



T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MELEZ TILAPIA (*Oreochromis niloticus X Oreochromis aereus*)
DOKULARINDA KADMIYUM, KURŞUN, KADMIYUM+KURŞUN
BİRİKİMLERİ ve ZEOLİTİN ETKİSİ

ELA NUR ALKAN

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
HAZİRAN-2017

T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MELEZ TİLAPİA (*Oreochromis niloticus X Oreochromis aereus*)
DOKULARINDA KADMİYUM, KURŞUN,
KADMİYUM+KURŞUN BİRİKİMLERİ ve ZEOLİTİN ETKİSİ

ELA NUR ALKAN

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
HAZİRAN-2017

T.C.
İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MELEZ TİLAPİA (*Oreochromis niloticus X Oreochromis aereus*) DOKULARINDA
KADMIYUM, KURŞUN, KADMIYUM+KURŞUN BİRİKİMLERİ ve ZEOLİTİN
ETKİSİ**

ELA NUR ALKAN
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Ayşe Bahar YILMAZ danışmanlığında hazırlanan bu tez **20/06/2017**
tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ayşe Bahar YILMAZ
Başkan

Doç. Dr. Önder DUYSAK
Üye

Doç. Dr. Meltem MANAŞIRLI
Üye

Kod No:

Doç. Dr. Mustafa DEMİRCİ
Enstitü Müdür V.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

20.06.2017

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İmza

Ela Nur ALKAN

ÖZET
MELEZ TİLAPİA (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aereus*)
DOKULARINDA KADMIYUM, KURŞUN, KADMIYUM+KURŞUN
BİRİKİMLERİ ve ZEOLİTİN ETKİSİ

Bu araştırmada kurşun ($20 \text{ mg l}^{-1} \text{ Pb}^{2+}$) ve kadmiyum ($5 \text{ mg l}^{-1} \text{ Cd}^{2+}$) metallerinin ayrı ayrı ve birlikte bulunduğu akvaryum ortamlarında 14 gün süreyle tutulan Melez Tilapia' nın kas, solungaç, karaciğer, böbrek ve kemik dokularındaki birikimler ve bu birikimlerin giderilmesinde zeolitin ($0,1 \text{ g l}^{-1}$) etkisi incelenmiştir.

Deneme sonunda balıkların dokularındaki kurşun ve kadmiyum birikimi ICP-MS Spektrometresi ile ölçülmüş olup, Pb içeren ortamlarda dokulardaki Pb birikimi böbrek>karaciğer>kas>kemik>solungaç iken, Cd birikimi karaciğer>solungaç>böbrek>kemik olup, kas dokuda kadmiyum birikimi gözlenmemiştir. Pb+ Cd içeren ortamlarda ise; birikimler böbrek>karaciğer>solungaç>kemik>kas sıralamasında olup, Cd kas dokuda tespit edilmemiştir.

Ortamda Zeolitin bulunmasının Melez Tilapia' nın dokularında birikim sıralamasını değiştirmediği ancak kurşun ve kadmiyum birikimini azalttığı, Pb+Cd içeren ortamlara zeolitin katılımıyla da kurşun ve kadmiyum birikiminde azalma olduğu ve bu azalmaların istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

2017, 42 sayfa

Anahtar Kelimeler: Tilapia, doğal zeolit, kurşun, kadmiyum, birikim

ABSTRACT
THE EFFECT OF CADMIUM, LEAD, CADMIUM-LEAD METALS AND
ZEOLITE IN CROSSBREED TILAPIA (*Oreochromis niloticus X Oreochromis*
***aereus*)**

In this survey, it is examined that the effects of the metals of lead ($20 \text{ mg l}^{-1} \text{ Pb}^{2+}$) and cadmium ($5 \text{ mg l}^{-1} \text{ Cd}^{2+}$) accumulations, both separately and together, and the effect zeolite ($0,1 \text{ g l}^{-1}$) to remove these accumulations in the muscle, gill, liver, kidney and bone tissues of Crossbreed Tilapias which are kept in an aquarium for fourteen days.

At the end of this examination, the lead and cadmium accumulation in the fish tissues is measured by ICP-MS Spectrometer. While the plumbiferous (Pb) accumulation in the tissues are in this way: liver > kidney > muscle > bone > gill, the cadmium (Cd) accumulation is in the following: kidney > gill > liver > bone and there is not any cadmium in the muscle tissue. In the environment including Pb and Cd, accumulations are in this way: kidney > liver > gill > bone and there is not any Cd in the muscle tissue.

The existence of Zeolite in the environment does not change the turn of the accumulation; however, it decreases the lead and cadmium accumulation and this decrease is important statistically. ($p < 0,05$).

2017, 42 pages

Keywords: Tilapia, natural zeolite, lead, cadmium, accumulation

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde ve araştırılması sırasında en büyük desteği sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ayşe Bahar YILMAZ' a, tez yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren Sayın Yrd. Doç. Dr. Aydın DEMİRCI' ye ve Arş. Gör. Emrah ŐİMŐEK' e teşekkür ederim.

Deneme esnasında çalışmalarıma yardımcı olan Arş. Gör. Alper YANAR' a ve Yüksek Mühendis Okan ÖZDEMİR' e teşekkür ederim.

Ayrıca Yüksek Lisans öğrenimim boyunca her zaman yanımda olan maddi ve manevi desteği hiçbir zaman esirgemeyen Yüksek Mühendis eşim Arif ALKAN' a ve aileme özellikle beni yüksek lisans öğrenimimi yapmam için en büyük desteği sağlayan annem Hayriye Müjgan MERT' e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1. Materyal.....	10
3.1.1. Melez Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i> X <i>Oreochromis aureus</i>).....	10
3.1.2. Kullanılan Kimyasallar	11
3.1.3. Kullanılan Alet ve Ekipmanlar	12
3.2. Yöntem	12
3.2.1. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi	13
3.2.2. Örneklerin Ağır Metal Analizine Hazırlık Aşaması	14
3.2.3. Ağır Metal Analizi	14
3.2.4. İstatistik Analizler.....	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	16
4.1. Araştırma Bulguları	16
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	32
KAYNAKLAR	33
ÖZGEÇMİŞ	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan Melez Tilapia	11
Şekil 3.2. Deney düzeneği (orijinal)	14
Şekil 3.3. ICP – MS Cihazı (orijinal).....	15
Şekil 4.1. Melez Tilapia'nın kas dokusunda Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg}^{-1}/\text{y. a.}$).....	20
Şekil 4.2. Melez Tilapia'nın solungaç dokusunda Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg}^{-1}/\text{y. a.}$).....	21
Şekil 4.3. Melez Tilapia'nın karaciğer dokusunda Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg}^{-1}/\text{y.a.}$).....	21
Şekil 4.4. Melez Tilapia'nın böbrek dokusunda Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg}^{-1}/\text{y.a.}$).....	22
Şekil 4.5. Melez Tilapia'nın kemik dokusunda Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg}^{-1}/\text{y.a.}$).....	23
Şekil 4.6. Melez Tilapia'nın kas dokusunda Pb ve Cd karışımlarındaki Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg}^{-1}/\text{y.a.}$).....	23
Şekil 4.7. Melez Tilapia'nın solungaç dokusunda Pb ve Cd karışımlarındaki Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg}^{-1}/\text{y.a.}$).....	24
Şekil 4.8. Melez Tilapia'nın karaciğer dokusunda Pb ve Cd karışımlarındaki Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg}^{-1}/\text{y.a.}$).....	25
Şekil 4.9. Melez Tilapia'nın böbrek dokusunda Pb ve Cd karışımlarındaki Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg}^{-1}/\text{y.a.}$).....	26
Şekil 4.10. Melez Tilapia'nın kemik dokusunda Pb ve Cd karışımlarındaki Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg}^{-1}/\text{y.a.}$).....	27

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. 14 gün sonunda Melez Tilapia' nın boy ve ağırlıkları.....	16
Çizelge 4.2. Akvaryumların su değişimlerinin yapıldığı günlerde Sıcaklık, Ç. O. ve pH değerleri.....	17
Çizelge 4.3. Melez Tilapia bireyelerinin bulunduğu ortamlarına 20 mg l^{-1} Pb ve $0,1 \text{ gl}^{-1}$ Z eklendiğinde (Pb + Z) farklı dokularda Pb birikim değerleri ($\text{mg l}^{-1}/\text{y. a.}$).....	17
Çizelge 4.4. Melez Tilapia bireyelerinin bulunduğu ortamlarına 5 mg l^{-1} Cd ve $0,1 \text{ gl}^{-1}$ Z eklendiğinde (Cd + Z) farklı dokularda Cd birikim değerleri ($\text{mg l}^{-1}/\text{y. a.}$).....	18
Çizelge 4.5. Melez Tilapia bireyelerinin bulunduğu ortamlarına 20 mg l^{-1} Pb^{2+} + 5 mg l^{-1} Cd^{2+} + $0,1 \text{ gl}^{-1}$ Z eklendiğinde (Pb + Cd + Z) farklı dokularda Pb birikim değerleri ($\text{mg l}^{-1}/\text{y. a.}$).....	19
Çizelge 4.6. Melez Tilapia bireyelerinin bulunduğu ortamlarına 20 mg l^{-1} Pb^{2+} + 5 mg l^{-1} Cd^{2+} + $0,1 \text{ gl}^{-1}$ Z eklendiğinde (Pb + Cd + Z) farklı dokularda Cd birikim değerleri ($\text{mg l}^{-1}/\text{y. a.}$).....	19

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Zn	: Çinko
Pb	: Kurşun
Hg	: Civa
Co	: Kobalt
Mn	: Mangan
Cr	: Krom
Se	: Selenyum
Ni	: Nikel
Cd	: Kadmiyum
Na	: Sodyum
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
K	: Potasyum
Cd ₂ O	: Kadmiyum peroksit
Ppm	: Milyonda bir (1/1,000,000)
cm	: Santimetre
mg	: Miligram
l	: Litre
g	: Gram
Z	: Zeolit
Pb(NO ₃) ₂	: Kurşun iki nitrat

2. Kısaltmalar

Akv.	: Akvaryum
D. A.	: Duyarlılık düzeyinin altında
y. a.	: Yaş ağırlık
SNK	: Student Newman Keul's Test
X ± Xs	: Aritmetik Ortalama ± Standart Hata
Ç. O.	: Çözünmüş oksijen
Ort.	: Ortalama değer

1. GİRİŞ

Son yıllarda hızlı nüfus artışıyla birlikte düzensiz kentleşme, doğal enerji ve besin kaynaklarının sınırlı ve yetersiz olması, hızla gelişen teknolojik ilerlemeler, çevre kirliliği sorununu ön plana çıkarmıştır. İnsanlığın yararına geliştirilen teknolojik çalışmalar sonucu farklı atıklar küçümsemeyecek oranda kirliliklerin oluşmasına neden olmaktadır (Sağlam ve Cihangir, 1995). Karasal ortamlarda ortaya çıkan bu atıklar, çeşitli yollarla sucul alanlara geçiş yapmaktadır. Bunun yanı sıra sucul ortamların kirlenmesinin başlıca nedeni; sulara doğrudan deşarj edilen endüstriyel ve evsel atıklardır (Bilgili ve ark., 1995). Bu atıklar sonucunda meydana gelen kirliliğin önemli kaynaklarından birini de ağır metaller oluşturmaktadır (ATSDR, 2006).

Metaller içerisinde yoğunluğu 5 g/cm^3 'den büyük olan grup ağır metaller olarak adlandırılır. Ağır metallere örnek olarak; Cu, Fe, Zn, Pb, Hg, Co, Mn, Cr, Se, Ni ve Cd sayılabilir (Özdemir, 1981). Ağır metaller periyodik tabloda 105 elementin 80'ini oluşturmaktadır ve 30 kadarının canlılarda toksisite oluşturduğu bilinmektedir (Anonim, 2013). Cu, Co, Fe, Mn, Mo, Se ve Zn gibi bazı ağır metaller canlı vücudunda az miktarda bulunurlar ve enzimlerin yapısına katılırlar. Bu metaller iz elementler ya da mikro nitröentler olarak da adlandırılırlar. Bu metallerin yüksek miktarlarda vücutta birikimleri toksik etki gösterir. Ancak Cd, Cr, Hg, Pb gibi bazı ağır metaller canlıların vücutlarında bulunmadığı gibi enzimleri inhibe ederek toksik etki gösterirler (Kennish, 1992; Anonim, 2002).

Kadmiyum (Cd^{2+}), atom numarası 48 ve atom ağırlığı 112,40 olan bir metal olup son yıllarda endüstride yaygın olarak kullanılması ile kadmiyumun oluşturduğu çevre kirliliği önemli derecede artmıştır (Ravera, 1984). Periyodik çizelgenin 2B grubunda yer alan, yumuşak, beyaz, parlak bir metaldir. Havada kuvvetlice ısıtılırsa kırmızı bir alevle yanar ve koyu bir kadmiyum oksit dumanıyla kadmiyumperoksit (CdO_2) oluşur. Yanma ısısı $654,2 \text{ kalori/gr}$ 'dır (Demir ve ark., 2014). Cd^{2+} yüksek buhar basıncına sahiptir ve atmosferde hızla Cd^{2+} oksit olarak oksitlenmektedir.

Canlıların metabolik faaliyetlerinde herhangi bir işlevi bulunmayan kadmiyum seramik sektöründe, batarya yapımında, cam, boya, gübre ve plastik üretimi gibi endüstrinin çeşitli alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Sastri ve Subhadra, 1985).

Kadmiyum (Cd), çevrede yaygın dağılımı nedeniyle düşük düzeylerde bile canlılarda ciddi toksik etkilere yol açtığı, karaciğer, beyin, sinir sistemi, böbrek, dalak ve kemikte patolojik lezyonlara neden olduğu bilinmektedir (Almeida ve ark., 2002).

Cd^{2+} balıklarda birikimi yavaş olup, karaciğer, böbrek ve solungaç en önemli hedef organlarıdır. Akuatik organizmalarda kadmiyumun düşük derişimlerinin etkisi sonucu doku bozukluğu ve solunum aksaklığının oluştuğu belirtilmiştir (De Smet ve Blust, 2001). Genellikle balıklarda kadmiyumun solungaçlarla alındığı (Wood ve ark., 1993) ve solungaçlardaki kalsiyum taşıyıcı klorid hücrelerinin kadmiyum için önemli alınımları oldukları bildirilmiştir (Verbost ve ark., 1987, 1989).

Canlılar için oldukça toksik etki gösteren ve ekosisteme zarar veren ağır metallere biri de Kurşun (Pb)'dir. Kurşun insan faaliyetleri ile ekolojik döngüye önemli zararlar veren ilk metal olma özelliğini taşımaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2006).

Periyodik çizelgenin 4A grubunda yer alan kurşun (Pb); 82 atom numarasına ve 207,2 atom ağırlığına sahiptir. Mavimsi-gri bir renge sahip olan kurşunun kaynama noktası 1740,0 °C iken erime noktası 327,5 °C 'dir (Kürkçü, 2001).

Kurşun temel olarak pil üretiminde kullanılmakla beraber; petrokimya kâğıt endüstrisi gübre-sanayi ve demir çelik endüstri atıklarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Rether, 2002).

