

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**NİKELİN *Daphnia magna* (Straus, 1820) (*Crustacea: Cladocera*) ÜZERİNE AKUT
TOKSİK ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Elif SARI

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2011**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NİKELİN *Daphnia magna* (Straus, 1820) (*Crustacea: Cladocera*) ÜZERİNE AKUT TOKSİK ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Elif SARI

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sibel ATASAĞUN

Bir ağır metal olan nikel toprakta, suda, havada kısaca her yerde bulunan yaygın bir elementtir. Bir çok endüstriyel üründe kullanılan nikel, sucul ekosisteme atmosferden, yağmur sularının yıkadığı topraktan, endüstriyel ve kentsel atıklarla ve erozyon aracılığıyla katılmaktadır. Bu çalışmada nikelin, bir sucul canlı olan, *Daphnia magna* üzerine 24 saatlik akut toksik etkisi araştırılmış ve LC₅₀ değeri probit analizi yöntemi ile belirlenmiştir. Yapılan deneyler neticesinde *D. magna* üzerine nikelin 24 saatlik LC₅₀ değeri 686 µg/L olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda Behrens-Karber yöntemiyle de 24 Saatlik LC₅₀ değeri hesaplanmış ve 670 µg/L olarak bulunmuştur. Bu iki yöntemin sonuçları karşılaştırıldığında değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Ocak 2011, 39 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Daphnia magna*, nikel, akut toksisite, LC₅₀

ABSTRACT

Master of Thesis

INVESTIGATION OF ACUTE TOXICITY OF NICKEL TO

Daphnia magna (Straus, 1820) (*Crustacea: Cladocera*)

Elif SARI

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sibel ATASAGUN

Nickel is a heavy metal which appears in soil, atmosphere and water, briefly it is a common element. Nickel is used in many industries and gets into aquatic ecosystem in many ways such as; from atmosphere and washed soil, with industrial and urban waste and because of erosion. In this study 24h acute toxicity of nickel to an aquatic organism *Daphnia magna* and LC₅₀ value evaluated with Probit Analysis method. 24h LC₅₀ estimated 686 µg/L, also it is found 670 µg/L with Behrens-Karber method. The two methods were found to be in good agreement.

January 2011, 39 pages

Key Words: *Daphnia magna*, nickel, acute toxicity, LC₅₀

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında mesleki bilgi ve tecrübesi ile maddi; güzel yüreğiyle manevi anlamda daima yanımda olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Sibel ATASAĞUN'a (A.Ü. Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü), kimyasal sıkıntımı gidermeme yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ'a (A.Ü. Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü), analizlerimi yapmamda ve fotoğraflarımı düzenlememde yardımcı olan ayrıca deneylerimin her aşamasında her türlü desteğiyle yanımda bulunan değerli dostum Arş. Gör. Şeyda FİKİRDEŞİCI'ye, tüm bu tez sürecinde her türlü sıkıntıma çözüm bulmaya çalışan ve daima desteklerini yanımda hissettiğim sevgili aileme ve laboratuvardaki arkadaşlarıma en içten dileklerle teşekkür ederim.

Elif SARI

Ankara, Ocak 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Nikel ile İlgili Genel Bilgiler.....	2
1.2 Cladocera.....	4
1.2.1 <i>Daphnia magna</i> 'nın sistematigi (Ustaoglu 2004)	5
1.2.2 <i>Daphnia magna</i> (Straus 1820) (<i>Crustacea: Cladocera</i>)	5
1.2.3 <i>Daphnia magna</i> 'nın anatomisi ve morfolojisi.....	6
1.2.4 <i>Daphnia magna</i> 'nın yayılış alanları	7
1.2.5 <i>Daphnia magna</i> 'nın beslenmesi.....	8
1.2.6 <i>Daphnia magna</i> 'nın büyüme ve gelişmesi.....	9
1.2.7 <i>Daphnia magna</i> 'nın üremesi	9
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1 Kültür Koşulları.....	14
3.2 Deney Yöntemi	14
3.2.1 Seyreltme suyunun hazırlanması.....	15
3.2.2 Stok çözeltinin hazırlanması	15
3.2.3 Deney çözeltilerinin hazırlanması.....	15
3.3 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	16
3.3.1 Ölüm oranı (P) hesaplanması	16
3.3.2 Probit analiz yöntemi	17
3.3.3 Behrens-Karber yöntemi	17
4. BULGULAR.....	18
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	21
KAYNAKLAR.....	24

EKLER	31
EK 1 Toksikoloji İle İlgili Genel Tanımlar	32
EK 2 <i>Daphnia magna</i>'nın nikel verilmeden önceki hali	34
EK 3 <i>Daphnia magna</i>'nın sağlıklı karapaks yapısı	35
EK 4 Nikelin 1000 µg/L konsantrasyonunda <i>Daphnia magna</i>'nın görünümü	36
EK 5 Nikelin 700 µg/L konsantrasyonunda <i>Daphnia magna</i>'nın görünümü	37
EK 6 Nikelin 550 µg/L konsantrasyonunda <i>Daphnia magna</i>'nın görünümü	38
ÖZGEÇMİŞ	39

SİMGELER DİZİNİ

μ	Mikron
μg	Mikrogram
%	Yüzde
‰	Binde
Σ	Genel toplam
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
Ca	Kalsiyum
CaCl_2	Kalsiyum klorür
CaCO_3	Kalsiyum karbonat
cm	Santimetre
cm^3	Santimetre küp
g	Gram
H_2O	Su
HNO_3	Nitrik asit
kg	Kilogram
KCl	Potasyum klorür
LC_{50}	Ortalama öldürücü konsantrasyon
LD_{50}	Canlıların yarısını öldüren doz
LD_{100}	Canlıların tamamını öldüren doz
L	Litre
m	metre
mg	miligram
ml	mililitre
mm	milimetre
Mg	Magnezyum
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Magnezyum sülfat heptahidrat
Na	Sodyum
NaHCO_3	Sodyum bikarbonat
Ni	Nikel
Ni^{2+}	Nikel iyonu

NiCl_2	Nikel klorür
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Nikel klorür hekzahidrat
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	Nikel nitrat
NiSO_4	Nikel sülfat
pH	Çözeltinin asitlik ya da bazlık derecesini veren ölçü birimi
vd.	ve diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 <i>Daphnia sp.</i> 'nin lateral görüntüsü.....	6
Şekil 4.1 <i>Daphnia magna</i> bireyleri için hesaplanan, nikelin 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği	20

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Nikel ile ilgili genel bilgiler	2
Çizelge 4.1 Nikel klorür hekzahidratın ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) farklı konsantrasyonlarının <i>Daphnia magna</i> bireyleri üzerine etkileri ve 24 saatlik ölüm oranı.	19
Çizelge 4.2 Nikelin <i>Daphnia magna</i> üzerine LC değerleri.....	19

1. GİRİŞ

Ağır metal terimi, yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda toksik veya zehirleyici olan metallerdir. Yerkabuğunun doğal bileşeni olan ağır metaller bozulmaz ve yok olmaz. Bu gruba nikel, kurşun, kadmiyum, krom, demir, bakır, arsenik ve cıva olmak üzere çok sayıda metal dahildir. Besinler, içme suyu ve hava aracılığıyla vücudumuza az miktarlarda giren bu elementler biyoakümülyasyon eğilimine sahip olmaları nedeniyle tehlikelidir (Anonymous 1993a).

Başlıca ağır metal kaynakları pestisitler, kimyasallar, maden ocakları, metal endüstrisi, termik santraller, cam sanayisi, çöp yakma tesisleridir. Bu metaller sıvı ya da katı atıklar, yağmur ve toz parçacıkları ile su ortamına taşınırlar. Havaya karışan ağır metaller önce karaya buradan da bitkiler aracılığıyla besin zincirine dahil olarak hayvan ve insanlara ulaşır. Besin zincirine katılan ağır metaller biyolojik ve kimyasal olarak bünyeden atılmaz ve birikir. Sucul ortamdaki organizmalarda düşük derişimlerde fizyolojik ve biyokimyasal fonksiyonlarda bozulmalar meydana getiren ağır metallerin yüksek derişimleri mortaliteye neden olabilmektedir (Kürkçü 2001).

Ağır metaller, çeşitli mineraller ve metal bileşikleri nehirler, göller, körfezler ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş bir yayılıma sahiptir. Bu ortamlarda doğal olarak bulunmalarının yanında insan faaliyetleri neticesinde oluşan endüstriyel atıklar ve asit yağmurlarının toprağı dolayısıyla bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ile de sucul ortamlara ulaşır. Çözünerek göl, ırmak ve yer altı suları ile su kaynaklarına karışan ağır metaller, aşırı derecede seyrelerek kısmen karbonat, sülfür, sülfat şeklinde katı bileşikler oluşturup su tabanına çöker ve bu bölgede birikmeye başlar. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan suların ağır metal konsantrasyonu devamlı artar (Kalay vd. 2004, Yazkan vd. 2004, Kahvecioğlu vd. 2004).

Sucul ekosistem için ağır metaller ciddi kirleticilerdir. Bunlar metabolik, fizyolojik ve yapısal bozulmalara neden olurlar (Tort vd. 1987). Ağır metaller canlıları doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde etkileyebilir. Doğrudan etkileme canlının vücudunda birikerek gerçekleşirken, dolaylı olarak etkileme besin zincirinde diğer trofik seviyeye

ulaşmasıyla meydana gelir. Ağır metallerin kalıcı olmalarının en ciddi sonucu besin zinciri boyunca artarak ilerlemeleridir (Ünlü ve Gümgüm 1993). Bu nedenle özellikle düzenli olarak tüketilen yiyeceklerin ve içme sularının içerebileceği maksimum konsantrasyonlar yasal kuruluşlar tarafından belirlenmiştir (Kahvecioğlu vd. 2004).

Sudaki canlılarda ağır metaller, absorpsiyon ve beslenme yoluyla birikebilmekte; ancak birikim oranı canlının yaşına, türüne, yaşadığı ortama göre değişebilmektedir (Say ve Sarıeyyüpoğlu 1991). Suyun sıcaklığı, çözünmüş oksijen miktarı, ışık, tuzluluk ve pH gibi faktörler ağır metallerin etki mekanizmalarını ve birikimini değiştirmektedir. Organizmalar yaşam ve beslenme özelliklerine bağlı olarak aynı metali farklı şekilde biriktirebilmektedir (Mikac ve Picer 1995).

