerde daha yüksek düzeylerde izin verilir.

2 = Doğal olarak 50 mg.kg<sup>-1</sup> çinkodan daha fazla içerirse yiyeceklerde daha fazla düzeylerde izin verilir.

3 = Türk Gıda Kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında Tebliğ

(Tebliğ No: 2008/26)'in yürürlükten kaldırılmasına dair Tebliğ (Anonim, 2012).

4= Kahverengi yengeç hariç

5= Yengeç ve yengeç benzeri kabuklularda



<b>EK 2.</b>					
Balıklarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık)					
<b>Standartlar</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Hg</b>
Anonim (1995) Türk Mevzuatı	0.1	1.0	20	50	0.5
MAFF (1995) Gıda Güvenliği	<0.2	2.0	20	50	--
EC (2001) Komisyon Tüzüğü *	0.05	0.2	--	--	0.5
TGK (2002) Türk Gıda Kodeksi**	0.1	0.4	20	50	0.5
EC (2006) Komisyon Tüzüğü *,**	0.05	0.3	--	--	0.5
TGK (2008) <sup>1</sup> Türk Gıda Kodeksi	0.05	0.3	--	--	0.5
Anonim (2011) Türk Mevzuatı*,**	0.05	0.3	--	--	0.5

1 = Türk Gıda Kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2008/26)'in yürürlükten kaldırılmasına dair Tebliğ (Anonim, 2012).

## EK 2 tamamlayıcı bilgiler

Komisyon Tüzüğü (EC) ve Türk Mevzuatı (*) Balıklarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık)	<b>Cd</b>
Torik ( <i>Sarda sarda</i> ), karagöz ( <i>Diplodus vulgaris</i> ), yılanbalığı ( <i>Anguilla anguilla</i> ), kefal ( <i>Mugil labrosus labrosus</i> ), istavrit ( <i>Trachurus species</i> ), louvar ya da luvar ( <i>Luvarus imperialis</i> ), uskumru türleri ( <i>Scomber spp.</i> ), sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> ), sardalya türleri ( <i>Sardinops spp.</i> ), orkinos ( <i>Thunnus spp.</i> , <i>Euthynnus spp.</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> ), dilbalığı ( <i>Dicologlossa cuneata</i> )	<b>0.1</b>
tuna ( <i>Auxis spp.</i> )	<b>0.2</b>
hamsi türleri ( <i>Engraulis spp.</i> ) kılıçbalığı ( <i>Xiphias gladius</i> )	<b>0.3</b>

Komisyon Tüzüğü (EC) (*) Balıklarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık)	<b>Hg</b>
Fener balıkları ( <i>Lophius spp.</i> ), Atlantik yayını / kedi balığı ( <i>Anarhichas lupus</i> ), Avrupa deniz levreği ( <i>Dicentrarchus labrax</i> ), mavi gelincik ( <i>Molva dipterygia</i> ), plamut ( <i>Sarda spp.</i> ), yılan balığı ( <i>Anguilla spp.</i> ), kalkan ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ), küçük tuna ( <i>Euthynnus spp.</i> ), marlin ( <i>Makaira spp.</i> ), turna ( <i>Esox lucius</i> ), akpalamut ( <i>Orcynopsis unicolor</i> ), portekiz köpekbalığı ( <i>Centroscyms coelolepis</i> ), vatozlar ( <i>Raja spp.</i> ), kırmızı balık ( <i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i> ), kılıç benzeri balık ( <i>Istiophorus platypterus</i> ), uskumru türü balıklar ( <i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i> ), köpek balıkları (tüm türler), uskumru türü balıklar ( <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> ), mersin balıkları ( <i>Acipenser spp.</i> ), kılıç balığı ( <i>Xiphias gladius</i> ), orkinos ( <i>Thunnus spp.</i> )	<b>1.0</b>