Kurşun su ortamına; madencilik, benzin katkı maddesi, akü, boya, pil yapımı gibi insan aktiviteleri sonucu girmektedir (Berman, 1980). Canlılarda kurşun; beyin, böbrek, kemik doku, merkezi sinir sistemi fonksiyon bozukluklarına yol açar. İz miktardaki kurşunun düşük düzeyleri, canlılarda; büyüme ve davranış değişikliklerine neden olmaktadır (Burden ve ark., 1998).

Balık ve kabuklularda kurşun öncelikle, solungaç, karaciğer, böbrek ve kemikte birikmektedir. Yüksek düzeyde kurşun zehirlenmesinden, gastrointestinal sistem ve sinirlerde hasarlar bildirilmiştir. Düşük düzeylerde bile beyinin büyüme ve gelişimi etkilenmektedir (Çalışkan, 2005).

Metallerin toksik etkilerinin ortamda bulunan diğer toksik metallere değişebildiği, bu etkilerin metal iyonunun yapısına, aktivitesine göre olumlu ya da olumsuz yönde olduğu belirlenmiştir (Eroğlu ve ark., 2005; Şah, 2007; Reyhan, 2014).

Zeolitler (Z) ; volkanik küllerin su ile birleşmesi sonucu değişime uğrayan, düzgün gözenekli kristal yapılı alüminyum silikat yapısında bulunan bileşiklerdir. Na, Mg, K, Ca gibi elementleri içeren bir maddedir (Sarıçiçek, 1995). Zeolitlerin alkali özelliği, iyon değiştirme yeteneği ile Cu, Pb, Cd vb gibi ağır metalleri absorblamasından dolayı canlıların dokularındaki hasarları giderdiği ve birikimi azalttığı belirtilmektedir (Papaioannou ve ark., 2004).

Ağır metal giderimin de kullanılan birçok sentetik kompleksanlar (EDTA, NTA ve DTPA) vardır. Sentetik kompleksanların günümüzde endüstrinin tüm alanlarında kullanılmasının nedenleri şelat ajan görevi görmeleridir.

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda zeolitin su ortamında bulunmasının ağır metallerin iyon yüklerini değiştirebildiği ve zeolitin metalleri bünyesinde tutmasıyla ortamdan metalin uzaklaştırılmasında etkin olduğu sucul yaşam için büyük önem taşıdığı öne sürülmektedir (James ve Sampath 2003; Mishra ve Jain, 2009 ; Çoğun ve Şahin 2012).

Tropikal kökenli bir tatlı su balığı olan Melez Tilapia zengin protein kaynağı olarak tüketilmesi (Almeida, 2002), fizyolojik mekanizmasının yüksek omurgalılara benzemesi, daha kısa zamanda verimli döl vermesi, kirleticilere karşı dirençli olması ve fizyolojik çalışmalarda sonuçları kısa sürede vermesinden dolayı (Çoğun ve ark., 2003; Çoğun ve Kargın., 2004; Sağlamtimur ve ark., 2004; Çoğun ve Şahin, 2012), çevredeki kirleticilerin biyolojik etkilerini incelemek üzere indikatör organizmalar olarak kullanılmaktadır (Almeida, 2002).

Bu çalışmada herhangi bir antropojenik faaliyetle sucul ortama girebilecek kadmiyum ($5 \text{ mg l}^{-1} \text{ Cd}^{2+}$) ve kurşun metallerinin ($20 \text{ mg l}^{-1} \text{ Pb}^{2+}$) ayrı ayrı ve birlikte Melez Tilapia'da birikimi ve bu birikimin gideriminde zeolitin ($0,1 \text{ g l}^{-1}$) etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 14 gün süreyle akvaryum ortamlarında bekletilen Melez Tilapia'nın kas, solungaç, karaciğer, böbrek ve kemik dokularındaki metal birikimleri ve bu birikimlerin dokular arasındaki farklılığı, ortamda zeolitin varlığının kurşun, kadmiyum ve kurşun+kadmiyum birikimine etkisi araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kalay (1996) , *Tilapia nilotica*'yı 1, 15, 30, 45, 60 gün süreyle Cd^{2+} (0,01, 0,05, 0,1 0,5, 1,0 ppm) içeren ortamlarda bırakarak kas, solungaç, karaciğer, böbrek ve dalak dokularındaki kadmiyum birikiminin total protein derişimi ile Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Mg^{++} iyonlarının dağılımına etkisini incelemiştir. Kadmiyum; kas, karaciğer, böbrek ve dalak dokularındaki protein düzeyini düşürürken, solungaç dokusunda ki kalsiyum düzeyini arttırdığını gözlemlemiştir.

Sağlamtimur (1998), *Tilapia nilotica*'nın solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında 1, 7, 15 ve 30 günlük sürelerle bakır (0,10, 0,50, 1,00, 5 ppm), kadmiyum (0,05, 0,10, 0,50,1,00 ppm) ve bakır + kadmiyum birlikte (0,10 + 0,05, 0,50 + 0,10, 1,00 + 0,50, 5,00 + 1,00 ppm) farklı ortam derişimlerinin etkisine bırakarak birikim düzeylerini incelemiştir. Tüm dokularda bakır ve kadmiyum birikim düzeylerinin süreye göre arttığını gözlemlerken, bakır ve kadmiyum karışımının etkisinde, böbrek ve karaciğer dokularında kadmiyum birikiminde azalmanın bakırın antagonistik etkisinden olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Kalay ve Karataş (1999), *Tilapia nilotica*'nın kas, beyin ve kemik dokularındaki kadmiyum birikim düzeyini incelemiştir. Kas, beyin ve kemik dokularındaki kadmiyum birikim düzeylerini Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile ölçmüşlerdir. Beyin ve kemik dokularındaki kadmiyum derişimi artan ortam derişimine ve etkide kalma süresine göre istatistiksel olarak ayırım gösterecek düzeyde artmamıştır ($P>0,05$). İncelenen dokularda biriken toplam kadmiyum miktarının % 16' sının kas dokusunda, %36' sının kemik dokusunda, %48' inin ise beyin dokusunda olduğunu açıklamışlardır.

Hollis ve ark. (1999) , *Oncorhynchus mykiss* 30 gün süreyle 3 – 10 $mg\ l^{-1}$ kadmiyum içeren ortamlarda tutarak balıkların dokularını incelemiştir. Kadmiyumun solungaçlardaki Ca^{2+} alınımını engellemesiyle hipokalsemiye ve iskelette yapısal deformasyonlara neden olduğunu gözlemlemiştir.

Ay ve ark. (1999), *Tilapia zilli*'nin 0,5, 1, 2 ve 4 $mg\ l^{-1}$ Cu^{2+} ve Pb^{2+} etkisinde 14 gün süre ile kas, solungaç ve karaciğer dokularında ki Cu^{2+} ve Pb^{2+} nun birikimini incelemiştir. Kas dokusunda Cu^{2+} ve Pb^{2+} düzeyinde kontrol grubuna göre farklılık gözlemlenmediğini bildirmişlerdir. Solungaç ve karaciğer dokuda ise Cu^{2+} ve Pb^{2+} düzeyinde kontrol grubuna göre önemli fark olduğunu rapor etmişlerdir.

Jain (1999), *Heteropneustes fosillis*' i 35, 60, 90 ve 120 gün sürelerde kurşun (20, 50 ve 60 mg/L/gün) ve (50 – 60 mg/L/gün) zeolit içeren ortamlara bırakmışlardır. Kurşunun balıkların karaciğerinde hücresel metabolizmayı ve enzimleri inhibe ettiğini, çözünebilir protein RNA ve içeriğinin azalmasına sebep olduğunu, uygulanan zeolitin kurşun nitrat kaynaklı etkileri azalttığını ve yem alımını arttırdığını gözlemlemişlerdir. Zeolitin biyolojik sistemlerde güvenle kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Mc. Geer ve ark. (2000), farklı kadmiyum ($3 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$), bakır ($75 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) ve çinko ($250 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) derişimlerine 100 gün sürede maruz bırakmışlardır. Cu^{+2} ve Cd^{+2} ortamına bırakılan balıkların iştahında azalmaya yönelik büyümenin gerçekleşmediğini, hareketlerinde ise yavaşlama olduğunu bildirmişlerdir.

Kalay ve Canlı (2000), *Tilapia zilli* bakır, çinko, kurşun ve kadmiyumun $1 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ derişimlerinde 10 gün süreyle tutarak karaciğer, solungaç, beyin ve kas dokularındaki metal birikimlerini incelemişlerdir. 10 gün sonra balıkları metal içermeyen suya koyarak 1, 7, 15, 30. günlerde belirtilen dokuların metal atılım düzeyini saptamışlardır. Atılım periyodunun 30. günü sonunda solungaç dokusunda Cd, Pb ve Cu metal düzeylerinde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Solungaç dokusunun kurşuna göre bakır ve kadmiyumu daha iyi elemine ettiğini karaciğer dokusu için de tersi bir durum olduğunu gözlemlemişlerdir.

James ve Sampath (2000), *Heteropneustes fosillis*' i 60 gün süreyle 5 ppm kadmiyum ve ($0,5, 2, 4 \text{gl}^{-1}$) zeolit içeren su ortamına bırakmışlardır. Çalışma sonucunda su, sediment, balıkta biriken Cd^{2+} miktarlarını karşılaştırarak balıktaki RNA : DNA oranlarını incelemişler ve 2gl^{-1} zeolit ortamına maruz bırakılan grubun en iyi performans gösterdiğini gözlemlemişlerdir.

Wong ve Wong (2000), *Oreochromis mossambicus*' da Cd^{2+} ' nun 40, 80, 160 ppb derişimlerinin 3 ve 7 gün süreyle etkileri sonucunda balığın solungaç dokusundaki Cd^{2+} birikiminin arttığını Ca^{2+} - ATPaz aktivitesinin ise Cd^{2+} birikimine bağlı olarak ters orantılı olarak azalış gösterdiğini gözlemlemişlerdir.

James (2000), *Oreochromis mossambicus*' un Cd + Zeolit karışımının etkisinde hematolojik kan değerlerini incelemiştir. 5, 15, 30, 45 gün sürelerle 6 ppm Cd^{2+} ortamına ayrı ayrı $0,5, 2, 4 \text{gl}^{-1}$ zeolit eklenmesi sonucunda Cd^{2+} kan parametrelerine etkisinin zeolitle azaldığını saptamıştır.

Venkataramona ve Radhakrishnaiah (2001), ağır metallerin doğal yollarla su ortamına girmesi, deney ortamında farklı derişimlerle ortama verilmesi ve ağır metallerin ortamda kalma süresine bağlı olarak balıkların davranış değişikliğine neden olduğunu ispatlamışlardır.

Karataş ve Kalay (2002), *Tilapia zilli*' de ortamın farklı kurşun konsantrasyonlarının ve etkide kalma sürelerinin solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin dokularındaki kurşun birikimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. 1, 7, 15 ve 30 gün sürelerle 1,0, 2,5 ve 5,0 ppm kurşun derişimine maruz bıraktıkları balıkların dokularındaki kurşun birikim düzeylerinin; Böbrek > Beyin > Solungaç > Karaciğer olarak değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Böbrek dokusunda kurşun birikiminin fazla miktarda olmasının; bu dokunun kurşun bağlayıcı proteinler içermesinden ve metal atılımının bu doku üzerinde olmasından kaynakladığını rapor etmişlerdir.

Çoğun ve ark. (2003), farklı boy ve ağırlıktaki *Oreochromis niloticus*'u 30 gün süreyle 0,1 mg^l⁻¹ – 1,0 mg^l⁻¹ Cu-Cd derişimlerine bırakarak; karaciğer, kas ve solungaç dokularındaki bakır ve kadmiyum birikimlerini gözlemlemişlerdir. Birikimin metalin türüne ve yoğunluğuna, balığın boy ve ağırlığına bağlı olarak değişiklikler gösterdiğini saptamışlardır.

Kuşatan (2004), *Clarias lazera* kadmiyumun farklı derişimlerinde (0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 ppm) 1, 7, 14 ve 21 gün sürelerle tutarak bazı dokularındaki metal birikimi ile serum Aspartat aminotransferaz (AST), Alanin aminotransferaz (ALT) ve glukoz düzeylerini incelemiştir. Metal birikiminin dokularda Böbrek>Dalak>Solungaç>Karaciğer>Kas şeklinde gerçekleştiğini, AST ve glukoz düzeylerinin metal etkisinin başlangıcından değişim gösterirken, etkide kalma süresinin artmasıyla incelediği parametrelerdeki değişimlerin ortadan kalkmasına neden olduğunu saptamıştır.

Tepe ve ark. (2004), *Cyprinus carpio*' da 35 günlük periyotta 50 mg^l⁻¹ oranında havuz suyuna eklenen doğal zeolitin 60 mg^l⁻¹ kurşun toksisitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Balıkların karaciğerlerindeki çözünebilir protein ve RNA içeriğinin azaldığı ve kan parametre değerlerinde de istatistiksel olarak farklılık olduğunu tespit etmişlerdir.

Cicik ve ark. (2004), 15 gün sonunda incelenen *Oreochromis niloticus*'un dokularındaki Cd²⁺ birikim düzeyleri böbrek>karaciğer>dalak>solungaç>kas şeklinde

olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 15 gün sonunda balıkların böbrek ve karaciğer dokularındaki Cd^{2+} birikimi, $Cd^{2+}+Pb^{2+}$ karışımında artarken, solungaçlarda azalmış, dalak ve kas dokularında ise değişmediğini gözlemlemişlerdir.

Eroğlu ve ark. (2005), *Oreochromis niloticus*' u 1 mg l^{-1} Cd^{2+} , Cu^{2+} ve Zn^{2+} içeren ortamlar ile bu metallerin ikili ve üçlü karışımlarının bulunduğu ortamlarda 14 günlük süreyle tutarak balığın karaciğerindeki metallothionein benzeri proteinlere olan etkilerini incelemişlerdir. Metal birikimin yalnızca Cd^{2+} etkisinde en yüksek düzeyde olduğunu, bunu $Cd^{2+} - Zn^{2+}$ ortamındaki birikimlerin takip ettiğini, metallothionein benzeri proteinlerde Cd^{2+} etkisinde en yüksek düzeye çıkarken, metal etkileşimlerinin de bu proteinler üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Cicik ve Engin (2005), *Cyprinus carpio*' da kadmiyumun 10 gün sürede farklı derişimlerine ($0,05$, $0,1$, $0,5$ ve $1,0 \text{ mg l}^{-1}$) maruz kalan balıkların kas ve karaciğer dokularındaki glikojen seviyelerini incelemişlerdir. Süre sonunda glikojen seviyesinin önemli derecede azaldığını gözlemlemişlerdir. Bu azalmanın en yüksek metal derişiminin ($1,0 \text{ mg l}^{-1}$) etkisinde karaciğerde %24, kas dokusunda ise %29 düzeyinde olduğunu belirtmişlerdir.

Dinler (2005), zeolitin *Oreochromis niloticus*' da bakır toksisitesi üzerine koruyucu etkisi üzerine yaptığı çalışmada, $1,5 \text{ mg l}^{-1}$ bakır, $1,5 \text{ mg l}^{-1}$ bakır + 50 mg l^{-1} zeolit, 50 mg l^{-1} zeolit ortam derişimlerinde 92 günlük periyotta karaciğerde bakır birikimini ve kas protein oranlarını incelemiştir. Çalışma sonunda bakır + zeolit ortamında kan parametresinde düşüş olduğunu saptamıştır.