Belirli bir zaman aralığında, deney canlılarının %50'sini öldüren kimyasal maddenin miktarı letal konsantrasyon (LC₅₀) olarak ifade edilir. Bu çalışmada nikelin *Daphnia magna* (Straus 1820) (*Crustacea: Cladocera*) üzerine letal konsantrasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.1 Nikel ile İlgili Genel Bilgiler

Çizelge 1.1 Nikel ile ilgili genel bilgiler

Sembol	Ni
Grup	8B (Geçiş elementi)
Atom Numarası	28
Atom Ağırlığı	58,6934 g/mol
Erime Noktası	1453 °C
Kaynama Noktası	2732 °C
Proton ve Elektron Sayısı	28
Nötron Sayısı	31
Yoğunluk	8,908 g/cm ³
Renk	Gümüş-beyaz

İsveçli bir mineralojist olan Axel Cronstedt tarafından 1751 yılında bulunan nikel, gümüşümsü beyaz renkli sert bir metaldir. Toprakta eser element olarak bulunan nikel, genelde pentlandit içinde demir ve kükürt ile, nikelinin içinde arsenik ile birlikte bulunur. Bulunuşundan sonra nikel özellikle alaşım yapımında kullanılmaya

başlanmıştır. Günümüzde elektrolit kaplamada, alkali pillerde, madeni para, kaynak ürünleri, elektrotlar, mıknatıslar, elektrik fişleri, makine parçaları, tıbbi protezler ve takı yapımında ayrıca renkli camların boyanmasında kullanılmaktadır (Habashi 1997, Anonymous 2001, Kartal vd.2004).

Atmosferdeki nikel, fosil yakıtların yakılması, nikel madeninin işlenmesi ve rafinesi, belediye atık insineratörleri sonucu meydana gelen nikel sülfat (NiSO_4) ile oluşur. Nikel bileşikleri pratikte suda çözünmez; suda çözünebilen tuzları nikel klorür (NiCl_2), nikel sülfat (NiSO_4) ve nikel nitrat ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$)'tır (Vural 2005, Boğa 2007).

Nikelin sudaki varlığı doğal ve antropojenik yollardan kaynaklanır. Kum taşı, kil minerallerinde bulunabilen nikel bunların aşınmasıyla ve toprak erozyonu neticesinde doğal olarak sucul ortamda bulunurken; termik santraller, atık yakma tesisleri ve metal endüstrisinin atıklarını suya boşaltmasıyla insan kaynaklı yollardan suya katılır (Anonymous 1993b, Demiralay 2007).

Yerkabuğunda 58-94 mg/kg arasında değişen nikel miktarı kayalarda 2-60 mg/kg, çiftlik toprağında 5-500 mg/kg ve kömürde 2 g/kg olarak saptanmıştır. Amerika'da yapılan çalışmalarda sudaki doğal nikel miktarı 4,8 $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. Günlük nikel alımının yarısı ekmek, içecek ve tahılların tüketilmesiyle olmaktadır. Besinlerle günlük 150 μg 'dan az nikel alınması tavsiye edilmektedir. İçme suyunda çeşitli standartlara göre kabul edilebilir nikel miktarı; Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nın 1993 yılı ve Avrupa Birliği (EU)'nin 1998 yılı verilerine göre 0,02 mg/L (20 $\mu\text{g/L}$) (Anonymous 1993c, Anonymous 1996, Boğa 2007).

Nikel, Çevre Koruma Ajansı (EPA, U.S. Enviromental Protection Agency) tarafından 129 önemli kirleticiden ve 14 önemli zehirli ağır metalden biri olarak sınıflandırılmıştır. Bunun yanında nikel, insan sağlığını tehdit eden zehir niteliği taşıyan 25 önemli bileşik arasında da sayılmaktadır. Çevre koruma ajansı (EPA), nikelin çeşitli bileşiklerini kanserojen etkilerine göre gruplandırmıştır (Anonymous 1986a).

NiSO₄ ve NiCl₂ gibi çözünebilen nikel tuzlarının sindirilmesinin sindirim sisteminde irritasyona neden olabileceği bundan dolayı mide bulantısı, kusma, karın ağrısı ve ishalin meydana gelebileceği tespit edilmiştir. Yine nikel tuzlarının beslenme ile alınması baş dönmesi, halsizlik, baş ağrısı, öksürük ve nefes darlığının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Sunderman vd. 1988, Anonymous 1991, Anonymous 2005).

Nikel ve nikel bileşiklerinin teratojenik, karsinojenik ve üreme üzerine etkisi olduğu çalışmalarla kesinleşmiştir. İnsanda yapılan epidemiyolojik çalışmalar ile deney hayvanlarında yapılan testler suda çözünebilen nikel bileşiklerinin burun (nazal), akciğer ve karaciğer kanserlerinin oluşumunda etkili olduğunu göstermiştir (Vural 2005, Anonymous 2006). Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC), nikel bileşiklerini “Grup 1 insan karsinojeni” olarak; nikel metalini “Grup 2B olası insan karsinojeni” olarak değerlendirmiştir (IARC 1990).

1.2 Cladocera

Yaklaşık 400 kadar türü bulunan bu grubun geneli mikroskobik canlılardır. Cladocera’ya ait türlerin çoğu tatlı sularda yaşar. Bununla birlikte küçük su birikintilerinde, gölcüklerde, akarsuların durgun bölgelerinde, acı ve tuzlu göllerde, yayılış gösteren türlere sahiptir (Goldman ve Horne 1983, Demirsoy 1992, Tanyolaç 2000).

1.2.1 *Daphnia magna*'nın sistematiki (Ustaoglu 2004)

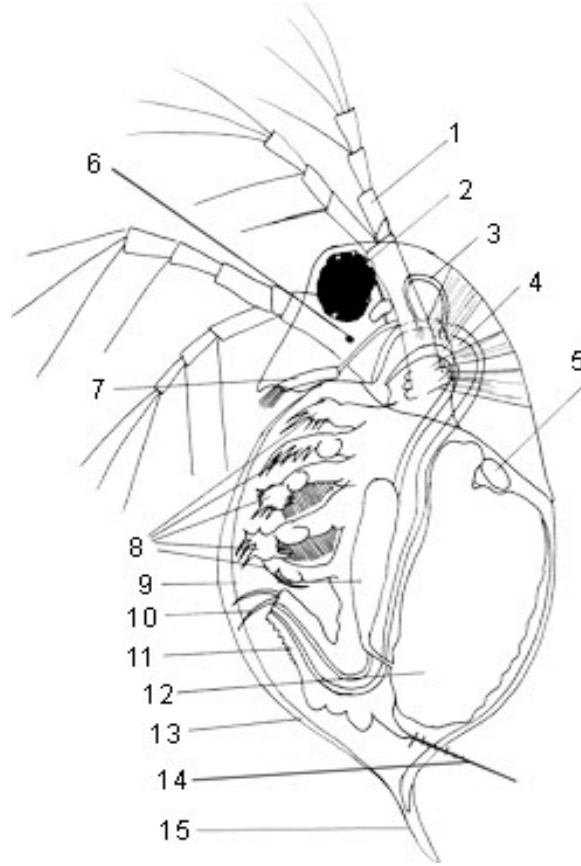
Phylum	:	Arthropoda
Subphylum	:	Crustacea
Classis	:	Branchiopoda
Subclassis	:	Phyllopoda
Ordo	:	Diplostraca
Subordo	:	Cladocera
Familia	:	Daphniidae
Genus	:	Daphnia
Species	:	<i>Daphnia magna</i> (Straus 1820)

1.2.2 *Daphnia magna* (Straus 1820) (Crustacea: Cladocera)

Daphnia sp. pire gibi zıplamalarından dolayı su piresi şeklinde adlandırılan tatlı su kabuklusu bir omurgasızdır. Bu canlı, dünya üzerinde geniş bir dağılıma sahiptir. *Daphniidae* familyasının en önemli üyesi, protein ve esansiyel yağ asitleri bakımından zengin olan *Daphnia sp.*, doğal ortamlarında tatlı su balıklarının en önemli besin kaynağını oluşturmaktadır. Besin değeri türe ve yaşa göre farklılık göstermekle birlikte kuru ağırlığının yaklaşık %50'si proteinden meydana gelir. Besleyici yapıları nedeniyle balık yetiştiricileri tarafından da canlı yem olarak kullanılmaktadır. Özellikle *Percidae*, *Cyprinidae*, *Esoxidae* familyaları larva dönemini izleyen aktif yavru dönemlerinde canlı besin kaynağına gereksinim duymaktadır (Cirik ve Gökpınar 1993).

Sucul ekosistemin besin zincirinin önemli bir parçası olan su pireleri, hızlı büyüme oranı, yüksek üreme potansiyeli, kısa yaşam döngüsü ve indikatör özelliğe sahip olmasından toksikolojik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Persoone ve Janssen 1993, Lilius vd. 1994, Martins vd. 2007, Altındağ vd. 2008).

1.2.3 *Daphnia magna*'nın anatomisi ve morfolojisi



Şekil 1.1 *Daphnia sp.*'nin lateral görüntüsü (Anonymous 2004)

1- Anten, 2- Birleşik göz, 3- Enzim bezi, 4- Özafagus, 5- Kalp, 6- Nauplius gözü, 7- Antenül, 8- Yüzme bacakları, 9- Ovaryum, 10- Postabdominal tırnak, 11- Postabdomen, 12- Kuluçka odacığı, 13- Karapaks, 14- Postabdominal seta , 15- Spin

Büyüklikleri 0,2-3 mm arasında değişen *Daphniidae* ailesinde genellikle dişi bireyler erkeklere nazaran daha büyüktür (Demirsoy 2001). Belirgin bir başa sahip olan Cladocera bireylerinde vücut kütikular bir çift karapaks içinde yer alır. İki karapaksın arasında bulunan ve vücut uzantılarını taşıyan kısım, abdomen (karın) ve torax (göğüs) olmak üzere iki bölüme ayrılır. Vücutları yanlardan basık olan Cladocera'larda vücudun ventralinde her iki kabuğun uzantısından oluşan tek bir diken mevcuttur (Edmondson 1959, Erençin ve Köksal 1981).

Duyu organlarının en önemlisi gözlerdir. Bileşik gözler mediyan çizgi üzerinde birbiriyle birleşerek bir tek büyük göz haline gelmişlerdir. Bu göz, özel kaslar aracılığı ile devamlı titreme hareketi yapar. Çoğunda beynin ventralinde yer alan nauplius gözü körelmiştir (Demirsoy 2001).

