ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Mustafa TÜRKOĞLU

MERSİN KÖRFEZİNDEKİ SU, SEDİMENT VE BAZI SUCUL ORGANİZMALARDA AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN AYLIK DEĞİŞİMİ

SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER ANABİLİM DALI

ADANA-2018

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MERSİN KÖRFEZİNDEKİ SU, SEDİMENT VE BAZI SUCUL ORGANİZMALARDA AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN AYLIK DEĞİŞİMİ

Mustafa TÜRKOĞLU

DOKTORA TEZİ

SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER ANABİLİM DALI

Bu Tez 11/05/2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

……	……	……..
Prof. Dr. Dursun AVŞAR	Prof. Dr. M.Z.Lugal GÖKSU	Prof. Dr. Ferit KARGIN
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE
……	……	
Prof. Dr. Bedii CİCİK	Prof. Dr. Meltem DURAL EKEN	
ÜYE	ÜYE	

Bu Tez Enstitümüz Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: SÜF 2010 D2

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

MERSİN KÖRFEZİNDEKİ SU, SEDİMENT VE BAZI SUCUL ORGANİZMALARDA AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN AYLIK DEĞİŞİMİ

Mustafa TÜRKOĞLU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ TEMEL BİLİMLER ANABİLİMDALI

Danışman : Prof. Dr. Dursun AVŞAR
Yıl : 2018, Sayfa: 183
Jüri : Prof. Dr. Dursun AVŞAR
: Prof. Dr. M.Z.Lugal GÖKSU
: Prof. Dr. Ferit KARGIN
: Prof. Dr. Bedii CİCİK
: Prof. Dr. Meltem DURAL EKEN

Bu çalışmada Mersin Körfezi'nden temin edilen su, sediment, mavi yengeç (*Callinectes sapidus*), Japon karidesi (*Penaeus japonicus*), mırmır (*Lithognathus mormyrus*), keserbaş barbun (*Mullus barbatus*) ve dil balığı (*Solea solea*)'da ağır metallerden Cd, Pb, As, Zn, Cu ve Cr'un aylık ve mevsimsel yoğunlukları araştırılmıştır. Mersin ile Erdemli ve Silifke açıklarından seçilen üç istasyondan 2010 yılının Haziranından 2011 yılı Mayısına kadar olan dönemde aylık olarak örnekleme yapılmıştır.

Su, sediment ve canlı örneklerindeki ortalama metal yoğunluklarının ülkemiz resmi makamlarınca belirlenen kabul edilebilir düzeylerin altında olduğu bulunmuştur. Ancak Mersin istasyonundan temin edilen sediment örneklerindeki Cr düzeyi ile her üç istasyon için mırmır örneklerinin bir kaçındaki Cd seviyesinin bu değerlerden fazla olduğu belirlenmiştir.

Çalışılan örneklerdeki en yüksek ağır metal yoğunlukları Zn hariç diğer tüm metaller itibariyle sedimentte belirlenmiştir. En düşük yoğunluklar ise çalışılan metallerin tamamında deniz suyunda tespit edilmiştir. Çinko açısından ise en yüksek yoğunluk mavi yengeçlerde ölçülmüştür.

Ağır metal düzeylerinin mevsimsel değişimleri ise çalışılan metale ve örneğin cinsine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada ağır metaller açısından su, sediment ve canlılar arasındaki etkileşimler de araştırılmıştır. Sonuç olarak çalışılan ağır metaller açısından inceleme alanında net olarak bir kirlenme görülmemiş olsa da bazı materyal ve istasyonlarda sınır değerlere yakın veya yüksek ağır metal düzeylerinin tespit edilmiş olması, bölgenin ağır metal kirliliği açısından takip edilmesinin önemli olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Callinectes sapidus*, *Penaeus japonicus*, *Lithognathus mormyrus*, *Mullus barbatus*, *Solea solea*