Atlı ve Canlı (2007), *O. niloticus* ile yaptıkları çalışmada 5 , 10 ve $20 \text{ } \mu\text{M}$ derişimlerdeki Cu^{+2} , Cd^{+2} , Zn^{+2} ve Pb^{+2} 'nin 14 günlük etkileri sonunda karaciğerde katalaz, alkalin fosfataz gibi bazı enzimlerle solungaç ve bağırsak dokusunda Na^{+}/K^{+} ATPaz, kas dokusunda ise Ca^{+2} -ATPaz aktivitesini ölçmüşlerdir. Çalışılan tüm enzimlerin metaller tarafından etkilendiği belirtilirken, Na^{+}/K^{+} -ATPaz aktivitesinin bütün metal etkilerinde inhibe olduğu yalnızca solungaçta $20 \text{ } \mu\text{M}$ Pb^{+2} etkisinde artış gösterdiği, kas Ca^{+2} -ATPaz enziminin ise Cu^{+2} dışındaki diğer metal etkilerinde inhibe olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda araştırmacılar enzim tepkilerinin metal tipi ve derişimlerine bağlı olarak değişiklik gösterdiğini ve enzimatik tepkilerin ekotoksikoloji alanında sucul ortamlardaki metal kirliliğine duyarlı belirteçler olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Şah (2007), çinkonun *Oreochromis niloticus*' un böbrek, karaciğer, solungaç, kas dokularında ve kanda kadmiyum birikimi üzerine yaptığı çalışmada; 7, 14, 21 günlük periyotta $0,1 \text{ mg l}^{-1} \text{ Cd}^{2+}$, $0,1 \text{ mg l}^{-1} \text{ Cd}^{2+} + 0,5 \text{ mg l}^{-1} \text{ Zn}^{2+}$ ve $1,0 \text{ mg l}^{-1} \text{ Cd}^{2+}$, $1,0 \text{ mg l}^{-1} \text{ Cd}^{2+} + 5,0 \text{ mg/L Zn}^{2+}$ karışımının etkisine bırakarak dokularda ki kadmiyum birikimini Atomik Absorbsiyon Spektrometresi ile belirlemiştir. Kadmiyum birikimin ortam derişiminin ve sürenin uzamasıyla arttığını gözlemlemiştir. Çinkonun balığın böbrek ve solungaç dokularında kadmiyum birikimini önemli ölçüde azalttığını tespit etmiştir.

Fırat ve Kargin (2008), *Oreochromis niloticus*' da kadmiyumun $0,1 - 1,0 \text{ mg l}^{-1}$ derişimlerinin, 7 - 14 günlük periyotta kan parametreleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kan eritrosit sayısı, lökosit sayısı ve hematokrit düzeylerinin ortam derişimine bağlı olarak azaldığını, kan hemoglobin düzeyinin ise arttığını saptamışlardır.

Yeşilbudak (2009), *Cyprinus carpio* ve *Oreochromis niloticus*' da 1, 15 ve 30 gün sürelerde $0,5 \text{ ppm}$ çinko ve kadmiyum derişimlerinin etkisinde solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularındaki birikim düzeylerini incelemiştir. Her iki türde çinko ve kadmiyum birikiminin süreye bağlı olarak arttığını gözlemlemiştir. Çalışma sonunda en yüksek kadmiyum ve çinko birikiminin böbreklerde olduğunu, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokularının izlediğini belirtmiştir.

Çoğun ve Kargin (2011), *Cyprinus carpio*'nun $0,1$, $0,5$ ve $5,0 \text{ mg l}^{-1}$ derişimlerinde 10, 20 ve 30 günlük periyotlarda tutarak karaciğer, böbrek ve kas dokularındaki metal birikimini incelemişlerdir. Kurşunun en yüksek düzeyde karaciğer ve böbrek dokusunda biriktiğini, en düşük birikimin ise kas dokuda olduğunu belirtmişlerdir.

Tunçsoy (2011), *Oreochromis niloticus*' u 24, 48 ve 96 saat sürelerle 5 ppm bakır, 5 ppm çinko ve 1 ppm kadmiyum ve bu metallerin aynı ortam derişimlerinin karışımı etkisinde bırakarak solungaç, karaciğer ve kas dokularında birikim düzeylerini incelemiştir. Metal birikimlerinin süreye bağlı olarak arttığını gözlemlemiştir. Metallerin tek başına etkilerinde kadmiyum ve çinko birikiminin solungaç>karaciğer > kas dokularında olduğunu gözlemlerken bakır birikiminin ise karaciğer>solungaç>kas olduğunu belirtmiştir.

Şahin (2011), Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*)' sında kas, karaciğer, solungaç ve böbrek dokularında kurşun birikimi üzerine zeolitin etkisi; $0,1 \text{ mg l}^{-1} \text{ Pb}^{2+}$, $0,1 \text{ mg l}^{-1}$

$Pb^{2+} + 0,1 \text{ gl}^{-1}$ zeolit, $0,1 \text{ mgl}^{-1} Pb^{2+} + 0,2 \text{ gl}^{-1}$ zeolit ve $1,0 \text{ mgl}^{-1} Pb^{2+}$, $1,0 \text{ mgl}^{-1} Pb^{2+} + 0,1 \text{ gl}^{-1}$ zeolit ve $1,0 \text{ mgl}^{-1} Pb^{2+} + 0,2 \text{ gl}^{-1}$ zeolit ortamlarına 10, 20 ve 30 gün periyotlarla balıkları bırakarak doku ve organlardaki kurşun birikimini incelemiştir. Belirtilen ortam ve sürede maruz bıraktığı balıklarda en yüksek kurşun birikiminin böbrek dokuda olduğunu ve bunu takiben solungaç, karaciğer ve kas dokusunun izlediğini gözlemlemiştir. Tüm deney gruplarında zeolitin böbrek ve karaciğer dokuda kurşun birikimini önemli derecede azalttığını bildirmiştir.

Kötemen ve Kargın (2013), *Oreochromis niloticus*'un karaciğer, böbrek, solungaç ve kas dokularında kurşun birikimine çinkonun etkileri üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmada balıklar 7, 14 ve 21 gün süreyle $0,1 \text{ mgl}^{-1} Pb^{2+}$, $0,1 \text{ mgl}^{-1} Pb^{2+} + 0,5 \text{ mgl}^{-1} Zn^{2+}$, $0,5 \text{ mgl}^{-1} Pb^{2+}$, $0,5 \text{ mgl}^{-1} Pb^{2+} + 2,5 \text{ mgl}^{-1} Zn^{2+}$, $1,0 \text{ mgl}^{-1} Pb^{2+}$, $1,0 \text{ mgl}^{-1} Pb^{2+} + 5,0 \text{ mgl}^{-1} Zn^{2+}$ derişimlerinde ki ortamlarda bekletilmiştir. Kurşun birikiminin en fazla böbrek dokusunda olduğunu ve bunu solungaç, karaciğer ve kas dokusunun izlediğini saptamışlardır. Balığın tüm dokularında kurşun birikiminin çinkonun varlığında azaldığını gözlemlemiştir.

Reyhan (2014), *Oreochromis niloticus*' da bakır + kalsiyum, bakır + zeolit, kadmiyum + kalsiyum ve kalsiyum + zeolitin ortamlarındaki böbrek, karaciğer, solungaç ve kas dokularında metal birikim etkilerini araştırmıştır. Balıklar 5, 10 ve 15 gün süreyle $1,0 \text{ mgl}^{-1} Cu^{2+}$, $1,0 \text{ mgl}^{-1} Cu^{2+} + 1,0 \text{ mgl}^{-1} Ca^{2+}$, $1,0 \text{ mgl}^{-1} Cu^{2+} + 0,1 \text{ gl}^{-1}$ Zeolite ve $1,0 \text{ mgl}^{-1} Cd^{2+}$, $1,0 \text{ mgl}^{-1} Cd^{2+} + 1,0 \text{ mgl}^{-1} Ca^{2+}$, $1,0 \text{ mgl}^{-1} Cd^{2+} + 0,1 \text{ gl}^{-1}$ Zeolite karışımının etkisinde tutulmuştur. Bakır birikiminin Karaciğer>Böbrek>Solungaç>Kas şeklinde olduğunu gözlemlerken, kadmiyum birikiminin; Böbrek>Karaciğer>Solungaç>Kas şeklinde sonuçlandığını rapor etmiştir. Tüm karışımlarda ise kalsiyum ve zeolitin balığın böbrek, karaciğer ve solungaç dokularında kadmiyum birikimini önemli ölçüde azalttığını gözlemlemiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada balık materyali olarak Melez Tilapia kullanılmış, oluşturulan 7 farklı akvaryum ortamlarında tutulmuştur.

Bu ortamlar;

1. Ortam kontrol (Pb ve Cd içermeyen doğal kaynak suyu)
2. Ortam Pb^{2+} iyonunu 20 mg l^{-1} içeren akvaryumlar
3. Ortam $Pb^{2+} + Z (0.1 \text{ gl}^{-1})$ içeren akvaryumlar
4. Ortam Cd^{2+} iyonunu 5 mg l^{-1} içeren akvaryumlar
5. Ortam $Cd^{2+} + Z (0,1 \text{ gl}^{-1})$ içeren akvaryumlar
6. Ortam $Pb^{2+} + Cd^{2+}$ içeren akvaryumlar
7. Ortam $Pb^{2+} + Cd^{2+} + Z$ içeren akvaryumlardır

Ondört (14) gün süreyle metal kirliliğine maruz bırakılan Melez Tilapia' nın farklı dokularındaki kurşun ve kadmiyum birikimleri ve bu birikimlere zeolitin etkisi araştırılmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. Melez Tilapia (*Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*)

Ülkemizin ılıman iklim kuşağına ait olan bölgelerin de; Ege ve özellikle Akdeniz bölgesinin kıyı kesimlerinde uygun yetiştiricilik alanlarına sahip olan Melez Tilapia, ilk kez 70' li yılların sonunda Çukurova Üniversitesi (Ç.Ü) Balık Üretim tesislerinde yetiştirilmeye başlanmıştır (Tekelioğlu, 1991). Cichlidae familyasının en önemli üyelerinden olan Melez Tilapia (Lovell, 1989), Afrika kökenli bir balık türü olup, tropik ve subtropik bölgelere getirilerek yayılım alanları genişletilmiştir (Ogunji, 2004).

Cichlidae familyasına ait Nil Tilapyası (*Oreochromis niloticus*) ve Mavi Tilapya (*Oreochromis aureus*)' a ait taksonomik sınıflandırması aşağıdaki gibidir (Şekil 3.1).

Alem	:	Animalia
Şube	:	Chordata
Sınıf	:	Actinopterygii
Takım	:	Perciformes
Aile	:	Cichlidae
Cins	:	Oreochromis
Tür	:	<i>Oreochromis aureus</i> (Steindachner, 1864) <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)



Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan Melez Tilapia

Tropikal kökenli bir tatlı su balığı olan Tilapia protein kaynağı olarak tüketilmesi (Almeida ve ark., 2002), fizyolojik mekanizmasının yüksek omurgalılara benzemesi, daha kısa zamanda verimli döl vermesi, kirleticilere karşı dirençli olması ve fizyolojik olaylara kısa cevap vermesinden dolayı (Çoğun ve ark., 2003; Çoğun ve Kargın., 2004; Sağlamtimur ve ark., 2004; Çoğun ve Şahin, 2012), çevredeki kirleticilerin biyolojik etkilerini incelemek için indikatör organizmalar olarak kullanılmaktadır (Almeida 2002). Tilapia' nın kültür koşullarında bakım ve üremesinin kolay olması ve çeşitli hastalıklara karşı dirençli olması nedeniyle bu türün kültür balıkçılığındaki önemini her geçen gün arttırmaktadır (Saruhan ve Toral, 1980).

Deneme materyali olarak kullanılan 18 ± 4.5 cm boyunda, 159 ± 10 g ağırlığındaki Melez Tilapia Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Tatlı Su Araştırma İstasyonundan temin edilmiştir. Balıklar (20 mg l^{-1} MS 222) anestezi altında taşınarak İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi Tatlı Su ve Deniz Balıkları Araştırma Ünitesi'ne getirilerek çalışmanın gerçekleştirileceği akvaryumlara stoklanmıştır. Balıkların 25 gün süreyle ortama uyumu ve beslenmesi yapılmıştır.

3.1.2. Kullanılan Kimyasallar

Denemede kullanılan balıkların naklinde, sakrifiye edilmesinde, deneme ortamlarının oluşturulmasında ve ağır metal analizlerine hazırlık aşamasında kullanılan kimyasallar aşağıda belirtildiği gibidir.

1. Sigma-Aldrich E10521 MS222 ($H_2NC_6H_4CO_2C_2H_5 \cdot CH_3SO_3H$) anesteziik,
2. Fiziksel ve kimyasal özellikleri uygun olan doğal kaynak suyu
3. Merck Milipore 107398 Kurşun Nitrat ($Pb(NO_3)_2$),
4. Sigma-Aldrich Kadmiyum
5. Klorür hemi (pentahidrat),
6. İstanbul Rota Madencilik A.Ş.' den temin edilen <75 mikron çapında zeolit,
7. Merck Milipore 106448 tri-sodyum sitrat-dihidrat ($C_6H_5Na_3O_7 \cdot 2H_2O$),
8. Merck Milipore 100456 nitrik asit

3.1.3. Kullanılan Alet ve Ekipmanlar

Deneme de akvaryumlarda Resun marka havalandırma motoru, Xilong AT – 700 200 W cam akvaryum ısıtıcısı; suyun fiziksel ve kimyasal parametrelerini belirlemek için YSI 550A oksijenmetre, WTW ph330i pH metre; örnekleme ve analizlere hazırlık aşamasında Denver TP214 0.001 hassas terazi, SandH Labware 103 slow 125mm filtre kağıdı, ağır metal analizinde Agilent Technology, 4100 MP – AES cihazı kullanılmıştır.

3.2.Yöntem

Çalışmada oluşturulan 7 akvaryum ortamında balıklar 14 gün süre ile tutulmuştur. 14. gün sonunda balıklar örneklenecek böbrek, karaciğer, solungaç, kas ve kemik dokularında biriken Pb^{2+} ve Cd^{2+} miktarı belirlenmiştir.

Çalışma 4 aşamadan oluşmaktadır:

- Denemenin kurulması ve yürütülmesi
- Ağır metal analizine hazırlık
- Ağır metal analizi
- İstatistiksel analizler

3.2.1. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi

3.2.1.1. Deney Düzenekleri

Denemede 14 adet $40 \times 80 \times 40$ cm boyutundaki 128 L hacme sahip cam akvaryumlar kullanılmıştır. Tüm akvaryumlara, sertliği 50 ppm olan 80 L doğal kaynak suyu doldurulmuştur.