Başta 5 çift uzantı bulunmaktadır. Birinci çift seksüel dimorfizm gösteren çubuk şeklindeki antenüllerdir. Bunlar duyu tüyleri ve koklama duyası kıllarını taşırlar ve bir ya da daha fazla sayıda lateral duyu kılları şeklindedir. İkinci çift hareket organeli olan antenlerdir. Kalan üç çift ise besin almada kullanılan uzantılardır (Cirik ve Gökpınar 1993).

Cladocera üyelerinde karapaksın iç duvarı ve ayaklar gaz değişiminde rol oynayarak solunumu sağlarlar. Karapaksın ön ucunda bulunan yassı bir organ olan maksillar (kabuk bezi) boşaltım ve osmoregülasyonda görevlidir (Edmondson 1959).

Başın hemen gerisinde, sırt kısmında bulunan kalp bir çift ostiyuma sahip oval ya da uzunca bir kese şeklindedir. Genelde renksiz olan kan, çok iyi beslenmiş olanlarda kırmızıdır ve bundan dolayı bu canlılarda tüm vücut kırmızı görünmektedir. Cladocera'larda kalp dakikada 120 kez atmaktadır (Edmondson 1959, Demirsoy 1998).

1.2.4 *Daphnia magna*'nın yayılış alanları

Genellikle tatlı sularda az bir kısmı ise tuzluluğu ‰4-20 arasında değişen iç sularda ve deniz kıyılarında yaşar ancak denizlerde bulunmazlar (Demirsoy 2001).

Daphniidae familyasına ait olan türler çok geniş bir alana yayılmış olup, kuzey ve güney yarım kürede bulunan göller, nehirler, havuzlar, rezervuarlar gibi tatlı su birikintilerinde yaşamaktadır. Sığ ve vejetasyonu zengin olan göllerde daha fazla tür bulunmaktadır. Bu canlılar genellikle littoral kesimde bulunurlar (Erençin ve Köksal 1981). Bu familyanın üyeleri organik maddelerin dekompozisasyona uğradığı sularda çok yüksek miktarda bulunabilmektedir. Özellikle büyüme koşullarının optimum

olduğu periyotlarda geçici sularda sayıları oldukça fazla olabilmektedir (Cirik ve Gökpınar 1993).

Alpbaz ve arkadaşları (1989), 22-24 °C su sıcaklığında iyi geliştiklerini belirtmiştir. Ancak kuzey bölgelerde sığ sularda bulunan birkaç soğuk su türü de bulunmaktadır (Wetzel 1975).

1.2.5 *Daphnia magna*'nın beslenmesi

Sindirim sistemi ağızla başlar. Ağızın gerisinde bir çift küçük ve küt mandibul bulunur. Bundan sonra bir çift maksil yer alır. Yassılaştırmış bacaklar 5 çifttir ve uçları çatallıdır. Bacaktaki kıllar vasıtasıyla su akıntısı sonucu süzülen mikroorganizmalar mandibul aracılığı ile ağza gönderilir. Basit yapıdaki sindirim sistemi kısa bir özafagus ile orta bağırsağa açılır. Uzun sindirim borusu vücut şekline uygun kıvrımlar yaparak kısa olan son bağırsağa ulaşır ve son segmentte anüsle dışarı açılır (Demirsoy 1998).

Besinlerini filtre ederek alan Cladocera'larda besin partikülleri toraxa bağlı 5 çift ayakla alınır. Bu yassı ayaklar üzerinde yer alan tüy ve kıllar su sirkülasyonunu sağlar. Ritmik hareketlerle besin partikülleri tutularak bacaklar arasında yer alan ventral besin oluklarında süzülerek toplanır. Burada ağız salgısı ile karşılaşan besin, bununla birlikte öğütölmek üzere maksiller tarafından mandibullar arasına itilir. Öğütölen besinler yemek borusuna geçer (Wetzel 1975).

Cladocera üyeleri genellikle besinlerini seçmeden alır. Alg, bakteri, protozoa ve detritus gibi besinlerle beslenirler. Bu besin yelpazeleri nedeniyle doğada farklı nitelikte geniş bir besin kaynağına sahiptirler (Boersma ve Vijverberg 1996, Lurling ve Donk 1996). Besinin Cladocera'lar için kalitesini belirleyen etmenler; besin maddesinin morfolojisi, sindirilebilirliği, besinsel değeri ve muhtemel toksik bileşimleridir (Repka 1997, Lurling vd. 1997).

1.2.6 *Daphnia magna*'nın büyüme ve gelişmesi

Cladocera'larda büyüme birbirini takip eden olaylar ile meydana gelir. İlk olarak kuluçka kesesinde yumurtalar oluşur. Yumurtalar olgunlaşıp dışarı atıldıktan sonra kabuk değiştirme başlar. Kabuk değişiminden sonra büyüme gerçekleşir (Geldiay 1970).

Büyüme ve gelişme; besin tipi, besin niceliği ve niteliği, rekabet, predatör baskısı, suyun kimyasal özelliği ve sıcaklık gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Cowgill vd. 1986, Glazier 1992, Gliwicz ve Guisande 1992, Klüttgen vd. 1996). Sıcaklık bireyin büyüme, üreme, eşeyssel olgunluğa ulaşma yaşı ve boyu, yaşam süresi gibi fizyolojik faktörler üzerine etkilidir. *Daphnia magna*'da ortalama ömür uzunluğu 8 °C'de 108, 10 °C'de 88, 18 °C'de 42 ve 28 °C'de 26 gün olduğu belirtilmektedir (Erençin ve Köksal 1981).

1.2.7 *Daphnia magna*'nın üremesi

Cladocera bireylerinde eşeyli ve eşeysiz üreme görülür. Çok yoğun olarak bulundukları ortamlarda, popülasyonun eşeysiz üreyen dişilerden oluştuğu görülmüştür. Cladocera'lar optimal koşullarda her 2,5-3 günde bir yeni yumurtlama dönemine girmektedir. Yaşamı boyunca bir dişi 25 yeni yumurtlama dönemine girebilmektedir (Cirik ve Gökpınar 1993).

Genellikle partenogenetik olan üreme seksüel üreme ile kesilinceye kadar devam etmektedir (Wetzel 1975). Partenogenetik üreme döneminde oluşan yumurtalara subitan yumurtalar ya da yaz yumurtaları denilmektedir. Ana hayvanın kuluçka odacığında hızla gelişen bu yumurtalar ince kabukludur. Bazı bireylerde yaz yumurtaları kuluçka odacığına salınan albuminli bir sıvı ile beslenmektedir (Demirsoy 2001).

Kuraklık, kısa fotoperiyot, düşük sıcaklık, besin kalitesi ve miktarında azalma, rekabet ve aşırı popülasyon yoğunluğu gibi uygun olmayan koşullarda partenogenetik yumurta üretimi azalır (Hülsman 2001, Rose vd. 2002, Abrantes ve Gonçalves 2003).

Olumsuz koşullarda ortamda erkek bireyler görülür. Erkekler bir veya iki gonofora sahiptir ve kopulasyon organ  olarak görev yapar. Dişilerle  iftleşerek etrafı koruyucu bir zar ile örtülü büyük yumurtaların oluşmasını sağlarlar (Lavens ve Sorgeloos 1996). Meydana gelen bu yumurtalara k ş yumurtası ya da latent yumurtalar denilmektedir. Bunlar ancak d llendikten ve bir dinlenme süresi geçirdikten sonra gelişmeye başlayabilir. K ş yumurtalarının sayısı oransal olarak azdır. Soğuğa ve kuraklığa dayanıklı olan k ş yumurtaları bu şekilde olumsuz koşulları atlatabilir. Buna karşın yaz yumurtaları koşulların uygun olduğu dönemlerde fazla materyal ve zaman kaybetmeden, mümkün olduğu kadar çok birey meydana getirilerek bu şekilde türün yayılmasını sağlar (Demirsoy 2001).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bringmann ve Kuhn (1959), atık suların bakteri, alg ve küçük *Crustacea* bireyleri üzerine toksik etkisini araştırmış ve *Daphnia magna* için nikelin toksisite eşik değerini 6 mg/L olarak tespit etmiştir.

Pickering ve Henderson (1964), farklı tür sıcak su balıkları üzerine bazı ağır metallerin akut toksik etkisini araştırmıştır. Bu çalışma neticesinde akut toksisite aralıklarını çinko için 0,78-33,4 mg/L, bakır için 0,022-1,76 mg/L, nikel için 4,45-44,5 mg/L, kurşun için 5,58-482 mg/L ve kadmiyum için 0,63-73,5 mg/L olarak tespit etmişlerdir.

Pickering (1974), *Pimephales promelas* (iribaş golyan balığı) üzerine nikelin kronik toksisitesini belirlemeye çalışmıştır. 30 gün boyunca yaptığı deneylerde 1,6 mg/L, 0,73 mg/L, 0,38 mg/L, 0,18 mg/L ve 0,082 mg/L nikel konsantrasyonlarında yumurtlama sürecini gözlemlemiştir. Bu çalışma neticesinde en yüksek konsantrasyonlar olan 1,6 mg/L ve 0,73 mg/L'de bulunan dişilerin meydana getirdiği ortalama yumurta sayısının oldukça azaldığını görmüştür. Ayrıca iribaş golyan balığı üzerine nikelin akut toksik etkisini de araştırmış ve 96 saatlik LC₅₀ değerini 27 mg/L olarak tespit etmiştir.

Khargarot ve Ray (1987) *Daphnia magna* ve *Salmo gairdneri* (gökkuşağı alabalığı) üzerine ağır metallerin akut toksik etkisini karşılaştırmıştır. Bu çalışma açıkça her iki canlının LC₅₀ değerlerinin ilişkili olduğunu göstermiştir.

Tatlı su salyangozu *Lymnaea luteola*'nın ağır metallere karşı duyarlılığı araştırılmış ve bu canlı üzerine en toksik ağır metalin gümüş, orta derecede toksik ağır metallerin civa, bakır, nikel, kadmiyum ve çinko, toksisitesi en az olan ağır metalin krom olduğu saptanmıştır (Khargarot ve Ray 1988).

Darmono (1990) *Penaeus merguensis* türü karideslerde kadmiyum ve nikel birikimini incelemiştir. Nikelin en çok hepatopankreasta daha sonra solungaçlarda ve kaslarda biriktiğini tespit etmiştir.

Kszos ve arkadaşları (1992) *Ceriodaphnia dubia* ve *Daphnia magna* üzerine nikelin toksik etkisini araştırmıştır. Deneyler doğrultusunda *Daphnia magna*'nın *Ceriodaphnia dubia*'ya nazaran nikel toksisitesine karşı daha dayanıklı olduğu ortaya çıkmıştır.