ABSTRACT

PhD THESIS

THE MONTHLY CHANGE OF HEAVY METAL LEVELS IN THE SEA WATER, SEDIMENT AND SOME AQUATIC ORGANISMS IN MERSIN BAY

Mustafa TÜRKOĞLU

ÇUKUROVA UNIVERSİTY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF BASIC SCIENCE OF FISHERIES

Supervisor : Prof. Dr. Dursun AVŞAR
Yıl : 2018, Sayfa: 183
Jury : Prof. Dr. Dursun AVŞAR
: Prof. Dr. M.Z.Lugal GÖKSU
: Prof. Dr. Ferit KARGIN
: Prof. Dr. Bedii CİCİK
: Prof. Dr. Meltem DURAL EKEN

Monthly and seasonal concentrations of heavy metals (Cd, Pb, As, Zn, Cu, Cr) were investigated in sea water, sediment, blue crab (*Callinectes sapidus*), kuruma prawn (*Penaeus japonicus*), striped seabream (*Lithognathus mormyrus*), red mullet (*Mullus barbatus*) and common sole (*Solea solea*) from Mersin Bay. Sampling was carried out by monthly intervals from June 2010 to May 2011 in three stations selected from the offshore of Mersin, Erdemli and Silifke.

The concentrations were found to be below the acceptable levels determined by the official authority of Turkey for water, sediment and above given species. However, it was determined that Cr level in sediment samples obtained from Mersin station and Cd level in a few striped seabream samples for all three stations are higher than these values.

The highest heavy metal concentrations in the studied samples were determined in the sediments with respect to all other heavy metals except Zn. The lowest concentrations were detected in sea water in all of the metals studied. The highest density was measured in blue crabs for Zn concentration.

The seasonal changes of heavy metal levels varied depending on the heavy metals and the species. In addition, interactions between sea water, sediment and species for heavy metals have been investigated in this study. As a result, although it can not be seen that there is no contamination on the study area, it has been shown that it is important that the monitoring of the area for heavy metal pollution, because heavy metal concentrations in some materials and stations are almost acceptable levels.

Anahtar Kelimeler: *Callinectes sapidus*, *Penaeus japonicus*, *Lithognathus mormyrus*, *Mullus barbatus*, *Solea solea*

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Doğal çevreye doğrudan ya da dolaylı bırakılan kirleticilerdeki artış, doğal yaşamı olumsuz yönde etkilemektedir. Kirleticilerin son durak olarak özellikle sucul ortamlara verilmesi, suların kalitesini bozarak sucul canlılar başta olmak üzere, insanoğlunun yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Ağır metal kirliliği; endüstriyel atıklar, pestisitler, maden yatakları gibi çeşitli kaynaklardan doğal ortama girebilmeleri, çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve besin zinciri yoluyla aktarılabilmeleri nedeniyle kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar.

Bu çalışmada Türkiye'nin Akdeniz kıyı şeridinde yer alan Mersin Körfezi'nden temin edilen su, sediment, mavi yengeç (*Callinectes sapidus*), Japon karidesi (*Penaeus japonicus*), mırmır (*Lithognathus mormyrus*), keserbaş barbun (*Mullus barbatus*) ve dil balığı (*Solea solea*) örneklerinde ağır metallerden Cd, Pb, As, Zn, Cu ve Cr'un mevsimsel yoğunlukları araştırılmıştır. Bu amaçla Mersin ili ile Erdemli ve Silifke ilçelerinin açıklarından seçilen üç istasyondan 2010 yılının Haziranından 2011 yılı Mayısına kadar olan dönemde aylık olarak örnekleme yapılmıştır. Bu çalışma ile Mersin Körfezi'nin ağır metal açısından kirlenmeye maruz kalıp kalmadığı, şayet bir kirlenme var ise bu durumun belirlenmesi, söz konusu kirlenmenin sucul ekosisteme etkisinin olup olmadığı ve bu durumun insan sağlığını etkileyecek boyutta olup olmadığı konusunda bilgi edinmek ve bu konudaki literatüre katkı sağlanmak istenmiştir.