Çizelge 3. 1. Deneme ortamında kullanılan doğal kaynak suyunun fizikokimyasal özellikleri

Parametre	Değer
Amonyum	0 mg/L^{-1}
İletkenlik	$79,3 \text{ } \mu\text{Scm}^{-1}$
pH	7,4
Oksitlenebilirlik	0 mgl^{-1}
Sülfat	0 mgl^{-1}
Sodyum	0 mgl^{-1}
Klorür	$1,47 \text{ mgl}^{-1}$
Toplam Sertlik	$50 \text{ mgl}^{-1} \text{ CaCO}_3$

Akvaryumlarda havalandırma motoru ve hava taşları kullanılarak havalandırma yapılmıştır. Ortam sıcaklığı ise her akvaryumda bulunan cam ısıtıcılar tarafından sağlanmıştır (Şekil 3.2). Deneme süresince 12 saat aydınlık / 12 saat karanlık olacak şekilde foto periyot uygulanmış sıcaklık, çözünmüş oksijen ve pH parametreleri günlük olarak takip edilmiştir.

3.2.1.2. Denemenin Yürütülmesi

Denemede 0 (kontrol), ($20 \text{ mgl}^{-1} \text{ Pb}^{2+}$), ($5 \text{ mgl}^{-1} \text{ Cd}^{2+}$), ($20 \text{ mgl}^{-1} \text{ Pb}^{2+} + 5 \text{ mgl}^{-1} \text{ Cd}^{2+}$), ($20 \text{ mgl}^{-1} \text{ Pb}^{2+} + 0,1 \text{ gl}^{-1} \text{ Zeolit}$), ($5 \text{ mgl}^{-1} \text{ Cd}^{2+} + 0,1 \text{ gl}^{-1} \text{ Zeolit}$) ve ($20 \text{ mgl}^{-1} \text{ Pb}^{2+} + 5 \text{ mgl}^{-1} \text{ Cd}^{2+} + 0,1 \text{ gl}^{-1} \text{ Zeolit}$) olmak üzere 2 tekerrürlü 7 farklı uygulama grubu oluşturularak, toplam 14 adet cam akvaryum kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Deney düzeneği (orijinal)

Her bir akvaryuma 10 adet balık stoklanmıştır. Denemenin 4, 8 ve 12. günlerinde akvaryum suları tamamen değiştirilmiş ortamları yeniden hazırlanmıştır.

Denemenin 14. gününde her akvaryumdan 3'er balık alınarak ağır metal birikiminin incelenmesi için örneklenmiştir.

3.2.2. Örneklerin Ağır Metal Analizine Hazırlık Aşaması

14. günde örneklenen balıklar yüksek dozda anestezi kullanılarak (200 ppm MS 222) bayıltılmış, havlu ile kurularak boy ve ağırlık ölçümleri yapılmış ve sonrasında disekte edilerek kas, karaciğer, böbrek, solungaç ve kemik dokuları örneklenmiştir. Ağır metal analizine hazırlık aşamasında yaş yakma yöntemi kullanılmıştır. Disekte edilen dokuların yaş ağırlıkları hassas terazide tartılarak 50 ml' lik falkon tüplerine konulmuştur. İşlemler sonunda üzerlerine 15 ml % 65' lik nitrik asit ilave edilmiştir. Falkon tüpler sıcak su banyosunda 80°C sıcaklıkta homojen bir şekilde yakılmış, filtre kağıdı ile süzölmüş ve örnekler ultra saf su ile 50 ml' ye tamamlanmıştır (Yılmaz ve ark., 2010).

3.2.3. Ağır Metal Analizi

Dokularda biriken Pb ve Cd miktarlarının, bu birikime zeolitinin etkisinin belirlenmesi için analizler Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama

Merkezi Laboratuvarı' nda bulunan Agilent Technology 7500ce indüktif olarak eşleştirilmiş plazma kütle spektrometresi (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer ICP – MS) ile yapılmıştır.



Şekil 3.3. ICP – MS Cihazı (orijinal)

3.2.4. İstatistik Analizler

Elde edilen sayısal veriler SPSS 17.0 istatistik paket programı ile yorumlandığında kontrol ve deney grupları arasında istatistiksel bir ayırım gözlemlendiği ($P < 0,05$), TUKEY testinden tek yönlü ANOVA ve iki yönlü MANOVA testleri kullanılmıştır ve değerlendirmeler “ Student – Newman Keul’s Test (SNK)” testleri uygulanarak yapılmıştır (Sokal ve Rohfl, 1995).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1.Araştırma Bulguları

Araştırmada kurulan 7 grup deney ortamlarının 14 gün süreyle izlenmesinde, 1. ortam akvaryumlarda herhangi bir mortalite gözlenmezken, 2. ortam akvaryumlarda 5. günde 1 balık ölümü, 4. ortam akvaryumlarda ise 8. günde 6 balık ölümü tespit edilmiştir.

Kontrol grubu akvaryumlardaki balıklarda herhangi bir anormal durum gözlenmezken, 2. ve 4. ortam (Pb^{+2} ve Cd^{+2}) akvaryumlarında balıkların hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, akvaryum yüzeyine yönelme, operkulum hareketlerinde artış, yüzgeçlerde kanlanma, solungaç ve vücut yüzeyinde mukus miktarında artış gibi çeşitli davranış ve morfolojik değişiklikler gözlenmiştir. 6. ortam (Pb^{2+} ile Cd^{2+} karışımları) akvaryumlarda yukarıda bahsedilen etkilerin daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

3,5 ve 7. ortam akvaryumlarda ($0,1 \text{ gl}^{-1}$ Zeolit) balık davranışlarında da yüzeye yönelme ve sıçrama ciddi stres davranışları gözlemlenmiştir.

14 günlük deney süresi sonunda kontrol, Pb^{2+} , Cd^{2+} , $Pb^{2+} + Cd^{2+}$ ve zeolitli ortamlardaki balık örnekleri karşılaştırıldığında balıkların boy ve ağırlıkları arasında dikkate değer bir farklılık gözlenmemiştir (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. 14 gün sonunda Melez Tilapia' nın boy ve ağırlıkları

	Ortamlar						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Akv1 (ort. boy, cm)	19,5	18,9	19	20	20	19,5	20
Akv2 (ort. boy, cm)	20	19,3	19,5	20	20	19	20
Akv 1 (ort. ağırlık, g)	137	129,9	126	140	156	136	143
Akv 2 (ort. ağırlık, g)	155	141	175	155	143	121	113

Deney ortam suyu akvaryumdaki balıkların sağlığı açısından 4 güne bir değiştirilmiş olup, ortamın 4, 8 ve 12. Gününde ölçülen sıcaklık, çözülmüş oksijen (Ç. O.) ve pH değerleri çizelge 4. 2. de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Akvaryumların su değişimlerinin yapıldığı günlerde Sıcaklık, Ç. O. ve pH değerleri

Parametre	4. gün	8. gün	12. gün
Sıcaklık (°C)	25 ± 1	24,8 ± 0,6	25 ± 0,5
Ç. O. (mg ^l ⁻¹)	6,8 ± 1,3	6,7 ± 1,5	7 ± 1,4
pH	6.85 ± 0,2	6.81 ± 0,3	6.83 ± 0,4

14. gün sonunda; 20 mg^l⁻¹ Pb içeren ortamlardaki Melez Tilapia'nın dokularında (kas, solungaç, karaciğer, böbrek ve kemik) ve aynı Pb derişimine 0,1 gl⁻¹ zeolit ilavesiyle oluşturulan ortamlardaki balıkların aynı dokularındaki Pb birikimlerinin maksimum ve minimum değerleri ile aritmetik ortalamaları çizelge 4. 3. verilmiştir.

Pb birikimi en fazla böbrek dokusunda (183,46 ppm) gerçekleşirken, bunu karaciğer (15,27 ppm), kas (7,65 ppm), solungaç (5,85 ppm) ve kemik (5,72 ppm) dokusu izlemiştir. Dokular arasında sadece böbrek dokusu diğerlerinden istatistiki olarak (p<0,05) anlamlı bulunmuştur.

3. akvaryumlardaki (20 mg^l⁻¹ Pb + 0,1 gl⁻¹ zeolit) Melez Tilapia'nın dokularında Pb birikimlerinin, yalnızca Pb etkisine maruz bırakılan balıklara oranla azaldığı saptanmıştır (Çizelge 4. 3.). Bu birikim azalması karaciğerde %94 ile en fazla, solungaç dokularında % 35 ile en az hesaplanmıştır. Ortama zeolit eklenmesiyle Pb birikimleri önemli ölçüde tüm dokularda azalmış ve ortalamalar istatistiksel olarak tek yönlü anova ile anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

Çizelge 4.3. Melez Tilapia bireylerinin bulunduğu ortamlarına 20 mg^l⁻¹ Pb ve 0,1 gl⁻¹ Z eklendiğinde (Pb + Z) farklı dokularda Pb birikim değerleri (mg^l⁻¹/y. a.)

	Ortamlar			
	Pb	Pb+Z	Pb	Pb+Z
	*X ± Xs		Min-Max	
Kas	7,65±4,80 ^{a*}	4,42±4,08 ^a	4,26 -11,05	1,53 -7,31
Solungaç	5,85±2,17 ^{a*}	3,79±0,97 ^a	4,31 -7,39	1,53 -7,31
Karaciğer	15,27±8,19 ^{a*}	1,73±0,00 ^a	9,47 -21,07	1,73
Böbrek	183,46±222,29 ^{b*}	90,98±10,29 ^b	26,27 -340,65	83,70 -98,26
Kemik	5,72±2,09 ^{a*}	1,78±0,00 ^a	4,24 -7,21	1,78

*X ± Xs : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**SNK: a ve b derişimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0,05 düzeyinde istatistik ayrım vardır.

Deneme sonunda 5mg^l⁻¹ Cd içeren ortamlardaki Melez Tialapia'nın dokularında (kas, solungaç, karaciğer, böbrek ve kemik) ve aynı Cd derişimine 0,1 gl⁻¹ zeolitin

ilavesiyle oluşturulan balıkların aynı dokularındaki Cd birikimlerinin maksimum ve minimum değerleri ile aritmetik ortalamaları çizelge 4. 4. verilmiştir. Tüm dokularda Cd birikimi, kullanılan tek yönlü anova tesitine göre farklıdır. Zeolit kullanımında ise Cd birikimi ortalamalarında istatistiksel bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

Cd'un en fazla böbrek dokuda biriktiği tespit edilmiştir. Birikim azalması karaciğer>kemik>solungaç doku sıralamasıyla olmuştur. Kas dokuda ise Cd birikimi gözlenmemiştir. Deneme süresince $5\text{mg l}^{-1} + 0,1\text{ gl}^{-1}$ zeolit etkisine bırakılan balıkların dokularındaki Cd birikiminin, doğrudan kadmiyumun etkisine bırakılan balıkların dokularındaki birikime oranla düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 4. 4.). Zeolitli ortamların 14 gün süre sonunda kas dokusu hariç diğer dokulardaki Cd birikiminin önemli ölçüde azalmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. 14 gün süre sonunda dokulardaki Cd birikimindeki azalma böbrek>kemik>karaciğer şeklinde gözlemlenirken, solungaç dokuda zeolitli ortamlarda benzer bir etki söz konusu değildir (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. Melez Tilapia bireylerinin bulunduğu ortamlarına 5 mg l^{-1} Cd ve $0,1\text{ gl}^{-1}$ Z eklendiğinde (Cd + Z) farklı dokularda Cd birikim değerleri ($\text{mg l}^{-1}/\text{y. a.}$)

Doku	Ortamlar			
	Cd	Cd+Z	Cd	Cd+Z
	*X ± Xs		Min-Max	
	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
Kas	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
Solungaç	$2,13\pm 0,09^{a*}$	$2,13\pm 0,06^a$	2,06 – 2,20	2,08 – 2,17
Karaciğer	$5,48\pm 0,81^{b*}$	$5,47\pm 0,40^b$	4,91 – 6,06	5,18 – 5,76
Böbrek	$7,90\pm 0,00^{c*}$	$3,51\pm 2,88^c$	7,90	1,47 – 5,55
Kemik	$0,84\pm 0,00^{d*}$	$0,48\pm 0,00^d$	0,84	0,48

*X ± Xs: Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**SNK: a, b, c, d derişimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0,05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

D. A. : Duyarlılık düzeyinin altında

14 gün sonunda; 6. ortam (Pb+Cd) akvaryumlarında balıkların dokularındaki (kas, solungaç, karaciğer, böbrek ve kemik) Pb birikim düzeyleri ile 7. ortam akvaryumlarındaki (Pb+Cd+Z) balıkların dokularındaki Pb maksimum ve minimum değerler ile aritmetik ortalamaları çizelge 4. 5.'de ve Cd birikim düzeyleri ise çizelge 4. 6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Melez Tilapia bireylerinin bulunduğu ortamlarına 20 mg^l⁻¹ Pb²⁺ + 5 mg^l⁻¹ Cd²⁺ + 0,1 gl⁻¹ Z eklendiğinde (Pb + Cd + Z) farklı dokularda Pb birikim değerleri (mg^l⁻¹/y. a.)

Doku	Ortamlar			
	Pb+Cd ortamında	Pb+Cd +Z	Pb+Cd ortamında	Pb+Cd +Z
	Pb	ortamında Pb	Pb	ortamında Pb
	*X ± Xs		Min-Max	
Kas	2,15±0,24 ^{a*}	0,66±0,35 ^a	1,9- 2,32	0,41- 0,91
Solungaç	8,55±2,53 ^{a*}	6,17±0,54 ^a	6,76 -10,34	5,78- 6,55
Karaciğer	9,71±11,17 ^{a*}	7,61±6,67 ^a	1,81 -17,61	2,89 -12,33
Böbrek	79,02±20,75 ^{b*}	46,02±3,07 ^b	64,34 -93,69	43,84 -48,19
Kemik	6,23±2,00 ^{a*}	4,53±0,62 ^a	4,81- 7,65	4,09- 4,96

*X ± Xs: Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**SNK: a ve b derişimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0,05 düzeyinde istatistik ayrım vardır.

Ortamda zeolitin bulunması balıkların dokularında Cd birikimine çalışılan sürede belirgin bir etki yapmazken, dokulardaki Pb birikiminde önemli ölçüde azalmaya neden olmuştur. Ortalamalar arasındaki farkı belirlemek üzere kullanılan iki yönlü manova testi sonucunda, balıkların böbrek dokularındaki Pb birikimleri arasında önemli derecede fark bulunmuş, ancak diğer dokularda ise benzer bir duruma rastlanmamıştır. Kas dokusunda Cd birikimi saptanmazken diğer dokularda biriken Cd değerleri ortalamaları birbirinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Melez Tilapia bireylerinin bulunduğu ortamlarına 20 mg^l⁻¹ Pb²⁺ + 5 mg^l⁻¹ Cd²⁺ + 0,1 gl⁻¹ Z eklendiğinde (Pb + Cd + Z) farklı dokularda Cd birikim değerleri (mg^l⁻¹/y. a.)