Krom, bakır, nikel ve çinkonun Cladocera üyesi *Moina macrocopa*'nın yaşam süresi ve üremesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ortalama yaşam süresini %50 azaltan konsantrasyonlar krom için 0,35 mg/L, bakır için 0,15 mg/L, nikel için 0,50 mg/L ve çinko için 0,70 mg/L olarak belirlenmiştir. Üreme hızını düşüren değerler ise krom için 0,35 mg/L, bakır için 0,08 mg/L, nikel için 0,50 mg/L ve çinko için 0,70 mg/L olarak saptanmıştır (Wong 1993).

Sprague (1995), su sertliği arttıkça (10-500 mg/L CaCO₃) metal toksisitesinde azalma meydana geldiğini gözlemlemiş ancak bu değişimin kompleks olduğunu, bu nedenle alkalite ve pH ile de bağlantılı olabileceğini ifade etmiştir.

Sankaramanachi ve Qasim (1999), çeşitli ağır metaller ile yaptıkları toksisite deneyleri neticesinde *Daphnia magna* için nikelin 48 saatlik LC₅₀ değerini 0,74 mg/L (0,53-0,94 mg/L, %95 güven aralığında) bulmuşlardır.

Nikel ile kirlenmiş tatlı sularda çözünmüş nikel çoğunlukla serbest nikel iyonu (Ni²⁺) ve kararsız nikel bileşikleri halinde bulunmaktadır. Kalsiyum ve magnezyumun varlığı çözünmüş organik karbona bağlı nikelin, toksik olan Ni²⁺ iyonu şeklinde salınmasına neden olmaktadır. Ana kayada bulunan kalsiyum ve magnezyum karbonatın asit yağmurlarıyla çözünerek sulcul ekosisteme katılması, toksik nikel iyonu oluşumunu daha da arttırmaktadır (Mandal vd. 2002).

Phillips ve arkadaşları (2003) mor deniz kestanesi larvaları üzerine kadmiyum, bakır, nikel ve çinko karışımının toksik etkisini araştırmış ve bakır-nikel, çinko-nikel, bakır-nikel-çinko ve kadmiyum-bakır-nikel-çinko karışımlarının sinerjistik (birbirlerinin etkisini arttırıcı) etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Neomysis integer türü karides üzerinde tuzluluğa bağlı çeşitli metallerin toksisite değişimleri incelenmiştir. Civa, kadmiyum, bakır, çinko, nikel ve kurşunla yapılan çalışmalar neticesinde tuzluluk %5'ten %25'e çıkarıldığında her metalin toksisitesinin azaldığı saptanmıştır. Nikel için 96 saatlik LC₅₀ değeri; %5 tuzlulukta 765 µg/L iken %25 tuzlulukta 1042 µg/L olarak belirlenmiştir (Verslycke vd. 2003).

Keithly ve arkadaşları (2004) *Ceriodaphnia dubia*'nın, 2004 senesine kadar akut ve kronik nikel toksisitesi bakımından test edilmiş türler içerisindeki en hassas tür olduğunu tespit etmiştir.

Wong ve Pak (2004) tatlı su kopepodu *Mesocyclops pehpeiensis* üzerine bakır, krom, çinko ve nikelin tek başlarına ve karışım halindeki etkilerini araştırmıştır. 48 saatlik LC₅₀ değerlerini; krom 510 µg/L, bakır 75 µg/L, nikel 1191 µg/L ve çinko 240 µg/L olarak bulmuştur. Bu metallerin karışımındaki toksik etkileri aditif (toplanan etki) olarak saptanmıştır.

Nussey ve arkadaşları (2006) metal birikiminin balığın boyuyla ters orantılı olduğunu gözlemlemiştir. Küçük balıkların metabolik hızları daha fazla olduğundan büyük balıklara oranla daha hızlı metal birikimi yaptığını belirtmiştir.

Catla catla, *Labeo rohita* ve *Cirrhina mrigala* balıklarının nikel için 96 saatlik LC₅₀ değerleri sırasıyla: 20 mg/L, 30 mg/L ve 45 mg/L olarak saptanmıştır (Javid vd. 2007).

Deleebeeck ve arkadaşları (2007) yumuşak sularda (sertliği 10 mg CaCO₃/litre' den az) yaşayan Cladocera'ların sert sularda yaşayanlara (sertliği 25 mg CaCO₃/litre' den fazla) oranla nikel karşı daha hassas olmadığını tespit etmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Anabilim Dalı Algoloji Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

3.1 Kültür Koşulları

Daphnia magna için kültür koşulları ISO-6341 prosedürüne göre hazırlanmıştır (Anonim 1999). Kültüre alınacak olan test organizması *Daphnia magna* Antalya Kepez Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiş ve laboratuvarında 30 litrelik akvaryumlara alıştırılmıştır. Daphnidler için saf su ortamı Millipore Milli-Q ultra saf su sistemi (Milli-Di, France) kullanılarak hazırlanmıştır. Sudaki çözünmüş oksijen ve sıcaklık değerleri için YSI 51 B tip oksijenmetre; pH ölçümü için WTW (Wissenschaftlich-Technische Werkstater) 340-A/SET 1 marka pH metre; konduktivite için WTW LF 92 aleti kullanılmıştır. Akvaryumlarda sıcaklık $20,2 \pm 1,3$ °C, çözünmüş oksijen seviyesi 6 mg/L ve elektriksel iletkenlik 250 μ S/cm olarak sabitlenmiştir. Akvaryumlar 12 saat aydınlık 12 saat karanlık olacak biçimde aydınlatılmıştır.

3.2 Deney Yöntemi

Daphnia magna'nın (Straus 1820) (*Crustacea: Cladocera*) deneye hazırlanması: Biyodeneye başlamadan önce, belirli üretim şartlarında partenogenez ile elde edilmiş organizmaların, en az üçüncü nesil ve yaşının 24 saatten küçük olmasına özen gösterilmiştir. Yumurtlamaya hazır bireyler, taze seyreltme suyu ile kaplara aktararak 24 saat içerisinde yeni çıkmış olan bireyler toplanmıştır. Deney süresince hayvanlar kesinlikle beslenmemiştir (Anonim 1999).

Biyodeneyde toksik madde olarak Nikel klorür heksahidrat ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kullanılmıştır. Deney boyunca kullanılan deney tüpleri kimyaca inert bir materyalden yapılmış ve tüm materyaller %10 Nitrik asit (HNO_3) ile temizlenmiş ve kullanımdan önce en az 3 kez saf su ile durulanmıştır.

Analitik saflıktaki reaktiflerin bilinen miktarları, iletkenliği en fazla 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olan damıtık su, yer altı suyu veya eşdeğer saflıktaki iyonları giderilmiş suda çözünmüştür. Hazırlanan seyreltme suyunun pH'ının $7,8 \pm 0,2$, sertliğinin $250 \text{ mg/L} \pm 25 \text{ mg/L}$ (CaCO_3 sertliği olarak), Ca/Mg molar oranının yaklaşık 4/1 ve çözünmüş oksijen derişiminin 7 mg/L'nin üzerinde olmasına dikkat edilmiştir.

3.2.1 Seyreltme suyunun hazırlanması

Sodyum bikarbonat çözeltisi: Sodyum bikarbonatın (NaHCO_3) 2,59 g'ı, damıtık veya iyonları giderilmiş suda çözünür ve bir litreye seyreltilir.

Potasyum klorür çözeltisi: Potasyum klorürün (KCl) 0,23 g'ı, damıtık veya iyonları giderilmiş suda çözünür ve bir litreye seyreltilir.

Kalsiyum klorür çözeltisi: Kalsiyum klorür ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) çözeltisinin 11,76 g'ı damıtık veya iyonları giderilmiş suda çözünür ve bir litreye seyreltilir.

Magnezyum sülfat çözeltisi: Magnezyum sülfat hepdahidratın ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 4,93 g'ı damıtık veya iyonları giderilmiş suda çözünür ve bir litreye seyreltilir.

Bu dört çözeltinin her birinden 25 ml karıştırılır ve toplam hacim, damıtık veya iyonları giderilmiş su ile bir litreye tamamlanır.

3.2.2 Stok çözeltinin hazırlanması

Stok çözelti, toksik madde olarak kullanılan Nikel klorür hekzahidrat ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)'ın bilinen miktarının cam bir kapta belli hacimde seyreltme suyu, damıtık su ya da iyonları giderilmiş suda çözülmesi ile hazırlanmıştır.

3.2.3 Deney çözeltilerinin hazırlanması

Seyreltme suyuna belli miktarda stok çözeltinin ilavesiyle hazırlanmıştır.

Biyodeneye başlamadan önce toksisite sınır tespit deneyi aracılığıyla konsantrasyon aralığı belirlenmiştir. Deney çözeltisi deney kaplarına hacimleri giderek artacak şekilde konulmuş ve deney için gereken derişimi sağlamak amacıyla seyreltme suyu eklenmiştir. Ön deney neticesinden yararlanarak en küçük değerdan başlayarak aritmetik olarak artacak şekilde konsantrasyonlar saptanmıştır (Anonim 1999).

Biyodeneyde toksik maddenin her konsantrasyonu için deney kaplarının her birine 20 adet *Daphnia magna* konulmuştur. Bununla birlikte deneyin yapıldığı şartlarda ve zamanda yürütölen kontrol grubu ve bu grupta da 20 adet *D. magna* kullanılmıştır.

Toksisite deneyi mümkün olan en süratli şekilde ve numune alımından itibaren 6 saat içerisinde gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde statik akut deney yönteminden faydalanılmıştır. Bu yöntemde, deney hayvanları ve deney çözeltisi deney tüplerine alınarak deney süresince beklenmiştir. Toksik maddenin her derişimi için deney 3 kez tekrarlanmıştır.

24 saatlik deney periyodu sonunda, her bir kaptaki hareketli *Daphnia magna* sayılmıştır. Ortamın hafifçe karıştırılmasından sonra hareketsiz bireyler ölü olarak kabul edilmiştir.

Deneye başlamadan önce Leica marka fotoğraf makinesi ile sağlıklı bireylerin ve toksik maddeye maruz kalmış bireylerin fotoğrafları çekilerek aralarındaki farklar tespit edilmiştir.

3.3 Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Deney sonuçları Anonim (1999) tarafından belirtilen ölüm oranı formölü, probit analiz yöntemi (SPSS 17.0) ve Behrens-Karber metodu aracılığıyla hesaplanmıştır.