Çalışmada kullanılan canlı örnekleri sırasıyla, Mersin merkez ile Tarsus ilçesi arasındaki Karaduvar sahili açıkları, Erdemli ilçesi açıkları ve Silifke ilçesi yerleşiminin doğu açıklarında avlanan balıkçılardan temin edilmiştir. Su ve sediment örneklemeleri ise Mersin açıklarındaki 36'73.171N-34'78.133E koordinatından; Erdemli açıklarındaki 36'58.506N-34'39.522E koordinatından ve Silifke açıklarındaki 36'28.043N-34'17.562E koordinatından örneklemeye çıkılan teknenin GPS'i yardımıyla temin edilmiştir. Sediment örnekleri Çamur Kepçesi

(Grap sampler) vasıtasıyla su örnekleri ise hemen yüzeyin altından cam kaplarla alınmıştır. Örneklerin toplanması amacıyla 2010 yılı Haziran ayı ile 2011 yılı Mayıs ayı arasında kalan 12 aylık süre boyunca her ay saha çalışması yapılmıştır. Her istasyon bölgesinde belirlenen noktalardan birer adet su ve sediment örneği ile her bir canlı türüne ait popülasyonu temsilen biri büyük diğeri orta ve öbürü küçük boya ait üç bireyden örnek temin edilmiştir.

Alınan örneklerden su ve sediment numuneleri steril cam kavanozlara, canlı örnekler ise şeffaf plastik torbalara konularak etiketlenip gün ışığı, sıcaklık değişimi vb. gibi çevresel dış faktörlerden etkilenmemeleri için buz konmuş plastik taşıma kaplarıyla taşınarak aynı gün Mersin Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'ne ait laboratuara getirilmiştir. Su ve sediment örnekleri laboratuardaki buzdolabında (+4^{o}C)'de, canlı materyaller ise derin dondurucuda analiz edilene kadar (-18^{o}C)'de muhafaza edilmiştir.

Su örnekleri içlerinde bulunabilecek organik maddelerin olumsuz etkilerinin bertaraf edilebilmesi amacıyla ekstra pure %65 nitrik asit ilavesi ile pH değerleri 1'e düşürülerek analize hazır hale getirilmiştir. Sediment ve canlı örnekleri ise MARS5 (Mikrodalga Çözümleme Cihazı) cihazında çözümleme yapılarak analize hazırlanmıştır. Daha sonra tüm örneklerde USEPA tarafından birincil kirletici olarak sınıflndırılan metallerden Zn, Cu ve Cr okumaları Varian Spectraa 880 Flame Atomik Absorbsiyon (AAS) cihazı; Cd, Pb ve As okumaları ise izin verilen limit değerlerinin oldukça düşük olması nedeniyle düşük yoğunlukların tespitinde daha hassas olan Varian Spectraa 880Z Grafite Furnace Atomik Absorbsiyon (ZEAMAN) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Mersin Körfezi sularında tespit edilen tüm ağır metal düzeylerinin Su Kirliliği Yönetmeliği'nde verilen kabul edilebilir değerin altında kaldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Mersin Körfezi sularında ölçülen ağır metallerin su kirliliği yönünden henüz insan sağlığı açısından tehlikeli sayılabilecek yoğunluklara ulaşmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen Mersin Körfezi sularındaki ortalama ağır metal düzeyleri Cd: 0.1149±0.0128, Pb: 0.2442±0.0161,

As: 13.5152±1.0948, Zn: 3.8912±0.1327, Cu: 2.9649±0.0678 ve Cr: 4.3413±0.1227µg/l şeklinde bulunmuştur.