Komisyon Tüzüğü (EC) ve Türk Mevzuatı (***) Balıklarda ağır metallerin maksimum limitleri (mg/kg yaş ağırlık)	<b>Hg</b>
Fener balıkları ( <i>Lophius spp.</i> ), Atlantik yayını / kedi balığı ( <i>Anarhichas lupus</i> ), torik ( <i>Sarda sarda</i> ), yılanbalıkları ( <i>Anguilla spp.</i> ), imparator, turuncu imparator balığı, pempe askerbalığı ( <i>Hoplostethus spp.</i> ), farekuyruklu balık ( <i>Coryphaenoides rupestris</i> ), kalkan benzeri yassı balık ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ), kral klip yılan balığı ( <i>Genypterus capensis</i> ), kılıçbalığı benzeri balık ( <i>Makaira spp.</i> ), pisibalığı ( <i>Lepidorhombus spp.</i> ), barbunya ( <i>Mullus spp.</i> ), pembe kayışbalığı ( <i>Genypterus blacodes</i> ), turna ( <i>Esox lucius</i> ), torik/iri uskumruya benzeyen balık ( <i>Orcynopsis unicolor</i> ), tavuk balığı ( <i>Tricopterus minutes</i> ), Portekiz köpek balığı ( <i>Centroscyms coelolepis</i> ), vatozlar ( <i>Raja species</i> ), mercan türü balıklar ( <i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i> ), kılıç benzeri balık ( <i>Istiophorus platypterus</i> ), uskumru türü balıklar ( <i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i> ), mercan balıkları ( <i>Pagellus species</i> ), köpek balıkları (bütün türleri), uskumru türü balıklar ( <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettuspretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> ), mersin balığı ( <i>Acipenser species</i> ), kılıçbalığı ( <i>Xiphias gladius</i> ), orkinos ( <i>Thunnus spp.</i> ve <i>Euthynnus spp.</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> )	<b>1.0</b>

<b>EK 3</b>		
Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarları (mg / kg)*		
<b>Metal</b>	<b>Standart</b>	<b>Kaynaklar</b>
<b>Zn</b>	Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı: 7 mg	WHO, 1996; Council of Europe, 2001
<b>Cu</b>	Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı: 3.5 mg	WHO, 1996; Council of Europe, 2001
<b>Pb</b>	Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı: 0.025 mg	WHO, 2000; Council of Europe, 2001; FAO/WHO, 2010
<b>Cd</b>	Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı: 0.007 mg	WHO, 1989 ve 2004; Council of Europe, 2001; FAO/WHO, 2010
<b>Hg</b>	Vücut ağırlığının her kg için haftalık tolere edilebilir miktarı: 0 0033 mg	WHO, 1996; Council of Europe, 2001

### **EK 3 tamamlayıcı bilgiler**

\*Türkiye’de günlük dip balığı tüketimi: 4 g bu haftada 28 g (FAO, 2010) etmektedir. Haftalık ve günlük alımı hesaplamak için aşağıdaki formüllerden yararlanılır.

EWI: metal mg kg x 28 g/1000 g

EDI: metal mg kg x 4 g/1000 g

Aynı şekilde Türkiye’de günlük pelajik balık tüketimi: 11 g bu haftada 77 g (FAO, 2010) etmektedir. Haftalık ve günlük alımı hesaplamak için aşağıdaki formüllerden yararlanılır.