3.3.1 Ölüm oranı (P) hesaplanması

P: Ölüm sayısı $\times$ 100 / Kullanılan toplam canlı sayısı

3.3.2 Probit analiz yöntemi

Probit analiz yöntemi, çok çeşitli alanlarda doz-yanıt deneylerinin ve iki değişkenli deneylerin analizi için kullanılan bir regresyon türüdür. Probit tabloları kullanılarak, probit formülü ile veya SPSS istatistik analiz programları aracılığıyla hesaplanabilir (Vincent 2010).

3.3.3 Behrens-Karber yöntemi

Elde edilen veriler Behrens-Karber metodu aracılığıyla da hesaplanmıştır (Klassen 1991).

$$LD_{50}: LD_{100} - (\sum ab / n)$$

LD_{100} : Deney canlısını öldüren doz

LD_{50} : Canlıların yarısını öldüren doz

a: Birbirini izleyen iki doz arasındaki fark

b: Birbirini izleyen iki dozdan ileri gelen ölümlerin aritmetik ortalaması

n: Her gruptaki canlının sayısı

4. BULGULAR

Bu çalışmada yaşı 24 saatten küçük olan *Daphnia magna* bireyleri üzerinde, nikelin 24 saatlik LC₅₀ değeri, statik biyodeneş sistemi kullanılarak probit analizi metodu ile hesaplanmıştır.

Biyodeneşde deneyin yapıldığı şekil ve şartlarla birlikte bir kontrol grubu da yürütülmüştür. Her kontrol grubuna deney ortamıyla aynı sayıda, 20 adet, *Daphnia magna* konulmuş ve deney boyunca kontrol grubundaki bireyler ile nikel maruz kalan bireyler arasındaki değişimler gözlemlenmiştir.

Deney sırasında kontrol grubunda herhangi bir davranış bozukluğu ya da ölüm meydana gelmezken; yüksek konsantrasyonda nikel maruz kalan bireylerde ani ölümler ve irkilmeler gözlemlenmiş, toksik madde konsantrasyonu düştükçe bireylerin dirençlerinin arttığı tespit edilmiştir.

ISO (Anonim 1999)'ya göre belirtilen aşamalardan ilki ön deneydir. Ön deney aşamasında; nikel klorür heksahidratın (NiCl₂.6H₂O) 1 gramı, 1000 mg/L'de hazırlanmış, ve standartta belirtilen 10 konsantrasyon seçilmiş, canlı sayısı 20'şer adet olarak belirlenmiş ve deney 3 kez tekrarlı olmak üzere toplam 60 canlı kullanılmıştır.

Ön deney neticesinde tüm canlıları öldüren doz ile minimum etki gösteren dozlar belirlenmiş ve bu dozlara 3 adet ara konsantrasyon eklenerek belirleyici deney kısmına başlanmıştır. Belirleyici deney de 3 tekrarlı yapılarak her konsantrasyonda ölen canlıların ölüm oranı hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

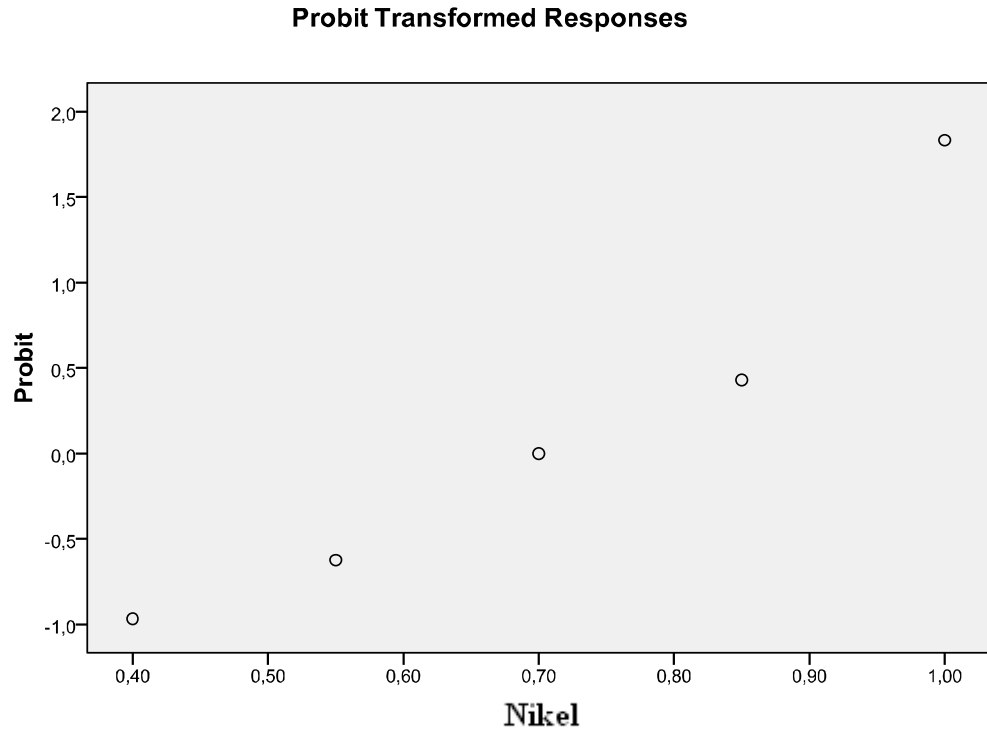
Çizelge 4.1 Nikel klorür heksahidratın ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) farklı konsantrasyonlarının *Daphnia magna* bireyleri üzerine etkileri ve 24 saatlik ölüm oranı

Konsantrasyon ($\mu\text{g/L}$)	Canlı Sayısı	Ölen Canlı Sayısı	% Ölüm Oranı (P)
Kontrol	60	0	0
1000	60	58	97
850	60	40	67
700	60	30	50
550	60	16	27
400	60	10	17

Bu verilerden yararlanarak probit analizi ile 24 saatlik regresyon grafiği (konsantrasyon-ölüm eğrisi) (Şekil 4.1) ve LC değerleri (Çizelge 4.2) hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2 Nikelin *Daphnia magna* üzerine LC değerleri

%95 güven aralığında nikel için LC değerleri ($\mu\text{g/L}$)			
Nokta	LC Değerleri	Alt Sınır	Üst Sınır
LC 10.00	370	29	502
LC 15.00	431	144	548
LC 20.00	479	234	586
LC 30.00	557	374	653
LC 40.00	623	485	719
LC 50.00	686	576	794
LC 80.00	893	787	1134
LC 90.00	1001	870	1338
LC 95.00	1091	935	1510
LC 99.00	1258	1054	1838



Şekil 4.1 *Daphnia magna* bireyleri için hesaplanan, nikelin 24 saatlik probit değerleri ve regresyon grafiği

Daphnia magna için nikelin 24 saatlik LC_{50} değeri probit analizine göre 686 $\mu\text{g/L}$ (0.686 mg/L) ve Behrens-Karber yöntemi ile 670 $\mu\text{g/L}$ (0.670 mg/L) olarak hesaplanmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada *Daphnia magna* için nikelin 24 saatlik LC₅₀ değeri probit analizi ile 686 µg/L (%95 güven aralığı 576-794 µg/L); Behrens-Karber yöntemiyle 670 µg/L olarak bulunmuştur. İki yöntemle hesaplanan değerler birbirine yakın bulunmuştur. Elde edilen veriler Biesinger ve Christensen (1972) ile Sankaramanachi ve Qasim (1999)'in çalışmalarıyla benzerlik gösterirken; Khangarot ve Ray (1987), Diaz-Baez vd. (2000) ile Pane vd. (2003a)'nin çalışmalarına göre daha düşüktür.

Nikel madeni işleyen, nikel-kadmiyum piller üreten, nikel ile elektro kaplama yapan fabrikaların; kanalizasyon tahliye kanallarının, kömür külü imha havzalarının ve çok kirli alanların çevresinde bulunan sucul bitki ve hayvanlardaki nikel konsantrasyonları daha yüksektir. Toplanan tüm sucul türlerde nikel konsantrasyonları türler arasında ve türlerin içinde çok çeşitlilik göstermektedir. Bu değişkenlik canlılar arasında metalin dokular tarafından alınmasındaki farklılığa, nikelin dokulardaki birikim farkına, canlının yaşına, türüne, ortam koşullarına ve metal tolerasyonuna dayandırılabilir (Chau ve Kulikovsky-Cordeiro 1995).

Bir mavi-yeşil alg olan *Anacystis nidulans*'ın büyümesini %50 inhibe eden 160 µg/L nikel, *Anabaena inaequalis* alginin büyümesini tamamen durdurmaktadır. *Daphnia magna* için nikelin 96 saatlik LC₅₀ değerleri; 100 mg CaCO₃/L için 2,34 mg/L iken 206 mg CaCO₃/L için 4,96 mg/L olarak hesaplanmıştır. Nikelin 96 saatlik LC₅₀ değeri tatlı su salyangozu *Juga plicifera* için 237 µg/L; Amerikan su yılanı *Anguilla rostrata* için 13 mg/L olarak tespit edilmiştir (Eisler 1998).

Cladocera üyesi bazı bireyler üzerine nikelin LC₅₀ değerini, probit analizi ile tespit edilen değere göre karşılaştıracak olursak; canlıların toksisite verilerine göre sıralaması *Ceriodaphnia dubia* < *Moina macrocopa* < *Daphnia magna* şeklinde olmaktadır. Bu sıralamaya göre bu üç tür arasında *Daphnia magna* nikel toksisitesine daha dayanıklıdır (Kszos vd. 1992, Wong 1993).

Farklı 3 tatlı su bireyi arasında nikelin LC₅₀ değerini karşılaştıracak olursak, *Daphnia magna* < *Oncorhynchus mykiss* < *Lamellidens marginalis*, bu sıralamada *Daphnia magna* bu türler arasında nikel toksisitesine en hassas birey olarak görülmektedir (Sreedevi vd. 1992, Pane vd. 2003b).

ABD Çevre Koruma Ajansı (Anonymous 1980) *Daphnia magna* için, suda kabul edilebilir maksimum nikel konsantrasyonunu 220-570 µg/L olarak belirtmiştir.

USEPA (Anonymous 1986b) Su Kalitesi Kriterleri yayınında, kontamine olmuş su ve sucul organizmaların sindirimi nedeniyle insan sağlığının nikelin toksik etkilerine maruz kalmaması için, suda bulunabilecek maksimum nikel miktarını 632 µg/L olarak belirtmiştir. Bu kritere göre, nikelin *D. magna* üzerine 24h LC₅₀ değeri (686 µg/L) insanlar için toksiktir.

Meng vd. (2008) *Daphnia magna* üzerine 5 ağır metalin LC₅₀ değerlerini araştırmıştır. Buldukları değerler ile bu çalışmada elde edilen nikel değerini kullanarak ağır metallerin toksisitesini sıralayacak olursak; Hg < Cd < **Ni** < Cu < Pb < Cr, nikelin orta derecede toksik bir metal olduğu görülmektedir.