Doku	Ortamlar			
	Pb+Cd ortamında	Pb+Cd +Z	Pb+Cd ortamında	Pb+Cd +Z
	Cd	ortamında Cd	Cd	ortamında Cd
	*X ± Xs		Min-Max	
Kas	D. A.	D. A.	D. A.	D.A.
Solungaç	3,43±1,63 ^{a*}	1,38±0,04 ^a	2,27- 4,58	1,34- 1,41
Karaciğer	9,43±0,09 ^{b*}	3,49±0,10 ^b	9,36- 9,49	3,56- 3,41
Böbrek	14,42±0,99 ^{c*}	9,01±0,02 ^c	13,72 -15,12	8,99- 9,02
Kemik	1,01±0,48 ^{d*}	0,48±0,14 ^d	0,66- 1,35	0,38- 0,58

*X ± Xs : Aritmetik Ortalama ± Standart Hata

**SNK: a, b, c, d derişimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0,05 düzeyinde istatistik ayrım vardır.

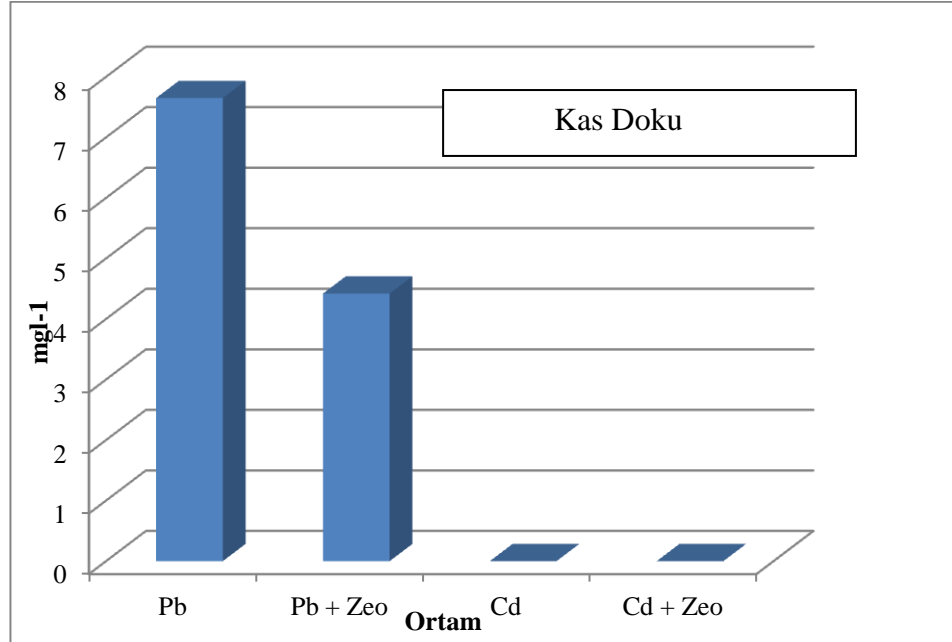
D. A. : Duyarlılık düzeyinin altında

Çizelgeden de görüldüğü üzere 14 gün süreyle $20 \text{ mg/l}^{-1} \text{ Pb} + 5 \text{ mg/l}^{-1} \text{ Cd}$ karışımının etkisinde kalan balıkların kas dokusu hariç diğer çalışılan dokularda farklı Cd birikimleri tespit edilmiştir. Bu birikimler böbrek> karaciğer> solungaç> kemik sıralaması şeklinde olmuştur (Çizelge 4. 6.).

Yalnız Cd metali ortamına zeolit ilave edildiğinde birikimde azalma gözleendiği gibi, Cd + Pb ortamına Zeolit ilavesi sonucu da birikimde azalma belirlenmiştir. Bu azalmanın en çok karaciğer dokuda olduğu ve bunu böbrek, solungaç ve kemik dokunun takip ettiği tespit edilmiştir.

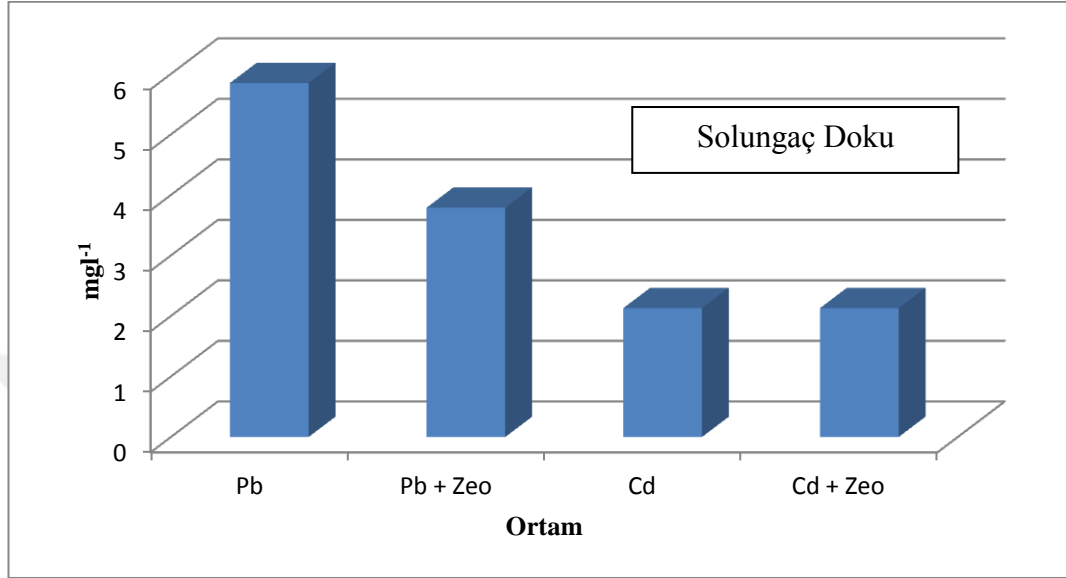
Melez Tilapia'nın 14 gün süre sonunda çalışılan dokularında Pb ve Cd metallerinin birikimine zeolitin etkisi Şekil 4. 1. – 4. 5 'de verilmiştir. Zeolitli ortamlardaki balıkların dokularının, sadece Pb ya da Cd metaline maruz kalan balık dokuları ile karşılaştırıldığında daha az metal biriktirdikleri gözlemlenmiştir. Ortama zeolitin girmesinin balık dokularında Pb ve Cd birikimlerine olumlu katkı sağladığı tespit edilmiştir.

Sadece Pb içeren ortamlardaki balıkların kas dokusunda ki kurşun birikimi ortama zeolit ilavesiyle % 42 azaltılmış olurken (Çizelge 4.3.), Cd içeren ortamlarda zeolitin aynı olumlu etkisi gözlenmemiştir (Çizelge 4.4.).

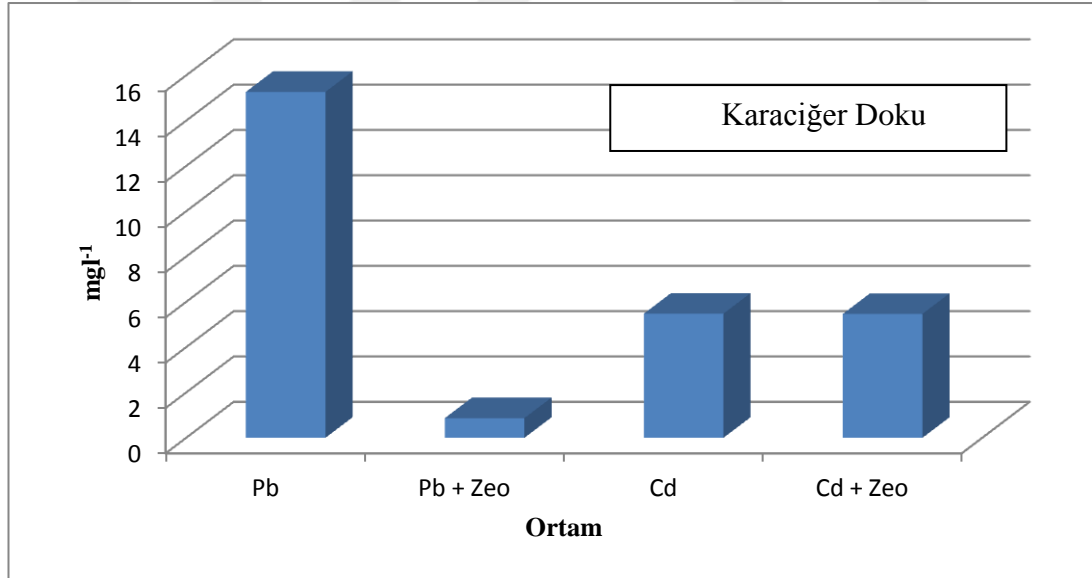


Şekil 4.1. Melez Tilapia'nın kas dokusunda Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg/l}^{-1}/\text{y. a.}$)

Pb içeren ortamlardaki balıkların solungaç dokusunda saptanan Pb birikimi 5,85 ppm iken ortama zeolitin girmesi ile birikim 3,79 ppm olmuştur (Çizelge 4. 3.). Cd içeren ortamlarda ise balıkların solungaç dokusunda birikim 2,13 ppm iken ortama zeolitin girmesi ile herhangi bir etki, solungaç dokuda bir değişim gözlenmemiştir.



Şekil 4.2. Melez Tilapia'nın solungaç dokusunda Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi (mg⁻¹/y. a.)

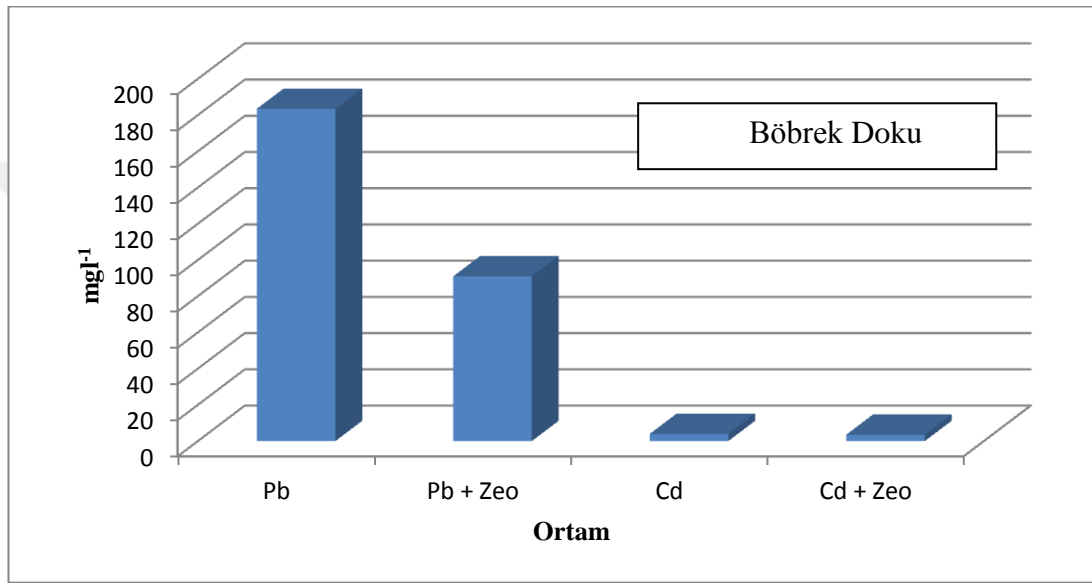


Şekil 4.3. Melez Tilapia'nın karaciğer dokusunda Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi (mg⁻¹/y.a.)

Karaciğer dokusunda Pb ve Cd birikim düzeylerinin diğer dokulara göre fazla olduğu belirlenmiştir. Ortama zeolitin girmesi ile Pb birikiminde karaciğer dokusunda

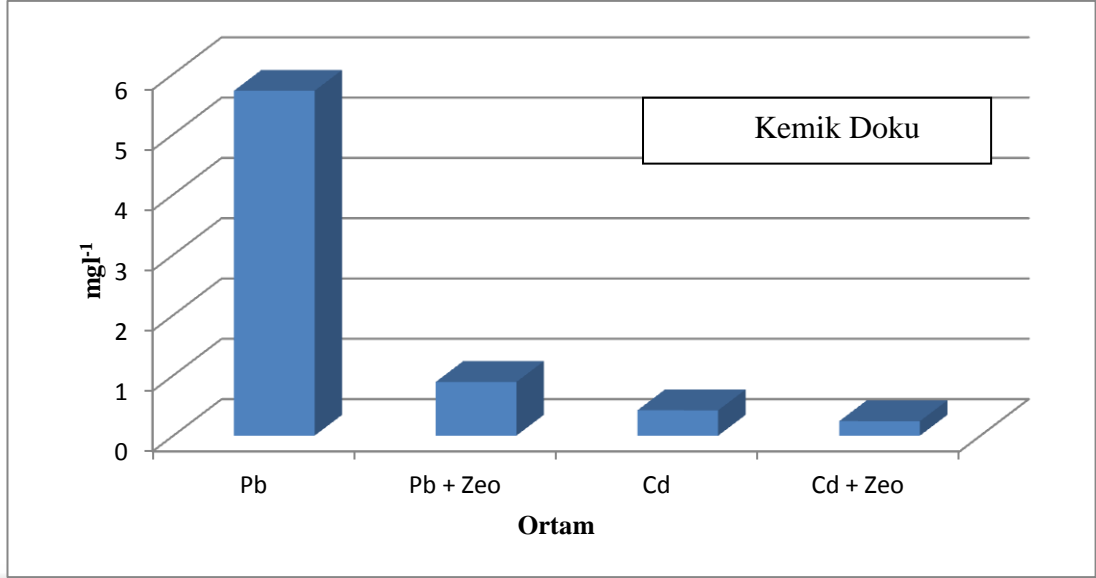
% 94 azalma gözlenirken (Çizelge 4. 3.), Cd birikiminde karaciğer dokuda belirgin bir azalma olmamıştır (Şekil 4. 3.).

14 gün deneme süresi sonunda böbrek dokudaki Pb birikimi 183,46 ppm iken, sadece Cd etkisindeki balıkların böbrek dokusunda 7,90 ppm birikim gözlemlenmiştir. Sadece Pb ve Cd birikimine zeolit ilave edilerek deneme sonunda böbrek dokuda Pb birikiminde 92,48 ppm azalma gözlenirken, Cd birikiminde 4,39 ppm azalma tespit edilmiştir (Çizelge 4. 3., Şekil 4. 4.).



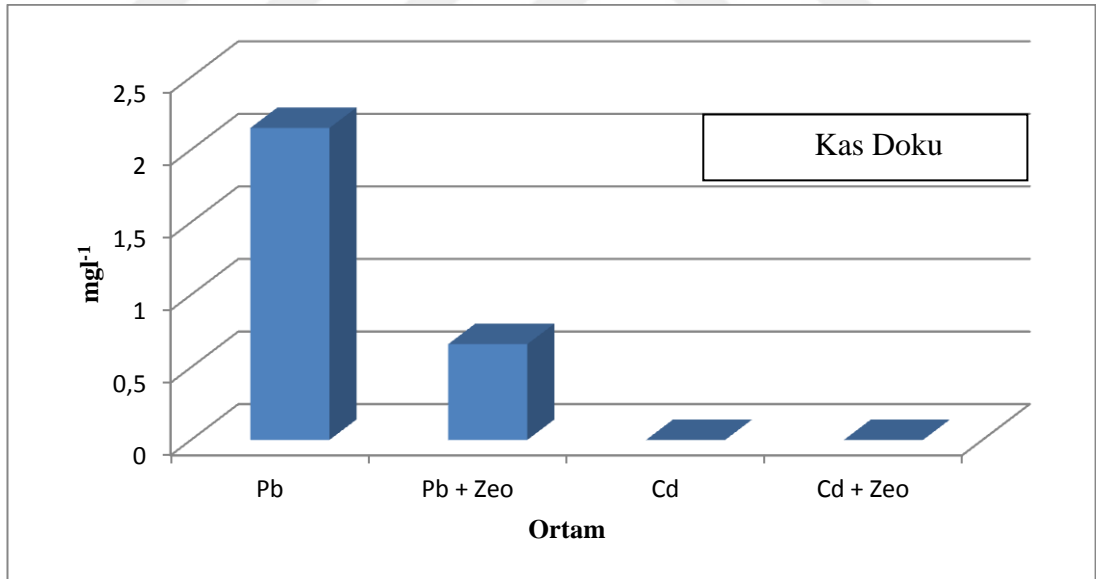
Şekil 4.4. Melez Tilapia'nın böbrek dokusunda Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg l}^{-1}/\text{y.a.}$)

14 gün süre sonunda Pb içeren ortamlardaki balıkların kemik dokusunda saptanan Pb birikimi 5,72 ppm iken ortama zeolitin girmesi ile birikim 1,78 ppm olmuştur (Çizelge 4. 3.). Cd içeren ortamlarda ise balıkların kemik dokusunda birikim 0,84 ppm iken, ortama zeolitin girmesiyle kemik dokudaki Cd birikiminde % 42 azalma olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Melez Tilapia'nın kemik dokusunda Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi (mg l⁻¹/y.a.)