Mersin Körfezi sedimentlerinde okunan ağır metal düzeyleri Mersin istasyonu Cr yoğunlukları hariç, Toprak Kirliliği Yönetmeliği'nde verilen kabul edilebilir değerlerin altında bulunmuştur. Mersin Körfezi sedimentlerinde belirlenen ortalama ağır metal yoğunlukları ise Cd: 0.3104±0.0110, Pb: 1.4765±0.2816, As: 6.1891±0.6871, Zn: 8.8964±0.5695, Cu: 4.8406±0.4457 ve Cr: 74.5203±5.1041mg/kg kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada örneklenen mavi yengeç (*C. sapidus*) kas doku örneklerindeki tüm ağır metal seviyeleri Türk Gıda Kodeksi'nin verdiği kabul edilebilir limitlerin altında bulunmuştur. Ancak Erdemli istasyonundaki bazı örneklerde Zn değerinin bu limit yoğunluğa oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yaşamlarını Mersin Körfezi'nde sürdüren mavi yengeç örneklerinde ortalama ağır metal yoğunlukları Cd: 0.0038± 0.0004, Pb: 0.0260±0.002, As: 0.0725±0.003, Zn: 34.4383±0.8, Cu: 4.7632±0.283 ve Cr: 0.0823±0.007 mg/kg yaş ağırlık olarak belirlenmiştir.

Mersin Körfezi Japon karidesi (*P. japonicus*) kas doku örneklerinin tamamında ölçülen ağır metal yoğunluk değerlerinin bu metaller için Türk Gıda Kodeksi tarafından verilen kabul edilebilir düzeyin altında olduğu saptanmıştır. Çalışılan tüm Japon karidesi örneklerinin ortalama ağır metal düzeyleri Cd: 0.0109±0.002, Pb: 0.0272±0.002, As: 0.0915±0.008, Zn: 7.9454±0.33, Cu: 2.3986±0.16 ve Cr: 0.0676±0.18 mg/kg yaş ağırlık olarak saptanmıştır.

Mersin Körfezi dil balıklarında (*S. solea*) kas dokuda çalışılan tüm metallerin yoğunlukları Türk Gıda Kodeksi'ndeki izin verilen değerlerden daha düşük tespit edilmiştir. Ortalama ağır metal yoğunlukları ise dil balığı için Cd: 0.0020±0.0002, Pb: 0.0327±0.002, As: 0.1261±0.0014, Zn: 6.2496±0.45, Cu: 0.5321±0.028 ve Cr: 0.3878±0.095mg/kg yaş ağırlık şeklinde bulunmuştur.

İncelenen mırmır (*L. mormyrus*) kas doku örneklerinden altı tanesindeki Cd değerleri hariç diğer bütün metal düzeyleri Türk Gıda Kodeksi tarafından verilen limit değerlerden daha düşük bulunmuştur. Mırmır balıkları için ortalama

ağır metal seviyeleri Cd: 0.0114±0.003, Pb: 0.0669±0.007, As: 0.0667±0.002, Zn: 8.3368±0.64, Cu: 0.7826±0.035 ve Cr: 0.1367±0.018mg/kg yaş ağırlık olarak saptanmıştır.

Keserbaş barbunya (*M. barbatus*) kas dokusu için Mersin Körfezi'nde belirlenen ağır metal yoğunluklarının hiç biri Türk Gıda Kodeksi'nin belirlediği kabul edilebilir düzeylerden daha fazla bulunmamıştır. Bu tür için ortalama ağır metal yoğunlukları ise Cd: 0.0032±0.0003, Pb: 0.0379±0.002, As: 0.0973±0.009, Zn: 5.0141±0.36, Cu: 0.9447±0.037 ve Cr 0.0785±0.018mg/kg yaş ağırlık olarak belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan su, sediment ve canlı örneklerinde belirlenen metal yoğunluklarının mevsimler itibariyle çalışılan materyale, istasyona ve ağır metale göre değişim gösterdiği belirlenmiştir. Örneğin su örneklerindeki As yoğunluğu en yüksek olarak Silifke istasyonunda ve kış mevsiminde belirlenmişken; Cr yoğunluğu Mersin istasyonunda ve ilkbaharda bulunmuştur. Aynı şekilde ağır metal yoğunluklarının su, sediment ve canlılar arasındaki etkileşimlerinin de çalışılan materyal ve metale göre değişim gösterdiği görülmüştür.