İçerisinde 200 µg/L'den daha fazla nikel bulunan sular 4. kalite su sınıfında yer almaktadır. Bu sulara çok kirlenmiş sular denir ve sanayide bile arıtılmadan kullanılmaları mümkün değildir (Güler 1997). Çalışmada elde edilen 686 µg/L Ni konsantrasyonu 4. kalite suyun varlığına işaret etmektedir dolayısıyla bu sular tüm organizmalar için tehlikelidir.

Nikel taban üzerine krom kaplama su tesisatlarında bir gece bekleyen suda ölçülen nikel miktarı 490 µg/L'dir. Krom-nikel kaplama paslanmaz çelik su tesisatından içme suyuna sızan nikel miktarı birkaç hafta sonra azalmakla birlikte, krom nadiren bulunurken nikel içme suyunda daima rastlanmaktadır. Bu durum nikelin borulardan aşınarak değil, boruların yüzeyinden nikel iyonu şeklinde sızarak içme suyuna karıştığını göstermektedir. Paslanmaz çelik borulardan içme suyuna sızan nikel miktarı 6 µg/L'ye

kadar çıkabilir; ancak bu miktar borular kalaylanmış bakır ve tunç parçalarıyla bir araya getirildiğinde daha da artmaktadır (WHO 2005).

Kettle olarak bilinen ve günümüzde hemen hemen her evde bulunan su ısıtıcılarında, özellikle kirece karşı korumalı olan ya da kireci yeni temizlenmiş olanlarda, ısıtıcı elemanın materyaline bağlı olarak miktar değişmekle birlikte, bu cihazda kaynatılmış sudaki nikel değerleri oldukça yüksektir. Bu sularda yapılan çalışmalar nikel konsantrasyonunun 100-400 µg/L arasında değişmekte olduğunu göstermiştir; ancak 1000 µg/L gibi yüksek değerler de rapor edilmiştir (WHO 2005).

Günlük hayatta sulara katılan ağır metaller kaynatılarak sudan uzaklaştırılmaz aksine suyun saf kısmı buharlaştığından yoğunlukları artmaktadır. Karsinojen ve teratojen özelliklere sahip olan nikel bir ağır metaldir ve besin zincirine sular aracılığıyla çok miktarda katılmaktadır.

Sonuç olarak, büyükşehir belediyelerinin su ve kanalizasyon idarelerinin içme suyunda araştırdığı parametreler içerisinde yer almayan nikel, tüm organizmalar için tehlikeli bir kirleticidir ve bu konuda gerekli hassasiyetin gösterilmesi ve araştırmaların çoğaltılması gerekmektedir. Nikelin sudaki varlığı ve tehlikesinin göz ardı edilmesi besin zinciri boyunca yarattığı sorunların gün geçtikçe artmasına ve kötüleşmesine neden olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abrantes, N. and Gonçalves, F. 2003. The dynamics of *Ceriodaphnia pulchella* (Cladocera) in laboratory. *Acta Oecologica*, vol.24, no.1, 245-249 p.
- Alpbaz, A.G., Temelli, B. ve Korkut, A.Y. 1989. Su piresi (*Daphnia magna* Straus) yetiştiriciliği üzerine bir araştırma. E.. Su rnleri Yüksekokulu. Su rnleri Dergisi, Cilt:6, Sayı:21, 63 s., İzmir.
- Altındağ, A., Ergönül, M.B., Yiğit, S. and Baykan, . 2008. The acute toxicity of lead nitrate on *Daphnia magna* Straus. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 7(23), 4298-4300.
- Anonim. 1998. T.S.E. Su Kirliliği Kontrolü, Metod ve Kuralları, Zehirlilik Denemeleri, Ankara.
- Anonim. 1999. TS 6050 EN ISO 6341. Su Kalitesi. *Daphnia magna* Straus'un (*Cladocera*, *Crustacea*) hareketliliğinin engellemesinin (inhibisyonu) tayini, akut zehirlilik deneyi.
- Anonymous. 1980. U. S. Environmental Protection Agency (USEPA). Ambient water quality criteria for nickel. EPA Report 440/5-80-060, 206 pp.
- Anonymous. 1983. Revised report on fish toxicity testing procedures, EIFAC Technical Paper, No: 24-1.
- Anonymous. 1986a. Health assessment document for nickel and nickel compounds. U.S. Enviromental Protection Agency, EPA /600/8-83/012FF, Washington DC.
- Anonymous. 1986b. U. S. Environmental Protection Agency (USEPA). Quality Criteria for Water. EPA 440/5-86-001, 477 p.
- Anonymous. 1991. Enviromental Health Criteria 108: Nickel. World Health Organization (WHO), Geneva.
- Anonymous. 1993a. Web sitesi. <http://www.lenntech.com/processes/heavy/heavy-metals/heavy-metals.htm>. Erişim tarihi: 07.08.2010.
- Anonymous. 1993b. Web sitesi. <http://www.lenntech.com/periodic/water/nickel/nickel-and-water.htm>. Erişim tarihi: 09.08.2010.
- Anonymous. 1993c. Web sitesi. <http://www.lenntech.com/who-eu-water-standards.htm>. Erişim tarihi: 10.08.2010
- Anonymous. 1996. Trace elements in human nutrition and health. World Health Organization (WHO), 361 p., Geneva.

- Anonymous.2001.Websitesi.<http://www.portfolio.mvm.ed.ac.uk/studentwebs/session2/group29/nicktox.htm>. Erişim Tarihi: 08.08.2010.
- Anonymous 2004. Web Sitesi. <http://www.cladocera.de/cladocera/cladocera.html>. Erişim tarihi: 12.10.2010
- Anonymous. 2005. Draft toxicological profile for nickel. U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 345 p., Atlanta-Georgia.
- Anonymous. 2006. Enviromental Health Criteria 234. World Health Organization (WHO), 238 p., Geneva.
- Biesinger, K.E. and Christensen, G.M. 1972. Effects of Various Metals On Survival, Growth, Reproduction And Metabolism of *Daphnia magna*. Journal of The Fisheries Research Board of Canada, Vol 29, No 12, 1691-1700.
- Boersma, M. and Vijverberg, J. 1996. Food effects on life history traits and seasonal dynamics of *Ceriodaphnia pulchella*. Freshwater Biology, 35:25-34 p.
- Boğa, A. 2007. Ağır metallerin özellikleri ve etki yolları. <http://cukurovatip.cu.edu.tr/download.php?cat=1&id=41>. Erişim tarihi: 08.08.2010.
- Bringmann, G. and Kuhn, R. 1959. The Toxic Effects of Waste Water on Aquatic Bacteria, Algae and Small Crustaceans. Gosundh. Ingr, 80, 115, Germany.
- Chau, Y.K. and. Kulikovsky-Cordeiro, O.T.R. 1995. Occurrence of nickel in the Canadian environment. Environmental Reviews, 3, 95-120.
- Cirik, S. ve Gkpinar, S. 1993. Plankton Bilgisi ve Kltr (Ders kitabı). E.. Su rnleri Fakültesi Yayınları, No: 47, Ders kitabı dizini no: 19, İzmir.
- Cowgill, U.M., Emmel, H.W., Hopkins, D.L., Appelegath, S.L. and Takahash, I.T. 1986. The influence of water on reproductive success and chemical compasition of labaratory reared populations of *Daphnia magna*. Water Research, vol.20, No.3, pp. 317-323.
- Darmono, D. 1990. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 45, 320-328.
- Deleebeeck, N.M.E., Muysen, B.T.A., De Laender, F., Janssen, C.R. and De Schamphelaere, K.A.C. 2007. Comparison of nickel toxicity to cladocerans in soft versus hard waters. Aquatic Toxicology, 84, 223-235.
- Demiralay, E.. 2007. Nikel baskılanmış monolitik kolonlar. Doktora tezi. Süleyman Demirel niversitesi, 123 s., Isparta.
- Demirsoy, A. 1992. Genel Türkiye Zoocoğrafyası. Meteksan A.ř., 603 s., Ankara.

- Demirsoy, A. 1998. Yaşamın Temel Kuralları, Omurgasızlar = invertebrata böcekler dışında Cilt-II / Kısım-I, ikinci baskı, 818-830, Ankara.
- Demirsoy, A. 2001. Yaşamın Temel Kuralları, omurgasızlar = invertebrata böcekler dışında Cilt-II / Kısım-I, dördüncü baskı, 799 -817, Ankara.
- Diaz-Baez, M.C., Cruz, L.E., Rodriguez, D., Perez, J. and Vargas, C.M. 2000. Evaluation of Three Water Concentration Techniques as a Prior Step to Test Acute Toxicity. *Environmental Toxicology*, 15, 345-351.
- Edmondson, W.T. 1959. *Freshwater Biology*. 2nd Edition John Wiley and Sons Inc.Press. P.1-1248, New York.
- Eisler, R. 1998. Nickel Hazards To Fish, Wildlife, And Invertebrates: A Synoptic Review. *Contaminant Hazard Reviews*, 34, 95 p.
- Erençin, Z. ve Köksal, G. 1981. İç sular temel bilimleri. A.Ü. Veterinerlik Fak. Yayınları. Yayın No:375, s:1-159, Ankara.
- Geldiay, R. 1970. *Daphnia*'larda biyolojik ve ekolojik araştırmalar. E.Ü. Fen Fak. Biyoloji Böl. Deniz biyolojisi bilimsel raporları, (1), 142-148, İzmir.
- Glazier, D.S. 1992. Effects of food genotype, and maternal size and age on off spring in investment in *Daphnia magna*. *Ecology*, 73(3), pp.910-926
- Gliwicz, M.Z. and Guisande, C. 1992. Family planning in *Daphnia*: resistance to starvation in offspring born to mothers grown at different food levels. *Oecologia*, 91: 463-467 p.
- Goldman, C.R. and Horne, A.J. 1983. *Limnology*. Mc Hill Int., Book comp., 464 p., New York.
- Güler, Ç. 1997. Su kalitesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, sayı:43, Ankara.
- Habashi, F. 1997. *Handbook of Extractive Metallurgy*. WILEY-VCH, Vol. 2, Germany.
- Hülsman, S. 2001. Reproductive potential of *Daphnia galeata* in relation to food conditions: implications of a changing size-structure of the population. *Hydrobiologia*, 442:241-252 p.
- IARC. 1990. Chromium, nickel and welding. International Agency for Research on Cancer, IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Vol. 49, 677p, Lyon-France.
- Javid, A., Javed, M. and Abdullah, S. 2007. Nickel bioaccumulation in the bodies of *Catla catla*, *Labeo rohita* and *Cirrhina mrigala* during 96-hr LC₅₀ exposures. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(1), 139-142.