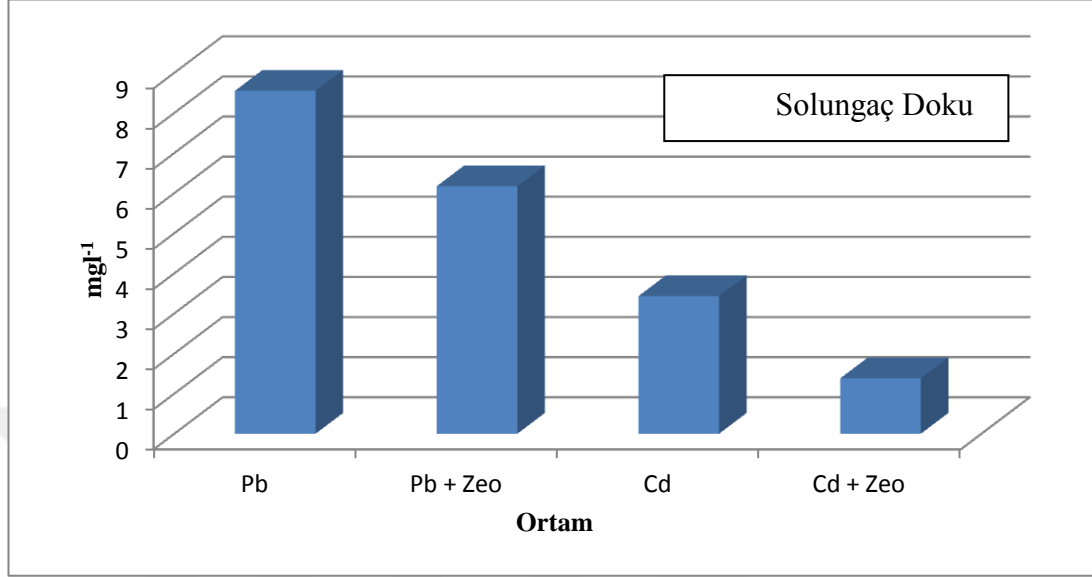
14 gün süre sonunda Melez Tilapia'nın çalışılan dokularında kurşun ve kadmiyum metallerrinin birlikte bulunduğu ortamlara zeolitin ilavesi ile birikimindeki değişimler Şekil 4. 6. – 4. 10 'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Melez Tilapia'nın kas dokusunda Pb ve Cd karışımlarındaki Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi (mg l⁻¹/y.a.)

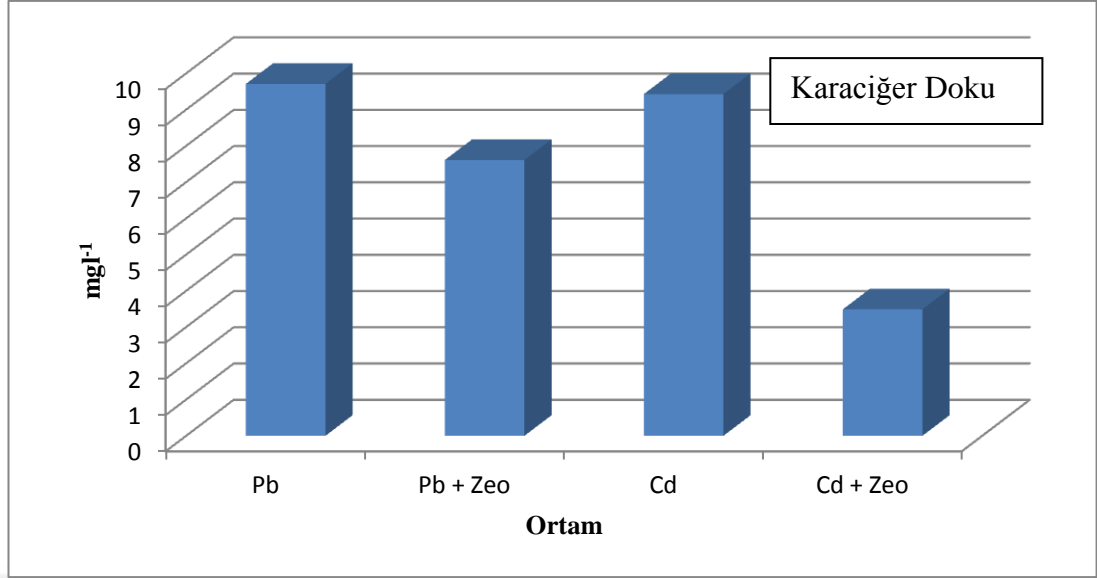
14 gün süre sonunda sadece Pb içeren ortamlardaki balıkların kas dokularında Pb değeri 7,65 ppm bulunurken, Pb + Cd ortamlarındaki balıkların kas dokularındaki Pb birikim değeri 2,15 ppm tespit edilmiştir. 6. ve 7. ortamlardaki akvaryumlarda bulunan

balıkların kas dokularında Cd birikiminde herhangi bir değişim gözlenmezken, Pb birikiminde azalma 1,49 ppm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4. 6.).



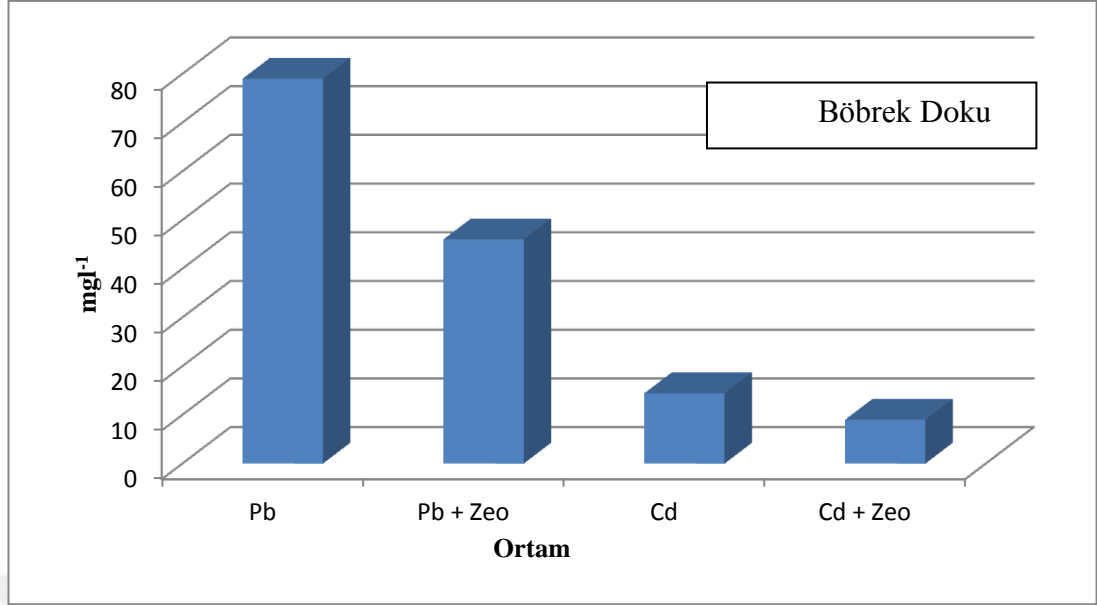
Şekil 4.7. Melez Tilapia'nın solungaç dokusunda Pb ve Cd karışımlarındaki Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi (mg l⁻¹/y.a.)

Deneme süresi sonunda yalnızca 2. ortam akvaryum balıklarındaki solungaç dokularında Pb değeri 5,85 ppm iken, 6. ortam akvaryum balıklarındaki Pb birikim değeri ise 8,55 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 5.). Cd içeren 4. Ortamlardaki balıkların solungaç dokularındaki Cd birikimi 2,13 ppm bulunurken, 6. ortam akvaryumlarındaki balıkların solungaç dokularındaki Cd birikimi ise 3,43 ppm bulunmuştur (Çizelge 4. 6.). 7. ortam akvaryum balıklarının solungaç dokularındaki Pb (2,38 ppm) ve Cd (2,05 ppm) birikim değerlerinde azalma gözlemlenmiştir (Şekil 4. 7.).



Şekil 4.8. Melez Tilapia'nın karaciğer dokusunda Pb ve Cd karışımlarındaki Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi (mg l⁻¹/y.a.)

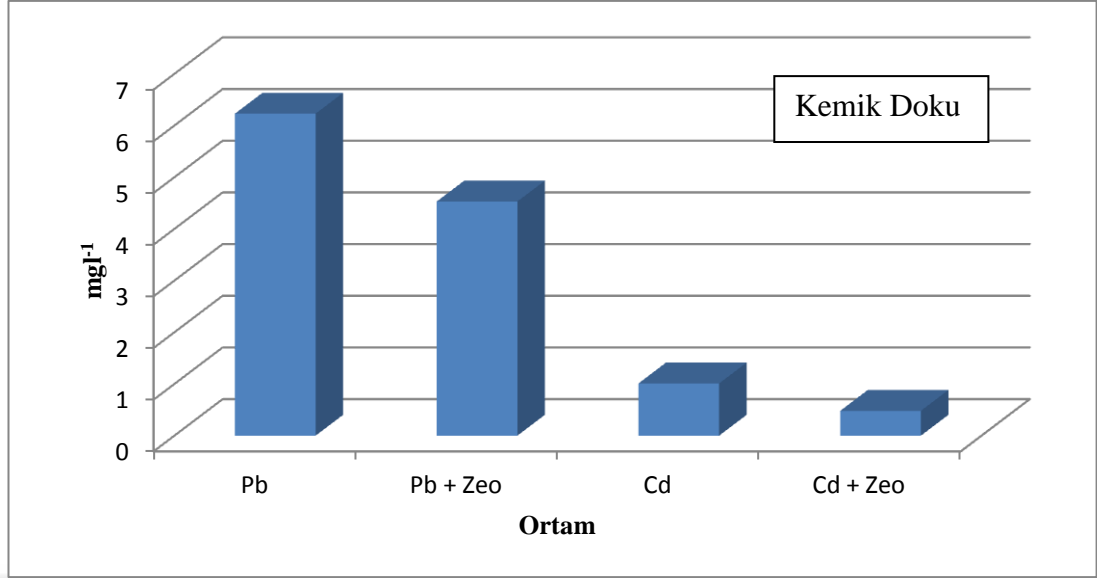
14 günlük deney süresi sonunda sadece Pb içeren ortamlardaki balıkların karaciğer dokularında Pb değeri 15,27 ppm bulunurken, Pb+Cd içeren ortamlardaki balıkların karaciğer dokularında Pb birikimi 9,71 ppm olarak tespit edilmiştir. Cd içeren ortamlardaki balıkların karaciğer dokularında Cd birikimi 5,48 ppm bulunurken, Pb+Cd içeren ortamlardaki balıkların karaciğer dokularında Cd birikimi 9,43 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 6.). 7. ortam akvaryumlarındaki balıkların karaciğer dokularındaki metal birikimlerinin 6. ortam akvaryumlarındaki balıkların karaciğer dokularındaki metal birikimlerinden daha az olduğu (Pb birikiminde % 21, Cd birikiminde % 62 azalma) gözlemlenmiştir (Şekil 4.8.).



Şekil 4.9. Melez Tilapia'nın böbrek dokusunda Pb ve Cd karışımlarındaki Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi (mg l⁻¹/y.a.)

Deneme sonunda 2. Ortam akvaryum balıklarının böbrek dokularında Pb değeri 183,46 ppm olarak hesaplanırken, 6. ortam akvaryum balıklarının böbrek dokularında Pb birikiminde 79,02 ppm olarak tespit edilmiştir. 4. ortam akvaryum balıklarının böbrek dokularında Cd birikimi 7,90 ppm bulunurken, 6. ortam akvaryum balıklarının böbrek dokularında Cd birikimi ise 14,42 ppm olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 4. 6.).

7. Ortam akvaryum balıklarının böbrek dokularında Pb ve Cd birikim değerlerinde azalma (Pb birikiminde % 41 iken, Cd birikiminde ise % 37) gözlemlenmiştir (Şekil 4. 9.).



Şekil 4.10. Melez Tilapia'nın kemik dokusunda Pb ve Cd karışımlarındaki Pb ve Cd birikimi ve bu birikimlere zeolitin etkisi ($\text{mg l}^{-1}/\text{y.a.}$)

14 gün süre sonunda; 2.ortam akvaryum balıklarının kemik dokularında Pb değeri 5,72 ppm olarak hesaplanırken, 6. Ortam akvaryum balıklarının kemik dokularında Pb birikimi 6,23 ppm olarak tespit edilmiştir. 4. ortam akvaryum balıklarının kemik dokularında Cd birikimi 0,84 ppm bulunurken, 6. ortam akvaryum balıklarının kemik dokularında Cd birikimi ise 1,01 ppm olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 4. 6.).

7. ortam akvaryum balıklarının kemik dokularında Pb ve Cd birikim değerlerinde azalma (Pb birikiminde 1,7 ppm iken, Cd birikiminde ise 0,53 ppm) gözlemlenmiştir (Şekil 4. 10.).

4.2.Tartışma

Sucul ortama doğal ya da antropojenik yollarla giren ağır metaller sucul canlıları etkilemekte, öncelikle onlarda davranış bozuklukları gözlenmektedir. Balıkların etkilenmesi metal derişimine, etki süresine göre değişim göstermektedir (Venkataramona ve Radhakrishnaiah 2001).

Mc. Geer ve ark. (2000) yaptıkları bir çalışmada, farklı kadmiyum derişimlerine maruz bırakıldıkları zaman balıklarda iştah azalması, harekette yavaşlamanın olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada da kurşun ortamına bırakılan balıkların hareketlerinde kontrol akvaryumlarındaki balıkların davranışları ile karşılaştırıldığında yavaşlama olduğu

gözlemlenmiştir. Kurşun ortamına zeolit ilave edildiğinde balıkların davranışlarının yalnızca kurşun ortamına göre daha da yavaş olduğu tespit edilmiştir.