Sonuç olarak çalışmada kullanılan ve dünyada yaygın olarak tüketimi yapılan türlerin yenilebilir kısımlarındaki ağır metal yoğunluklarının neredeyse tüm örneklerde kabul edilebilir sınırların altında bulunması nedeniyle, bu türlerin tüketiminin 2011 yılı itibariyle herhangi bir sakınca teşkil etmediği söylenebilir. Ancak bazı mırmır balıklarında Cd düzeyinin ve sedimentte Mersin istasyonundan alınan tüm örneklerdeki Cr yoğunluğunun kabul edilebilir düzeyin üzerinde bulunması nedeniyle özellikle Mersin istasyonu olmak üzere Mersin Körfezi'nin tamamının sanayi, tarım ve nüfus kaynaklı atıklara karşı korunması için tedbir alınmasının gerekli olduğu önerilmiştir. Tüm bu nedenlerden dolayı Mersin Körfezi su, sediment ve canlılarının ağır metal kirliliği açısından takip edilmesinin, gelecekte ekosistemin ve insanların sağlığının riske girmemesi açısından gerekli olduğu kanaatine varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu çalışma esnasında tüm bilgi ve birikimiyle bana yol gösteren, en sıkıntılı süreçlerde sabırla yanımda duran ve gerek bilimsel gerekse hayat tecrübelerini paylaşmakta imtina etmeyen çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Dursun AVŞAR'a, çalışmalarımız esnasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. M.Z.Lugal GÖKSU ve Prof. Dr. Ferit KARGIN'a, doktora öğrenimim boyunca ihtiyaç duyduğum her an yardım ve desteğini esirgemeyen Arş.Gör.Dr. Sinan MAVRUK'a, tez çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Mersin Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'ndeki değerli mesai arkadaşlarıma, destek, ilgi ve yardımlarıyla hep yanımda olan isimlerini tek tek sayamadığım Su Ürünleri Fakültesi'nin değerli öğretim elemanı ve çalışanlarına, tezimi maddi açıdan destekleyen Rektörlüğümüzün Araştırma Projeleri Birimine teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca ilgi ve sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen, bu çalışma esnasında her konuda yanımda duran ve en büyük destekçim olan eşim Hifron, oğlum Mehmet Kaan ve kızım Fatma Havva'ya sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ XII
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR XVI
1. GİRİŞ 1
1.1. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Canlılara Etkileri 4
1.1.1. Kadmiyum (Cd) 4
1.1.2. Kurşun (Pb) 8
1.1.3. Çinko (Zn) 10
1.1.4. Bakır (Cu) 13
1.1.5. Krom (Cr) 16
1.1.6. Arsenik (As) 17
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 21
3. MATERYAL VE YÖNTEM 37
3.1. Örnekleme İstasyonları ve Örnekleme Sıklığı 37
3.2. Materyal 38
3.2.1. Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) 38
3.2.2. Japon Karidesi (*Penaeus japonicus*) 41
3.2.3. Mırmır (*Lithognathus mormyrus* Linnaeus, 1758) 43
3.2.4. Keserbaş barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) 44
3.2.5. Dil Balığı (*Solea solea*) 46
3.3. Yöntem 48
3.3.1. Örnekleme Yöntemi ve Analize Hazırlık 48

3.3.2. Ağır Metal Düzeylerinin Ölçülmesi 51
4. BULGULAR VE TARTIŞMA..... 53
4.1. Mersin Körfezi Deniz Suyundaki Ağır Metal Düzeyleri..... 53
4.1.1. Mersin Körfezi Deniz Suyundaki Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi..... 53
4.1.2. Mersin Körfezi Deniz Suyunda Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi..... 59
4.2. Mersin Körfezi Sedimentindeki Ağır Metal Düzeyleri 61
4.2.1. Mersin Körfezi Sedimentindeki Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi..... 61
4.2.2. Mersin Körfezi Sedimentindeki Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi 69
4.3. Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus*)'ta Ağır Metal Düzeyleri 72
4.3.1. Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus*)'ta Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi 72
4.3.2. Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus*)'te Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi 79
4.4. Japon Karidesi (*Penaeus japonicus*)'ta Ağır Metal Düzeyleri 81
4.4.1. Japon Karidesi (*Penaeus japonicus*)'ta Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi 81
4.4.2. Japon Karidesi (*Penaeus japonicus*)'ta Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi 89
4.5. Dil Balığı (*Solea solea*)'da Ağır Metal Düzeyleri..... 91
4.5.1. Dil Balığı (*Solea solea*)'da Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi..... 91
4.5.2. Dil Balığı (*Solea solea*)'da Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi..... 98
4.6. Mırmır (*Lithognathus mormyrus*)'ta Ağır Metal Düzeyleri 100