EWI: metal mg kg x 77 g/1000 g

EDI: metal mg kg x 11 g/1000 g

**Teşekkür:** Bu “Teknik Not”un bu hale gelmesinde katkıda bulunan hakemlere teşekkürlerimizi sunarız.

**Kaynaklar**

- Ahsanullah, M. 1976. Acute toxicity of cadmium and zinc to seven invertebrate species from Western Port, Victoria. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 27: 187-196.
- Ahsanullah, M., Negilski, D.S. ve Mobley, M.C. 1981. Toxicity of zinc, cadmium and copper to the shrimp *Callinassa australiensis*. I. Effect of individual metals. *Mar. Biol.*, 64: 299-304.
- American Society for Testing and Materials, 1990. Standard guide for conducting 10-day static sediment toxicity tests with marine and estuarine amphipods. ASTM E 1367-90. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, pp. 1-24.
- Anonim, 1995. Canlı (taze), soğutulmuş ve dondurulmuş kabuklu ve yumuşakçalarda, kimyasal, toksikolojik ve mikrobiyolojik kabul edilebilir değerler. Yayımlandığı R. Gazete: 10/03/1995-Sayı:22223, Tebliğ No:95/6533.
- Anonim, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Yayımlandığı R. Gazete: 29/12/2011 - Sayı: 28157 (3. Mükerrer) EK-1.
- Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2008/26)'in yürürlükten kaldırılmasına dair Tebliğ. Yayımlandığı R. Gazete: 08/03/2012-Sayı: 28227, Tebliğ No: 2012/21.
- Atay, Ş. 2009. Kirlenmiş su ortamının ekotoksikolojik olarak incelenmesi, MSc. thesis. Samsun, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- Bat, L., Öztürk, M. ve Öztürk, M. 1996. Heavy metal amounts in some commercial teleost fish from the Black Sea. *O.M.Ü. Fen Dergisi*, 7 (1): 117-135.
- Bat, L. ve Öztürk, M. 1997. Heavy metal levels in some organisms from Sinop Peninsula of the Black Sea. *Tr. J. Engineering and Environ. Sci.*, 21: 29-33.
- Bat, L. ve Raffaelli, D. 1998. Sediment toxicity testing: A bioassay approach using the amphipod *Corophium volutator* and the polychaete *Arenicola marina*. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 226: 217-239
- Bat, L., Raffaelli, D. ve Marr, I.L. 1998a. The accumulation of copper, zinc and cadmium by the amphipod *Corophium volutator* (Pallas). *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 223 (2): 167-184.
- Bat, L., Çulha, M., Akbulut, M., Gündoğdu, A. ve Sezgin, M. (1998b). Toxicity of zinc and copper to the Hermit Crab *Diogenes pugilator* (Roux). *Turkish J. Mar. Sci.*, 4, 39-48.
- Bat, L., Gündoğdu, A. ve Öztürk, M. 1998-1999a. Ağır metaller. (Heavy metals). S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fak. Der., 6, 166-175.
- Bat, L., Öztürk, M. ve Öztürk, M. 1998-1999b. Akuatik toksikoloji. (Aquatic toxicology). S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fak. Der., 6, 148-165.
- Bat, L., Sezgin, M., Gündoğdu, A. ve Çulha, M. 1999a. Toxicity of zinc, copper and lead to *Idotea baltica* (Crustacea, Isopoda). *Tr. J. Biology*, 23 (4), 465-472.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Sezgin, M., Çulha, M., Gönlügür, G. ve Akbulut, M. 1999b. Acute toxicity of zinc, copper and lead to three species of marine organisms from Sinop Peninsula, Black Sea. *Tr. J. Biology*, 23 (4), 537-544.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M. ve Öztürk, M. 1999c. Copper, zinc, lead and cadmium concentrations in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck 1819 from Sinop coast of the Black Sea. *Tr. J. Zoology*, 23: 321-326.
- Bat, L., Gönlügür, G., Andaç, M., Öztürk, M. ve Öztürk, M. 2000. Heavy Metal concentrations in the Sea Snail *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) from Sinop Coasts of the Black Sea. *Turkish J. Mar. Sci.* 6 (3): 227-240.
- Bat, L., Gündoğdu, A., Akbulut, M., Çulha, M. ve Satılmış, H.H. 2001a. Toxicity of Zinc and Lead to the Polychaete Worm *Hediste diversicolor*. *Turkish J. Mar. Sci.*, 7: 71-84.
- Bat, L., Bilgin, S., Gündoğdu, A., Akbulut, M. ve Çulha, M. 2001b. Individual and combined effects of copper and lead on the marine shrimp, *Palaemon adspersus* Rathke, 1837 (Decapoda: Palaemonidae). *Turkish J. Mar. Sci.*, 7: 103-117.
- Bat, L., Gökkurt, O., Sezgin, M., Üstün, F. ve Şahin, F. 2009. Evaluation of the Black Sea land based sources of pollution the coastal region of Turkey. *The Open Marine Biology Journal*, 3: 112-124.
- Bat, L., Sezgin, M., Üstün, F. ve Şahin, F. 2012a. Heavy Metal Concentrations in Ten Species of Fishes Caught in Sinop Coastal Waters of the Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12: 371-376.
- Bat, L. Şahin, F., Üstün, F. ve Sezgin, M. 2012b. Distribution of Zn, Cu, Pb and Cd in the Tissues and Organs of *Psetta maxima* from Sinop Coasts of the Black Sea, Turkey. *Marine Science*, 2(5): 105-109.
- Bat, L., Üstün, F. ve Gökkurt-Baki, O. 2012c. Trace element concentrations in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 caught from Sinop coast of the Black Sea, Turkey. *The Open Marine Biology Journal*, 6: 1-5.