Kadmiyum ortamındaki balıkların kurşun içeren akvaryumlardaki balıklara göre hareketlerinin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Ancak kadmiyum ortamına zeolit eklenmesi ile ortamdaki balıkların akvaryum dibine sıralı bir şekilde dizildikleri tespit edilmiştir.

Kurşun + kadmiyum içeren akvaryumlardaki balıklar su yüzeyine sıçrama gibi davranışlar sergilemiştir. Aynı şekilde kurşun + kadmiyum karışımına zeolit eklenmesiyle de balıkların davranışlarında bir hiperaktiflik gözlemlenmiştir.

Ağır metaller genelde metallotionein gibi metabolik olarak inaktif proteinlerle kompleks yapmakta ve toksik olan formlarda birikmektedirler (Winner ve Gaus 1986). Balıklarda ağır metallerin birikimlerinin genelde solungaç yoluyla, besin yoluyla ve vücut yüzeyiyle olduğu belirtilmektedir. Bünyeye giren metaller, taşıyıcı proteinlerle kan yoluyla taşınır. Genelde hedef doku ve organlar metabolik faaliyetlerin yüksek olduğu organlardır ve bu organlarda metal bağlayıcı proteinlere bağlanmakta olup bu organlarda metal derişimini arttırmaktadır (Heath, 1995).

Metal içeren ortamlarda bulunan balıkların dokularındaki birikiminin etkide kalma süresi ve derişime göre arttığı ileri sürülmektedir (Tao ve ark. , 1999). Bu araştırmada da 14 gün deneme süresi sonunda çalışılan metallerin tüm dokularda biriktiği tespit edilmiştir.

Yapılan bazı araştırmalarda ağır metallerin organizmadaki toksisitesini azaltmak için EDTA, NTA, sitrat ve zeolit gibi birçok madde kullanıldığı açıklanmıştır (Muramoto 1980; James ve ark., 1998; Çoğun ve Şahin 2012).

Zeolitler, kation değiştirebilme yeteneklerinden ve ağır metal kasyonlarına ilgisinden dolayı birçok araştırmada ağır metal giderimi için kullanılmışlardır (Mishra ve Jain 2009; Çoğun ve Şahin 2012). Zeolitlerin; su ortamındaki ağır metal derişimlerini azaltması sonucu canlı dokulardaki ağır metal düzeylerini de azalttığı bildirilmiştir (Sherivastava ve ark., 2001).

Araştırma da gerek kurşun gerekse kadmiyum metallerinin birikiminin giderilmesinde zeolit olumlu etkisi tespit edilmiş, zeolit Melez Tilapia' nın çalışılan dokularında metal birikimini azaltma yönünde katkı sağladığı gözlemlenmiştir.

Kadmiyumun tek başına ve diğer metallerle karışımında *Oreochromis aureus*' un tüm dokularına göre kas dokusunda düşük düzeyde biriktirdiği saptanmıştır (Odzak, N., and Zvonaric T. 1995; Allen 1995). *C. carpio*' da kadmiyumun subletal ortam derişimlerinde 29 gün süre ile yürütölen araştırmada en düşük metal birikiminin kas dokusunda olduğunu bildirmişlerdir (De Smet, H. ve Blust, R., 2001).

Bu çalışmada da kullanılan ppm seviyesinde kadmiyumun tek başına ve kurşun ile etkileşiminde kas dokuda birikiminin olmadığı gözlemlenmiştir. Kas dokudaki kurşun birikiminin etkin olmasında ise, kurşun derişiminin yüksekliğinden kaynaklandığı düşünölebilir.

Düşük derişimlerde ağır metallere maruz bırakılan balıkların solungaç ve iç organlarında hasarların meydana geldiği birçok araştırıcı tarafından belirtilmiştir (Buckley ve ark, 1982; Health, 1995; Simons ve Pocock, 1987; Hutcinson ve Sprague, 1989). Solungaç epitelyumu iyon taşınması ve gaz alışverişini kolaylaştırmak için geniş bir yüzey alanına sahip olup, yüksek damarlı yapıya sahip olması nedeniyle aynı zamanda toksik maddeler için birincil hedef olmaktadır (Garcia-Santos ve ark., 2006).

Bu çalışmada da kurşun derişimi etkisinde kalan balıkların solungaçlarında fazla miktarda mukus birikimi, yüzgeçlerde dejenerasyon gözlemlenmiştir.

Oreochromis mossambicus' da Cd^{2+} ' nun 40, 80, 160 ppb derişimlerinin 3 ve 7 gün süreyle etkileri sonucunda balığın solungaç dokusundaki Cd^{2+} birikiminin arttığını Ca^{2+} - ATPaz aktivitesinin ise Cd^{2+} birikimine bağlı olarak ters orantılı olarak azalış gösterdiğini gözlemlenmiştir (Wong ve Wong 2000).

Bu çalışmada ise 14 gün sürede kadmiyumun 5 mg l^{-1} derişimine maruz bırakılan balıkların solungaç dokusunda Cd birikiminde artış olurken ortama zeolitin eklenmesi ile solungaç dokuda ki kadmiyum birikiminde herhangi bir değişiklik olmamıştır.

Kurşunun balıkların karaciğerinde hücrenel metabolizmayı ve enzimleri inhibe ettiği, çözünebilir protein RNA ve içeriğinin azalmasına sebep olduğunu, uygulanan zeolitin kurşun nitrat kaynaklı etkileri azalttığını ve yem alımını arttırdığı düşünölmektedir (Jain 1999).

Bu çalışmada da 20 mg l^{-1} Pb^{2+} içeren ortamda balıkların karaciğer dokularındaki birikimin arttığını ve bu ortama $0,1\text{ g l}^{-1}$ zeolitin eklenmesiyle balıkların karaciğer dokularındaki kurşun birikiminin azaldığı gözlemlenmiştir.

Tilapia zilli' de böbrek dokusundaki kurşun birikiminin fazla miktarda olmasının; bu dokunun kurşun bağlayıcı proteinler içermesinden ve metal atılımının böbrek doku üzerinde olmasından kaynakladığını rapor etmişlerdir (Karataş ve Kalay 2002).

Araştırmada da 20 mg l⁻¹ kurşun derişimine bırakılan balıkların dokularındaki kurşun birikiminin böbrek dokuda daha fazla biriktiği gözlemlenmiştir.

Tilapia nilotica'da kadmiyum birikiminin en fazla böbrek dokusunda, daha sonra sırasıyla karaciğer, dalak, solungaç ve kas dokularında bulunduğu ileri sürülmektedir (Kalay, 1996).

Bu çalışma da ise 14 gün süre sonunda kadmiyum birikiminin en fazla böbrek dokuda olduğu, bunu da karaciğer, solungaç ve kemik dokunun takip ettiği gözlemlenmiş olup, kas dokuda ise kadmiyum birikimi ölçülememiştir.

Böbrek ve karaciğer metal birikiminde önemli organlar olduğu gibi metal toksisitesinden en fazla etkilenen dokulardır. Bu dokuların metabolizmada önemli rol oynadığı ve birçok enzimin de bu dokularda işlev gördüğü belirtilmiştir (Kay ve ark, 1986; Cinier ve ark, 1999). Kadmiyumun etkisine bırakılan *Oreochromis aureus*' da metal birikiminin en fazla böbreklerde olduğu ve bunu karaciğer, solungaç ve kas dokularının takip ettiğini belirtilmiştir (Woo ve ark., 1993).

Bu araştırmada ise en yüksek Cd birikiminin karaciğerde olduğu bunu böbrek, solungaç, kemik ve kas dokusunun izlediği gözlemlenmiştir. En yüksek Pb birikiminin ise böbrekte olduğu bunu karaciğer, kas, solungaç ve kemik dokularının izlediği tespit edilmiştir.

Tilapia nilotica'nın kas, beyin ve kemik dokularındaki kadmiyum birikiminin %16'sının kas dokuda, %36'sının kemik dokuda, %48'inin ise beyin dokuda olduğunu hesaplamışlardır (Kalay ve Karataş, 1999).

Bu çalışmada da kemik dokudaki Cd birikiminin 0,84 ppm olduğu hesaplanmıştır.

Çoğunlukla klorit hücrelerde bulunan Ca²⁺-ATPaz' ın inhibisyon bölgesinin Ca²⁺ bağlayan bölge olduğu ve klorit hücrelerin Cd²⁺ toksisitesi için birincil hedef olduğunu belirtmişlerdir (Flik ve ark., 1985; Verbost ve ark., 1988). Bununla birlikte *Oreochromis niloticus*'da kas Ca²⁺-ATPaz aktivitesinin Cd²⁺, Zn²⁺ ve Pb²⁺' nin 14 günlük etkisi sonunda azalış gösterdiği tespit edilmiştir (Atlı ve Canlı, 2007).

15 gün sonunda incelenen balıkların dokularındaki Cd^{2+} birikim düzeylerinin böbrek>karaciğer>dalak>solungaç>kas şeklinde olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 15 gün sonunda balıkların böbrek ve karaciğer dokularındaki Cd^{2+} birikimi, $Cd^{2+} + Pb^{2+}$ karışımında artarken, solungaçlarda azalmış, dalak ve kas dokularında ise değişmediğini gözlemlemiştir (Cicik ve ark., 2004).

14 gün sürede $1 \mu g/mL$ Cd^{2+} , Cu^{2+} ve Zn^{2+} ile bu metallerin ikili ve üçlü karışımlarının *Oreochromis niloticus*'un karaciğer dokusundaki metallothionein benzeri proteinlere olan etkileri sonucunda, metal birikiminin yalnız Cd^{2+} etkisinde en yüksek düzeyde olduğunu, bunu $Cd^{2+}-Zn^{2+}$ karışımının takip ettiğini, ayrıca metallothionein benzeri proteinlerin de Cd^{2+} etkisinde en yüksek düzeye çıktığını, metal etkileşimlerinin de bu protein üzerinde etkili olduğunu ileri sürmüşlerdir (Eroğlu ve ark., 2005).

Yaptığımız çalışmada da 14 gün süre sonunda balıkların dokularındaki Cd birikimi böbrek>karaciğer>kemik>solungaç şeklinde sıralanmıştır. Cd+Pb karışımındaki balıkların karaciğer, böbrek ve solungaç dokularında Cd birikimi artarken kemik dokuda herhangi bir anormal artışın olmadığı gözlemlenmiştir.

14 gün süre sonunda balıkların dokularındaki Pb birikiminin böbrek>karaciğer>kas>solungaç>kemik şeklinde olduğu gözlemlenirken, Cd+Pb karışımındaki balıkların solungaç ve kemik dokularında metal birikimlerinin arttığı, kas, karaciğer ve böbrek dokularında ise Pb birikiminin azaldığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada; (20 mg^l⁻¹ Pb²⁺) ve kadmiyum (5 mg^l⁻¹ Cd²⁺) metallerinin ayrı ayrı ve birlikte bulunduğu akvaryum ortamlarında 14 gün süreyle tutulan Melez Tilapia' nın kas, solungaç, karaciğer, böbrek ve kemik dokularındaki birikimler ve bu birikimlerin giderilmesinde zeolitin (0,1 gl⁻¹) etkisi incelenmiştir.

Dokulardaki Kurşun birikimi böbrek>karaciğer>kas>kemik>solungaç olarak değişirken, Kadmiyum birikiminin karaciğer>solungaç>böbrek>kemik şeklinde olduğu belirlenmiştir. Kas dokuda ise kadmiyum birikimi gözlenmemiştir. Ortamda Zeolitin bulunması Melez Tilapia'nın dokularında, birikim sıralamasını değiştirmezken kurşun ve kadmiyum birikimini azalttığı ve bu azalmanın istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

Pb+ Cd içeren ortamlarda ise; hem Kadmiyum hem de Kurşun birikimleri böbrek> karaciğer> solungaç> kemik> kas sıralamasında tespit edilmiştir. Pb+Cd içeren ortamlara zeolitin katılımıyla da kurşun ve kadmiyum birikim değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; Melez Tilapia'nın 14 gün süre sonunda incelenen dokularında kurşun ve kadmiyum birikimi gözlemlenirken, metallerin zeolitli karışımlarında metal birikimi Melez Tilapia dokularında önemli düzeyde azalmıştır.

Bu azalmaların zeolitin iyon değiştirebilme yeteneği ile ortamdaki kurşun ve kadmiyum derişimini azaltarak dokularda birikimi azaltması şeklinde olduğu düşünülmektedir.

Zeolit ve benzer yapıdaki inorganik materyallerin; sucul ortamda bulunabilecek ve balık yaşamını tehdit edecek ağır metallerin etkisini az da olsa gidermekte kullanılabilceği, dolayısıyla çevresel kirliliklerde hızlı bir çözüm olabileceği, bu nedenle ortak metal etkisi ile zeolitin göstereceği koruyucu mekanizmanın tam olarak aydınlatılabilmesi için yeni çalışmalara gereksinim olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Allen, P., 1995. Chronic accumulation of cadmium in the edible tissues of *Oreochromis aureus* (Steindachner): Modification by mercury and lead. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, 29(1), 8-14.
- Almeida, J. A., Novelli, E. L. B., Silva, M. D. P., & Júnior, R. A. 2001. Environmental cadmium exposure and metabolic responses of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Environmental Pollution**, 114(2), 169-175.
- Almeida, J.A., Diniz , Y.S., Marques, S.F.G., Faine, L.A., Ribas, B.O., Burneiko, R.C., and Novelli, E.L.B., 2002. The Use of The Oxidative Stres Responses as Biomarkers in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Exposed to In Vivo Cadmium Contamination. **Environment International**, 27: 673-679.
- Anonim. 2002 . Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms, Fifth Edition, U.S. **Environmental Protection Agency Office of Water, Pennsylvania Avenue, NW Washington DC 20460.**
- Anonim.2013.http://biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/index.php?kategori_id=6andSORU_id=2989 (Erişim: 01.07.2015).
- Atli, G., & Canli, M. 2007. Enzymatic responses to metal exposures in a freshwater fish *Oreochromis niloticus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, 145(2), 282-287.
- ATSDR, 2006. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, CERCLA Priority List of Hazardous Substances. <http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/05list.html>. (Erişim: 01.07.2015).
- Ay, Ö., Kalay, M., Tamer, L., & Canli, M. 1999. Copper and lead accumulation in tissues of a freshwater fish *Tilapia zillii* and its effects on the branchial Na, K-ATPase activity. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 62(2), 160-168.
- Cicik, B., Ay, Ö., & Karayakar, F. (2004). Effects of lead and cadmium interactions on the metal accumulation in tissue and organs of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, 72(1), 141-148.