- Kahvecioglu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. 2004. Metallerin çevresel etkileri-I. TMMOB Metalürji Mühendisleri Odası, Metalürji Dergisi, Sayı 136, s. 47-53.
- Kalay, M., Koyuncu, C.E. and Dönmez, A.E. 2004. Comparison of Cd levels in the muscle and liver tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* caught from the Mersin Gulf. (in Turkish). Ekoloji Dergisi, 13(52), 23-27.
- Kartal, G., Kahvecioglu, Ö., Güven, A. ve Timur, S. 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-II. Metalürji Dergisi, Sayı 137, s. 46-51.
- Keithly, J., Broker, J.A., DeForest, D.K., Wu, B. K. and Brix, K.V. 2004. Acute and chronic toxicity of nickel to a Cladoceran (*Ceriodaphnia dubia*) and Amphipod (*Hyalella azteca*). Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 23, No: 3, pp. 691-696.
- Khengarot, B.S. and Ray, P.K. 1987. Correlation between heavy metal acute toxicity values in *Daphnia magna* and fish. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 38, 722-726.
- Khengarot, B.S. and Ray, P.K. 1988. Sensitivity of freshwater pulmonate snails, *Lymnaea luteola* L., to heavy metals. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 41, 208-213.
- Klassen, C.D. 1991. Principles of Toxicology. Pharmacological Basis of Therapeutics, eight ed. McGraw- Hill, pp. 49-61.
- Klüttgen, B., Kuntz, N. and Ratte, T.H. 1996. Combined effects of 3,4- Dichloroaniline and food concentration on life-table data of two related Cladocerans, *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia quadrangula*. Chemosphere, vol. 32, no. 10, pp. 2015-2028
- Kszos, L.A., Stewart, A.J. and Taylor, P.A. 1992. An evaluation of nickel toxicity to *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia magna* in a contaminated stream and in laboratory tests. Environmental Toxicology and Chemistry, 11, 1001-1012.
- Kürkçü, Y. 2001. Kurşun Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) Metal Tuzunun Lepistes (*Poecilia reticulata*) Üzerindeki Akut Toksik Etkisinin Araştırılması ve Davranış Değişimlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, 39s., Ankara.
- Lavens, P. and Sorgeloos, P. 1996. Manual on the production and use of food for aquaculture.
- Lilius, H., Isomaa, B. and Holmström, T. 1994. A comparison of the toxicity of 50 reference chemicals to freshly isolated rainbow trout hepatocytes and *Daphnia magna*. Aquatic toxicology, 30, 47-60.

- Lurling, M. and Donk, E.V. 1996. Zooplankton-induced unicel-colony tranformation in *Scenedesmus acutus* and its effect on growth of herbivore *Daphnia*. *Oecologia*, 108:432-437 p.
- Lurling, M., De Lange, H.J. and Donk, E.V. 1997. Changes in food quality of the green algae *Scenedesmus* induced be *Daphnia* infocemicals: biochemical composition and morphology. *Freshwater Biology*, 38: 619-629 p.
- Mandal, R., Hassan, N.M., Murimboh, J., Chakrabarti, C.L., Back, M.H., Rahayu, U. and Lean D.R.S. 2002. Chemical speciation and toxicity of nickel species in natural waters from the Sudbury area (Canada). *Environ. Sci. Technol.*, 36 (7), 1477-1484.
- Martins, J., Teles, O. and Vasconcelos, V. 2007. Assays with *Daphnia magna* and *Danio rerio* as alert systems in aquatic toxicology. *Environ. Int.*, 33, 414-425.
- Meng, Q., Xiangdong, L., Qiyang, F. and Zhiyang, C. 2008. The acute and chronic toxicity of five heavy metals on the *Daphnia magna*. *Bioinformatics and biomedical engineering 2nd international conference*, 4555-4558.
- Mikac, N. and Picer, M. 1995. Mercury distribution in a polluted marine area, concentration of methyl mercury in sediments and some marine organisms. *Sci. of the Total Environ.*, 43(1), 27-39.
- Nussey, G., VanVuren J.H.J. and du Preez, H.H. 2006. Bioaccumulation of chromium, manganese, nickel and lead in tissues of the moggel, *Labeo umbratus* (Cyprinidae) from Witbank Dam, Mpumalanga. *Water SA*, Vol. 26, No: 2, 269-284.
- Pane, E.F., Smith, C., McGeer, J.C. and Wood, C.M. 2003a. Mechanisms of Acute and Chronic Waterborne Nickel Toxicity in the Freshwater Cladoceran *Daphnia magna*. *Environ. Sci. Technol.*, 37(19), 4382-4389.
- Pane, E.F., Richards, J.G. and Wood, C.M. 2003b. Acute waterborne nickel toxicity in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) occurs by a respiratory rather than ionoregulatory mechanism. *Aquatic Toxicology*, 63, 65-82.
- Persoone, G. and Janssen, C.R. 1993. Freshwater invertebrate toxicity tests. Colow P (eds) *Handbook of Ecotoxicology*, Blackwell scientific, 51-65, Oxford.
- Phillips, B.M., Nicely, P.A., Hunt, J.W., Anderson, B.S., Tjeerdema, R.S., Palmer, S.E., Palmer, F.H. and Puckett, H.M. 2003. Toxicity of cadmium-copper-nickel-zinc mixtures to larval purple sea urchins (*Strongylocentrotus purpuratus*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 70, 592-599.
- Pickering, Q.H. and Henderson, C. 1964. The acute toxicity of some heavy metals to different species of warm water fishes. *Proceedings of the 19th Industrial Waste Conference*, Purdue University, 117, 578.

- Pickering, Q.H. 1974. Chronic toxicity of nickel to the fathead minnow. Water Pollution Control Center Journal, Vol. 46, No. 4, 760-765.
- Repka, S. 1997. Effects of food type on the life history of *Daphnia* clones from lakes differing in trophic state *Daphnia galeata* feeding on *Scenedesmus* and *Oscillatoria*. Freshwater Biology, 37: pp. 675-683
- Rose, R.M., Warne, M.S.J. and Lim, R.L. 2002. Some life history responses of the cladoceran *Ceriodaphnia cf. dubia* to variations in population density at two different food concentrations. Hydrobiologia, 481:157-164 p.
- Sankaramanachi, S.K. and Qasim, S.R. 1999. Metal toxicity evaluation using bioassay and microtox. Intern. J. Environ. Studies, 56, 187-199.
- Say, H. and Sarıeyyüpoğlu, M. 1991. A Study on heavy metal accumulation of *Barbus capito pectoralis* caught from the region of Elazığ sewage discharge into Keban 45 Dam Lake. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Sempozyumu 12-14 Kasım 1991, İzmir.
- Saygı, Ş. 2003. Deneysel toksikolojide toksisite testleri ve test sonuçlarının önemi. Gülhane Tıp Dergisi, 45 (3), 291-298.
- Sprague, J.B. 1995. Factors that modify toxicity. In Fundamentals of Aquatic Toxicology: Effects, Environmental Fate and Risk Assessment, 2, 1012-1051 pp.
- SPSS Statistics Data Editor 17.0 License Authorization Wizard (<http://cs.its.uiowa.edu/software/documents/SPSS17.0MacintoshSiteLicenseInstallationInstructions.pdf>)
- Sreedevi, P., Sivaramakrishna, B., Suresh, A. and Radhakrishnaiah, K. 1992. Effect of nickel on some aspects of protein metabolism in the gill and kidney of the freshwater fish, *Cyprinus carpio* L. Environmental Pollution, 77, 59-63.
- Sunderman, F.W., Dingle, B., Hopfer, S.M. and Swift, T. 1988. Acute nickel toxicity in electroplating who accidentally ingested a solution of nickel sulfate and nickel chloride. American Journal of Industrial Medicine, 14, 257-266.
- Tanyolaç, J. 2000. Limnoloji. Hatipoğlu Yayınevi, 263 s., Ankara.
- Tort, L., Torres, P. and Flos, R. 1987. Effects on dogfish haematology and liver composition after acute copper exposure. Comp. Biochem. Physiol., 87, 349-353.
- Ustaoglu, M.R. 2004. A Check-list for Zooplankton of Turkish Inland Waters. E.Ü Su Ürünleri Dergisi Cilt/Volume 21, Sayı/Issue (3-4): 191– 199.
- Ünlü, E. and Gümgüm, B. 1993. Concentration of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris river in Turkey. Chemosphere, 26, 2055-2061.

- Verslycke, T., Vangheluwe, M., Heijerick, D., De Schamphelaere, K., Sprang, P.V. and Janssen, C.R. 2003. The toxicity of metal mixtures to the estuarine mysid *Neomysis integer* (Crustacea: Mysidacea) under changing salinity. Aquatic Toxicology, 64, 307-315.
- Vincent, K. 2010. Websites. <http://userwww.sfsu.edu/~efc/classes/biol710/probit/ProbitAnalysis.pdf>. Erişim tarihi: 30.09.2010.
- Vural, N. 2005. Toksikoloji. A.Ü. Ecz. Fak. Yayınları No:73, 670s., Ankara.
- Wetzel, R.G. 1975. Limnology. W. B. Saunders Company. p. 419-439, Philadelphia.
- Wong, C.K. 1993. Effects of chromium, copper, nickel and zinc on longevity and reproduction of the Cladoceran *Moina macrocopa*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 50, 633-639.
- Wong, C.K. and Pak, A.P. 2004. Acute and subchronic toxicity of the heavy metals copper, chromium, nickel and zinc individually and in mixture to the freshwater Copepod *mesocyclops pehpeiensis*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 73, 190-196.
- World Health Organization (WHO). 2005. Nickel in Drinking-water. WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 30 p.
- Yazkan M., Özdemir, F. and Gölükçü, M. 2004. Cu, Zn, Pb and Cd contents in some molluscs and crustacea caught in the Gulf of Antalya. (in Turkish). Türk. J. Vet. Anim. Sci., 28, 95-100.

EKLER

EK 1 Toksikoloji İle İlgili Genel Tanımlar

EK 2 *Daphnia magna*'nın nikel verilmeden önceki hali

EK 3 *Daphnia magna*'nın sağlıklı karapaks yapısı

EK 4 Nikelin 1000 µg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü

EK 5 Nikelin 700 µg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü

EK 6 Nikelin 550 µg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü

EK 1 Toksikoloji İle İlgili Genel Tanımlar

Toksikoloji: Kimyasal maddelerin biyolojik dokulara kantitatif tesirlerinin mekanizmalarıyla birlikte araştırılmasını inceleyen ve elde edilen bilgilerden yararlanarak, bu maddelerin insan popülasyonuna ve çevreye zararları ve etkileri hakkında tahminlerde bulunan bir bilim dalıdır (Anonim 1998).