- Bat, L., Üstün, F., Gökkurt Baki, O. ve Şahin, F. 2013a. Effects of some heavy metals on the sizes of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819. (F-2012-949): Fresenius Environmental Bulletin (FEB) 22 (7): 1933-1938.
- Bat, L., Şahin, F., Sezgin, M., Üstün, F., Gökkurt Baki, O. ve Öztekin, H.C. (2013b). Heavy metals in edible tissues of the brown shrimp *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758) from the Southern Black Sea (Turkey). J. Black Sea/Mediterranean Environment, 19 (1): 70-81.
- Bryan, G.W. 1984. Pollution due to heavy metals and their compounds. In: O. Kinne (Ed.), Marine Ecology. John Wiley and Sons Ltd., 5 (3): 1290-1430.
- Cairns, J.Jr. ve Mount, D.I. 1990. Aquatic toxicology: Part 2 of a four-part series. *Environ. Sci. Technol.*, 24: 154-161.
- COMMISSION REGULATION (EC) No 466/2001 of 8 March 2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
- COMMISSION REGULATION (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
- Council of Europe, 2001. Council of Europe's policy statements concerning materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. Policy Statement concerning materials and alloys. Technical Document. Guidelines on metals and alloys used as food contact materials. (09.03.2001), 67 pp., Strasbourg.
- De Nicola Gidudici, M., Migliore, L., Guarino, S.M. ve Gambardella, C. 1987. Acute and Long-term Toxicity to *Idotea baltica* (Crustacea, Isopoda). Mar. Poll. Bull., 18: 454-458.
- De Nicola, M., Cardelicchio, N., Gambardella, C., Guarino, S.M. ve Marra, C. 1992. Effects of Cadmium on Survival, Bioaccumulation, Histopathology and PGM Polymorphism in the Marine Isopod *Idotea baltica*. In: Ecotoxicology of Metals in Invertebrates (Eds.) R. Dallinger and P.S. Rainbow. A Special Publication of SETAC, pp. 103-116.
- FAO, 2010. The food consumption refers to the amount of food available for human consumption as estimated by the FAO Food Balance Sheets. <http://www.fao.org/home/en/>
- FAO/WHO, 2010. Summary report of the seventy-third meeting of JECFA. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva,
- Finney, D.J. 1971. Probit analysis. Cambridge University Press, London.
- Hill, I.R., Matthiessen, P. ve Heimbach, F. 1993. Guidance document on sediment toxicity tests and bioassays for freshwater and marine environments. Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC-Europe.
- Holmström, W.F. ve Morgan, E. 1983a. Variation in the naturally occurring rhythm of the estuarine amphipod, *Corophium volutator* (Pallas). J. mar. biol. Ass.UK., 63: 833-850.
- Holmström, W.F. ve Morgan, E. 1983b. Laboratory entrainment of the rhythmic swimming activity of *Corophium volutator* (Pallas) to cycles of temperature and periodic inundation. J. mar. biol. Ass.UK., 63: 861-870.
- Kocataş, A. 1996. Ekoloji ve çevre biyolojisi. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. 564 Sayfa.
- Lawrie, S. 1996. Swimming activity of the amphipod *Corophium volutator* (Pallas). Ph.D. Dissertation, University of Aberdeen, Scotland, U.K.
- Laws, E.A. 1981. Aquatic pollution. A Willey-Interscience publ., John Wiley and sons, Inc., New York.
- MAFF (Tarım, Ormanlık ve Balıkçılık Bakanlığı) (1995). Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal wastes at sea, of 1993, Directorate of Fisheries research, Lowestoft, Aquatic Environment Monitoring Report, No.44.
- Negilski D.S., Ahsanullah, M. ve Mobley, M.C. 1981. Toxicity of zinc, cadmium and copper to the shrimp *Callinassa australiensis*. II. Effects of paired and tried combinations of metals. Mar. Biol., 64: 305-309.
- Nugegoda, D. ve Rainbow, P.S. 198). Effect of a chelating agent (EDTA) on zinc uptake and regulation by *Palaemon elegans* (Crustacea: Decapoda). J. Mar. Biol. Ass. U.K., 68: 25-40.
- Nugegoda, D. ve Rainbow, P.S. 1989. Effects of salinity changes on zinc uptake and regulation by the decapod crustaceans *Palaemon elegans* and *Palaemonetes varians*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 51: 57-75.
- Nugegoda, D. ve Rainbow, P.S. 1995. The uptake of dissolved zinc and cadmium by the decapod crustacean *Palaemon elegans*. Mar. Pollut. Bull., 31(4-12): 460-463.
- Oakden, J.M., Oliver, J.S., Flegal, A.R. 1984. EDTA chelation and zinc antagonism with cadmium in sediment: effects on the behavior and mortality of two infaunal amphipods. Mar. Biol., 84: 125-130.