- Berman, E. 1980. Copper, Toxic Metals and Their Analysis. **12, 88-100., Heyden Son LTD, London.**
- Bilgili, A., Sağmanlıgil, H., Çetinkaya, N., Yarsan, E., & Türel, İ. 1995. Van gölü suyunun doğal kalitesi ve buradan avlanan İnci kefali (*Calcalburnus tarichii*, Pallas 1811) örneklelerinde bazı ağır metal düzeyleri. **A Ü Vet Fak Derg**, 42, 445-450.
- Buckley, J. T., Roch, M., McCarter, J. A., Rendell, C. A., & Matheson, A. T. 1982. Chronic exposure of coho salmon to sublethal concentrations of copper—I. Effect on growth, on accumulation and distribution of copper, and on copper tolerance. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology**, 72(1), 15-19.
- Burden, V. M., Sandheinrich, M. B., Caldwell, C. A. 1998. Effects of Lead on the Growth and -aminolevulinic Acid Dehydratase Activity of Juvenile Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Environmental Pollution**. 101., 285-289.
- Chaurasia M. K., JAin, S. K. 2006. Natural zeolite mediated toxicity in fish. **Asian Journal of Experimental Sciences**. 20(2) 303-308.
- CiCiK, Bedii, and Engin K.. 2005. "The effects of cadmium on levels of glucose in serum and glycogen reserves in the liver and muscle tissues of *Cyprinus carpio* (L., 1758)." **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences** 29.1 2005: 113-117.
- Çalışkan, E. , 2005 , "Asi Nehri'nde su, sediment ve karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822)'ta ağır metal birikiminin araştırılması", M.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Hatay 1-70, 2005.
- Çoğun H. Y. ve Uras, G.2012 . *Oreochromis niloticus* dokularında alüminyum toksisitesi üzerine kalsiyumun koruyucu etkisi. **Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** **29(1)**: 41-47.
- Çoğun H. Y. ve M. Şahin 2012 The effect of zeolite on reduction of lead toxicity in Nil tilapia (*Oreochromis Niloticus* Linnaeus, 1758) **Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakülte Dergisi**. 18 (1): 135-140.
- Çoğun H. Y., and Kargın F., 2011 "*Cyprinus carpio* ' da solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularında kurşun birikimi"

- Çoğun, H. Y., Kargın, F. And Yüzeroğlu T. A. 2003. Accumulation of copper and cadmium in small and large Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 71 : 8523-8528.
- Çoğun, H. Y. and Kargın, F., 2004. Effects of pH on the mortality and accumulation of copper in tissues of *Oreochromis niloticus*. **Chemosphere**. 55, 277-282.
- De Conto Cinier, Christine, et al. 1999. "Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues." **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology** 122.3 1999: 345-352.
- De Smet, H. and Blust, R., 2001. Stress Responses and Changes in Protein Metabolism in carp *Cyprinus Caprio* During Cadmium Exposure. **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, 48: 255-262.
- Demir, N., Göktürk, T., & Akçay, O. 2014. Bazı Kozmetik Ürünlerde Ağır Metal (Pb, Cd) Tayini. **Suleyman Demirel University Journal of Science**, 9(2)
- Dinler, Z. , M. , 2005. “ Zeolitin (Clinoptilolite) Tilapyada (*Oreochromis niloticus*) bakır toksisitesi üzerine koruyucu etkisi”, M.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Hatay, 2005.
- Eroglu, K., G. Atli, and M. Canli. 2005 "Effects of metal (Cd, Cu, Zn) interactions on the profiles of metallothionein-like proteins in the Nile fish *Oreochromis niloticus*." **Bulletin of environmental contamination and toxicology** 75.2 2005: 390-399.
- Fırat Ö, and Kargın F., 2008. "*Oreochromis niloticus*' da kadmiyumun bazı kan parametreleri üzerine etkisi”
- Garcia-Santos, S., Fontainhas-Fernandes, A., & Wilson, J. M. (2006). Cadmium tolerance in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following acute exposure: assessment of some ionoregulatory parameters. **Environmental toxicology**, 21(1), 33-46.
- Heath, A. G. 1995. Water pollution and fish physiology. **CRC press**.
- Hollis, L., McGeer, J. C., McDonald, D. G., & Wood, C. M. 1999. Cadmium accumulation, gill Cd binding, acclimation, and physiological effects during long term sublethal Cd exposure in rainbow trout. **Aquatic Toxicology**, 46(2), 101-119.

- Hutchinson, N. J., and J. B. Sprague. 1989 "Lethality of trace metal mixtures to American flagfish in neutralized acid water." **Archives of environmental contamination and toxicology** 18.1 1989: 249-254.
- Jain, S.K. 1999. Protective roles of zeolite on short and long term lead toxicity in Teleost fish *Heteropoeustes fossilis*. **Chemosphere**, 39(2): 247-251.
- James, R., Sampath, K., and Selvamani, P. 1998. **Effect of EDTA on reduction of copper toxicity in *Oreochromis mossambicus* (Peters)**. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, 60(3), 487-493.
- James, R., & Sampath, K. 2003. Effect of animal and plant protein diets on growth and fecundity in ornamental fish, betta splendens (regan).
- James, R., Sapmath, K. 2000. Effect of zeolite on the reduction of cadmium level in water and fish body and growth improvement in a catfish *Heteropneustes fossilis* (Bloch). **Journal of Aquaculture in the tropics**. 15(4), 329-338.
- James, R. 2000. Effect of zeolite on reduction of cadmium level in water and improvement of haematological parameters in *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Indian Journal of Fisheries**. 47(1), 29-35.
- Kalay, M. 1996. "*Tilapia nilotica*' da Karaciğer, Dalak, Böbrek, Kas ve Solungaç Dokularındaki Kadmiyum Birikiminin Total Protein Düzeyi ve İyon Dağılımı Üzerine Etkileri." ÇÜ Fen Bilimleri Enst. Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 72s 1996.
- Kalay, M., and Canlı, M. 2000. Elimination of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) metals from tissues of a freshwater fish *Tilapia zilli*. **Turkish Journal of Zoology**, 24(4), 429-436.
- Kalay Y, M., and Karataş, S., 1999. Kadmiyumun *Tilapia nilotica* (L.)' da Kas, Beyin ve Kemik (Omurga Kemiği) Dokularındaki Birikimi. **Turk J Zool** 23(3): 985-991.
- Kahvecioglu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. 2006. TMMOB Metalürji Mühendisleri Odası, **Metalürji Dergisi**, Sayı 136.
- Karataş S, Sahire, and Kalay M . 2002. "*Tilapia zilli*' nin Solungaç, Karaciğer, Böbrek ve Beyin Dokularında Kurşun Birikimi." **Turk J Vet Anim Sci** 26 2000: 471-477.

- Kay, J., Thomas, D. G., Brown, M. W., Cryer, A., Shurben, D., Solbe, J. F., & Garvey, J. S. 1986. Cadmium accumulation and protein binding patterns in tissues of the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. **Environmental health perspectives**, 65, 133.
- Kaya H., Akbulut H. 2012 "Kurşuna Maruz Bırakılan Tilapia (*Oreochromis mossambicus*)'nın Eritrosit Morfolojisinde Görülen Değişimler / Changes in Erythrocyte Morphology of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Exposed to Lead." **Alın Teri Zira Bilimler Dergisi** 22.1 2012.
- Kennish M.J. 1992, Ecology of estuaries: anthropogenic effects. **CRC Marine Science Series, 3. CRC Press: Boca Raton, FL (USA).**
- Kotemen Y., Kargin F., 2013 Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Yıl:2013 Cilt:29-3
- Kuşatan, Z. , 2004. “ *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)’ nın çeşitli dokularındaki kadmiyum birikiminin bazı biyokimyasal parametreler üzerine kantitatif etkileri”, ME. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Mersin, 2004.
- Kürkçü, Y. 2001. Kurşun Nitrat Metal Tuzunun Lepistes (*Poecilia reticulata*) Üzerindeki Akut Toksik Etkisinin Arastirilmesi ve Davranis Degisimlerinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Lovell, T. , 1989. Nutrition and Feeding of Fish. An. AVI Book. **Published by Van Nostrand Reinhad. New York.** 260 p.
- McGeer, J. C., Szebedinszky, C., McDonald, D. G., & Wood, C. M. 2000. Effects of chronic sublethal exposure to waterborne Cu, Cd or Zn in rainbow trout. 1: Iono-regulatory disturbance and metabolic costs. **Aquatic Toxicology**, 50(3), 231-243.
- Mishra, M. Jain, S. K. 2009. Effects of naturel ion exchanger Chabazite for remediation of lead toxicity: an experimental study in teleost fish *Heteropneustes fossilis*. **Asian Journal of Experimental Sciences**, 23(1): 39-44.
- Muramoto, S. 1980. Effect of complexans (EDTA, NTA and DTPA) on the exposure to high concentrations of cadmium, copper, zinc and lead. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, 25(1), 941-946.

- Odzak, N., and Zvonaric T. 1995. "Cadmium and lead uptake from food by the fish *Dicentrarchus labrax*." **Water Science and Technology** 32.9-10 1995: 49-55.
- Ogunji, J. , O. , 2004. Alternative Protein Sources in Diets formed Tilapia. **Animal Science. con. Reviews No. 13 Nutrition Abstract and Reviews: Series B74 (9)** 23-32.
- Özdemir, H. S., 1981. Genel Anorganik ve Teknik Kimya. **Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.**
- Papaioannou , D.S., Kyriakis, C.S., Alexopoulos, C.,2004. A Field Study on the Effect of Dietary Use of a Clinoptilolite-rich Tuff, Alone or In Combination With Certain Antimicrobials, on the Health Status and 54 Performance of Weaned, Growing and Finishing Pigs. *Res.Vet.Sci.*, 76, 19-29.
- Ravera, O., 1984. Cadmium in Freshwater Ecosystems. **Experientia.** 40, 2-14.
- Rether, A. . 2002. Entwicklung und Charakterisierung wasser löslicher Benzoyl thiharnstoffunktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwassern und Prozesslösungen. Doktora Tezi, Münih Teknik Üniversitesi.
- Reyhan, İ. , Ç. , 2014, “*Oreochromis niloticus*’ da bakır ve kadmiyum birikiminde kalsiyum ve zeolit in etkileri”, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kilis, 2014.
- Sağlam, N., Cihangir, N. 1995. Studies of biological processes, Biosorption of Heavy Metals, (in Turkish). **Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergi.**, 11: 157-161.
- Sağlamtimur, B. , 1998, “Bakır ve Kadmiyum karışımının etkisinde *Tilapia nilotica* (L.)’ nın farklı dokularında bakır ve kadmiyum birikimi”, ME. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Mersin, 1998.
- Sağlamtimur, B., Cicik, B., & Erdem, C. 2004. Kısa Süreli Bakır-Kadmiyum Etkileşiminde Tatlısu Çipurası (*Oreochromis niloticus* L. 1758)'nın Karaciğer, Böbrek, Solungaç ve Kas Dokularındaki Kadmiyum Birikimi. **Ekoloji**, 14(53), 33-38.

- Sastry, K. V. and Subhadra, K. M. 1985. In-vivo Effects of Cadmium on Some Enzyme Activities in Tissues of the Freshwater Catfish *Heteropneustes fossilis*. **Environmental Research**, 36: 32-45.
- Sarıççek , Z., 1995. Yemler Bilgisi Laboratuar Kılavuzu. OMÜ, Ziraat Fakültesi, Ders Notu: 16, 68 s., Samsun.
- Saruhan, E., Toral, O.: 1980 Bir Tropik Balık Türü Olan *Tilapia Nilotica* (Lin.) 1758' in Çukurova Bölgesinde Geliştirme Sorunları Üzerine Bir Tartışma Tübitak 7. Bilim Kongresi (9 Eylül – 3 Ekim 1980, İstanbul).
- Simons, T. J. B., and G. Pocock. 1987. "Lead enters bovine adrenal medullary cells through calcium channels." **Journal of neurochemistry** 48.2 1987: 383-389.
- Şah, D. , 2007, “ *Oreochromis niloticus*’ un doku ve organlarında kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi”, Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Adana, 2007.
- Şahin, M., 2011, “*Oreochromis niloticus*’ da kurşun toksisitesinin azalmasında zeolitinin etkisi”, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kilis, 2011.
- Tekelioğlu, N., Sarıhan, E., Polat, A. ve Işık, O., 1991. Farklı Stoklama Oranlarının Tatlısu Çipurası (*Oreochromis niloticus*) ‘nın Gelişmesi ve Ürün Verimliliği Üzerine Etkileri. Eğitimin 10. Yılında Su Ürünleri Sempozyumu İzmir p.237-248.
- Tao, S., Liu, C., Dawson, R., Cao, J., & Li, B. 1999. Uptake of particulate lead via the gills of fish (*Carassius auratus*). **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, 37(3), 352-357.
- Tepe, Y., Akyurt, I., Ciminli, C., Mutlu, E., & Caliskan, M. 2004. Protective effect of clinoptilolite on lead toxicity in common carp *Cyprinus carpio*. **Fresenius Environmental Bulletin**, 13(7), 639-642.
- Tunçsoy, M. , 2011, “ Bakır, çinko ve kadmiyumun tek başlarına ve karışımlarının etkisinde *Oreochromis niloticus*’ un karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi”, Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Adana, 2011.

- Venkataramana, P., and K. Radhakrishnaiah. 2001. "Copper-influenced changes in lactate dehydrogenase and G-6-PDH activities of the freshwater teleost, *Labeo rohita*." **Bulletin of environmental contamination and toxicology** 67.2 2001: 257-263.
- Verbost, P. M., Flik, G., Lock, R. A. C. and Wendelaar Bonga, S. E., 1987. Cadmium Inhibition of Ca²⁺ Uptake in Rainbow Trout Gills. **Am. J. Physiol.**, 253: 216-221.
- Verbost, P. M., Flik, G., Lock, R. A. C. and Wendelaar Bonga, S. E., 1989. The Movement of Cadmium Through Freshwater Trout Branchial Epithelium and Its Interference With Calcium Transport. **J. Exp. Biol.**, 145: 185-197.
- Winner, R. W., & Gauss, J. D. (1986). Relationship between chronic toxicity and bioaccumulation of copper, cadmium and zinc as affected by water hardness and humic acid. **Aquatic Toxicology**, 8(3), 149-161.
- Wong, Chris KC, and M. H. Wong. 2000. "Morphological and biochemical changes in the gills of *Tilapia (Oreochromis mossambicus)* to ambient cadmium exposure." **Aquatic Toxicology**, 48.4 2000: 517-527.
- Wood, C., 2001. Toxic responses of the gill. In: Schlenk, D.W., Benson., W.H. (Eds.), Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts. **Vol. 1, Organs. Taylor and Francis Washington, DC, 1-89.**
- Wood, P. T. K., SIN, Y. M. and WONG, M. K. 1993. The Effects of Short-term Acute Cadmium Exposure on Blue Tilapia, *Oreochromis aureus*. **Environ. Biology of Fishes.**, 37: 67-74.
- Yeşilbudak, B. , 2009, “ *Cyprinus carpio* ve *Oreochromis niloticus*’ un solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında çinko ve kadmiyum birikimi” , Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Adana, 2009.
- Yılmaz, A. B., Turan, C., & Toker, T. 2010. Uptake and distribution of hexavalent chromium in tissues (gill, skin and muscle) of a freshwater fish, *Tilapia, Oreochromis aureus*. **Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, 2(3), 28-33.
- Younis, E. M., Abdel-Warith, A. A., Al-Asgah, N. A., Ebaid, H., & Mubarak, M. 2013. Histological changes in the liver and intestine of Nile tilapia, *Oreochromis*

niloticus, exposed to sublethal concentrations of cadmium. **Pakistan J. Zool**, 45(3), 833-841.



ÖZGEÇMİŞ

Ela Nur ALKAN, 1989 yılında İskenderun' da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve liseyi İskenderun' da tamamladı. 2007 yılında Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ni kazandı, 2014 yılında Su Ürünleri Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 2014 yılında İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