Zehir: Organizmada şekillenen veya dışarıdan organizmaya giren, kimyasal yapıları nedeniyle canlının organ ve dokularını etkileyebilen, canlının sağlığında geçici ya da devamlı olumsuz etki yapan maddelerdir (Anonim 1998).

Zehirlilik Deneyleri: Zehirli maddeye belirli süre maruz kaldıktan sonra hareketsizlik, üremenin engellenmesi, ölüm gibi zehir etkilerini ortaya çıkaran konsantrasyonu tespit etmek amacıyla yapılan deneylerdir (Anonim 1998).

Zehirlilik Etkisi: Sularda doğal dengeyi bozan, canlıların yaşam sürecini kısaltan ve/veya koşullarını bozan her türlü yabancı etkidir (Anonim 1998).

Akut Toksisite Deneyleri: Deney organizmalarında kısa sürede olumsuz değişikliğe sebep olan konsantrasyonları belirleme işlemidir (Anonim 1998).

Subakut Toksisite Deneyleri: Kimyasal maddenin deney hayvanına her gün bir ya da daha fazla tekrarlanan şekilde, 1-3 hafta boyunca, verildiği işlemidir (Saygı 2003).

Subkronik Toksisite Deneyleri: Daha çok sıçan ve köpek gibi hayvanların tercih edildiği, 3 ay süren ve kimyasal maddenin genellikle oral yoldan verildiği işlemidir (Saygı 2003).

Kronik Toksisite Deneyleri: Uzun süre boyunca kimyasal maddeye maruz kalmanın neden olabileceği toksik etkileri saptamak için yapılan işlemidir (Saygı 2003).

Subletal Doz: Doğrudan ölüme sebep olan seviyenin altındaki dozdur (Anonim 1998).

Doz-Cevap İlişkisi: Kimyasal maddelere maruz kalma özellikleri ile meydana gelen çeşitli ve geniş spektrumlu tesirler arası ilişkilere denir (Anonim 1998).

Ortalama Öldürücü Konsantrasyon (LC₅₀): Maruz bırakılan organizmaların yarısını öldüren konsantrasyondur (Anonim 1998).

Ortalama Ölüm Zamanı (LT₅₀): Zehir etkisini gösteren bir maddenin öldürücü dozunun organizmaya girdikten sonra, organizmaların yarısının ölümü için geçen süredir (Anonim 1998).

Ortalama Etkili Konsantrasyon (EC₅₀) : Deney organizmalarının %50'sinde denge kaybı, felç, anormallikler veya vücut bozuklukları gibi etki meydana getiren konsantrasyondur (Anonim 1998).

Ortalama Tolerans Limiti (TL₅₀): Su organizmalarının zehirli ortamda %50'sinin canlı kaldığı sınır zehirlilik değeridir (Anonim 1998).

Öldürücü Doz: Ölüm meydana getiren dozların en küçüğüdür (Anonim 1998).

Ortalama Öldürücü Doz (LD₅₀): Maruz kalan organizmaların yarısını öldüren dozdur (Anonim 1998).

En Yüksek Tolerans Dozu: Ölüm meydana getirmeyen en yüksek dozdur (Anonim 1998).

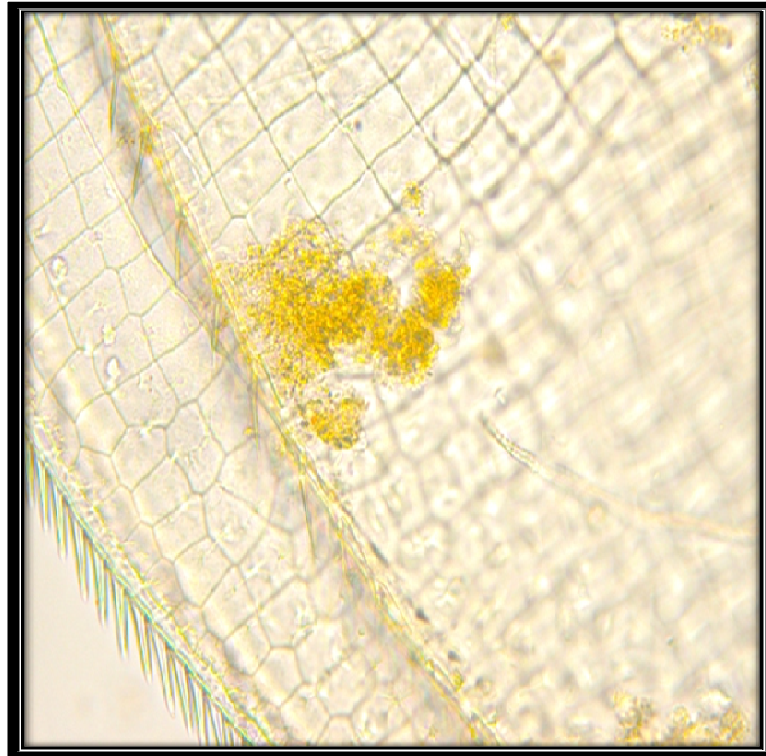
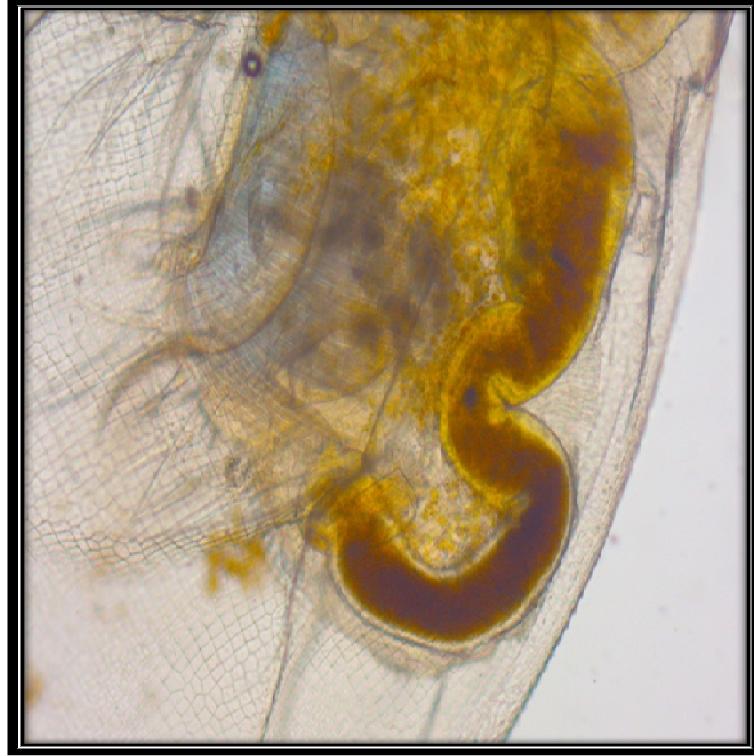
Zehirlilik Dozu (Toksik Doz): Ölüm meydana getirmemekle beraber, zehirlenme belirtilerine neden olan dozdur (Anonim 1998).

Eşik Konsantrasyonu: Deney hayvanında seçici bazı cevapları almak için gerekli olan minimum zehir miktarı veya aynı koşullar altında canlıların hayatta kalmasına izin veren maksimum zehir miktarıdır (Anonymous 1983).

EK 2 *Daphnia magna*'nın nikel verilmeden önceki hali



EK 3 *Daphnia magna*'nın sağlıklı karapaks yapısı



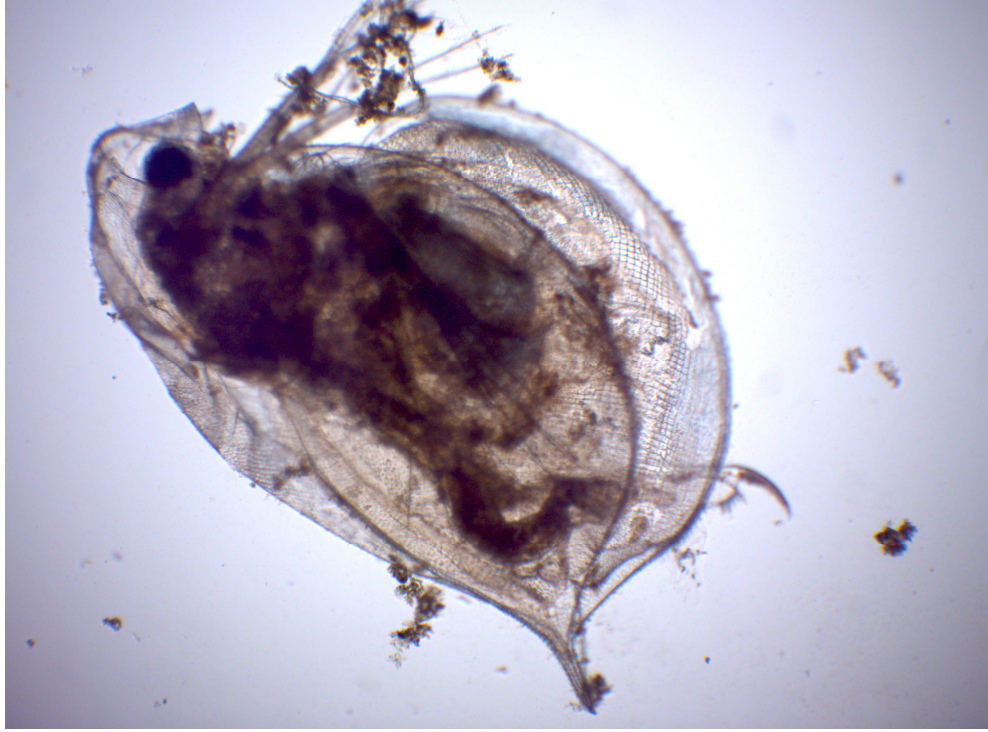
EK 4 Nikelin 1000 µg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü



EK 5 Nikelin 700 µg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü



EK 6 Nikelin 550 µg/L konsantrasyonunda *Daphnia magna*'nın görünümü



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Elif SARI
Doğum Yeri : İstanbul
Doğum Tarihi : 18.02.1985
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Ankara Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi (2003)

Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü (2007)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji
Anabilim Dalı (Şubat 2008 – Şubat 2011)