- Official Journal of the European Communities (22.12.2000). DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. L 327:1-72.
- Official Journal of the European Union (25.6.2008). DIRECTIVES DIRECTIVE 2008/56/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). L 164: 19-40.
- Official Journal of the European Union (24.12.2008). DIRECTIVES DIRECTIVE 2008/105/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000 / 60 / EC of the European Parliament and of the Council. L 348: 84-97.
- Official Journal of the European Union (2.9.2010). COMMISSION DECISION of 1 September 2010 on criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters. 2010/477/EU, L 232:14-24.
- Pesch, C.E. 1979. Influence of three sediment types on copper toxicity to the polychaete *Neantes arenaceodentata*. Mar. Biol., 52: 237-245.
- Pesch, C.E. ve Morgan, D. 1978. Influence of sediment in copper toxicity tests with the polychaete *Neantes arenaceodentata*. Water Res., 12: 747-751.
- Phillips, D.J.H. 1980. Quantitative aquatic biological indicators. Their use to monitor trace metal and organochlorine pollution. Applied Sci. Publ. Ltd., London.
- Phillips, D.J.H. ve Rainbow, P.S. 1994. *Biomonitoring of trace aquatic contaminants*. Environmental Management Series, Chapman & Hall, London.
- SedNet (European Sediment Research Network), 2004. Contaminated Sediments in European River Basins, Final Draft, Salomons, W., Brils, J. (Ed), TNO, the Netherlands. <http://www.sednet.org/>, (14.10.2008).
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1976. Part 800. Bioassay methods for aquatic organisms. 14th ed., Amer. Publ. Health Ass., Amer. Wat. Works Ass., Wat. Pollut., Fed., Washington DC. pp. 683-872.
- Swartz, R.C., DeBen, W.A., Jones, J.K.P., Lamberson, J.O. ve Cole, F.A. 1985. Phoxocephalid amphipod bioassay for marine sediment toxicity. In: Editörler: R.D. Cardwell, R. Purdy and R.C. Bahner. Aquatic Toxicology and Hazard Assessment: Seventh Symposium, ASTM STP 854, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA. pp. 284-307.
- TGK, 2002. Türk Gıda Kodeksi gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkında Tebliğ. Yayınlandığı R. Gazete: 23/09/2002- Sayı: 24885 Tebliğ No: 2002/63.
- TGK (2008). Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ. Yayınlandığı R. Gazete: 17.05.2008- Sayı: 26879, Tebliğ No: 2008/26.
- Thain, J., Matthiessen, P. Bifield, S. ve McMinn, W. 199). Assessing sediment quality by bioassay in UK coastal water and estuaries. Proceedings of the Scientific Symposium on the North Sea Quality Status Report, p.1-10.
- Thorp, V.J. ve Lake, P.S. 197). Toxicity bioassay of cadmium on selected freshwater invertebrates and interaction of cadmium and zinc on the freshwater shrimp, *Parotya tasmaniensis* Riek. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 25: 97-104.
- Topçuoğlu, S. 2005. Denizel Biota Örneklerinde Ağır Metal Kontaminasyonu. In: Güven, K. C., Öztürk, B.(Ed), Deniz Kirliliği Temel Kirleticiler ve Analiz Yöntemleri, TÜDAV Yayınları, İstanbul, s.205-223.
- U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Army Corps of Engineers, 1991. Evaluation of dredged material proposed for ocean disposal. Testing manual. EPA-503/8-91/001, Washington, DC.
- WHO, 1989. Evaluation of certain food additives and contaminants. Report of the Thirty-Third of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Technical Report Series No. 776. Geneva.
- WHO, 1996. Trace elements in human nutrition and health. ISBN 92 4 156173 4 (NLM Classification: QU 130). Geneva.
- WHO, 2000. Evaluation of certain food additives and contaminants. Report of the Fifty-Third of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Technical Report Series No. 896. Geneva.
- WHO, 2004. Evaluation of certain food additives and contaminants. Report of the Sixty-First of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Technical Report Series No. 922. Geneva.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Int., New Jersey, pp.718.