4.6.1. Mırmır (*Lithognathus mormyrus*)'ta Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi 100
4.6.2. Mırmır (*Lithognathus mormyrus*)'ta Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi 107
4.7. Keserbaş Barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus. 1758)'de Ağır Metal Düzeyleri 109
4.7.1. Keserbaş Barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus. 1758)'de Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi 109
4.7.2. Keserbaş Barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758)'de Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi 117
4.8. Mersin Körfezi Deniz Suyu, Sediment ve Beş Canlı Türündeki Ağır Metal Düzeylerinin Karşılaştırılması 119
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 123
KAYNAKLAR 129
ÖZGEÇMİŞ 145
EKLER 146

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1 Temel Endüstri Kuruluşlarından Atılan Bazı Ağır Metaller 3
Çizelge 3.1. Mavi Yengecin Sistematikteki Yeri 39
Çizelge 3.2. Japon Karidesinin Sistematikteki Yeri 41
Çizelge 3.3. Mırmırın Sistematikteki Yeri 43
Çizelge 3.4. Keserbaş Barbunyanın Sistematikteki Yeri 45
Çizelge 3.5. Dil Balığının Sistematikteki Yeri 47
Çizelge 3.6. Okuma Yapılan Ağır Metallerin Dalga Boyu ve Tespit Limitleri 50
Çizelge 3.7. Mikrodalga Cihazı Yaş Yakma Çözümleme Programı 50

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. Çalışma Sahası ve Örnekleme İstasyonları 37
Şekil 3.2. Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus*)..... 40
Şekil 3.3. Japon Karidesi (*Penaeus japonicus*) 42
Şekil 3.4. Mırmır (*Lithognathus mormyrus*)..... 44
Şekil 3.5. Keserbaş Barbunya (*Mullus barbatus*)..... 46
Şekil 3.6. Dil Balığı (*Solea solea*) 48
Şekil 3.7. Varian Spectraa 880 Flame Atomik Absorbsiyon Cihazı..... 51
Şekil 3.8. Varian Spectraa 880Z Grafite Furnace Atomik Absorbsiyon Cihazı.. 52

SİMGELER VE KISALTMALAR

AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre
FAAS	: Flame Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
USEPA	: Birleşik Devletler Çevre Koruma Kurumu
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
RNA	: Ribo Nükleik Asit
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ANOVA	: Varyans Analizi
GPS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
PVC	: Polyvinyl Chloride

1. GİRİŞ

Günümüzde ekolojik dengeyi tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunları gelmektedir. Çevre sorunları ilk başta kentsel yaşamın başlamasıyla ortaya çıkmış ve sanayileşmeyle birlikte giderek artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren nüfus artışına paralel olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve ekosistemin bozulması giderek daha da ciddi bir hal almıştır (Çalışkan, 2005). Doğal çevreye doğrudan ya da dolaylı yoldan bırakılan kirleticilerdeki bu artış doğal yaşamı da olumsuz yönde etkilemektedir. Kirleticilerin son durak olarak özellikle sucul ortamlara verilmesi, suların kalitesini bozmak suretiyle suda yaşayan canlıların ve insanoğlunun yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle dünyada bu konuya karşı ilgi ve endişe giderek artmaktadır (Ciminli, 2005; Di Giulio ve Hinton, 2008).

Doğal dengeyi bozan bu kirleticiler organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay tarımsal gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, yapay organik kimyasal maddeler ve yapay ısı olarak kabaca sınıflandırılabilmektedir (Ersoy, 2006). Ağır metaller ; endüstriyel atıklar, pestisitler, maden yatakları gibi çeşitli kaynaklardan doğal ortama girebilmeleri (Anderson ve Hillwalker, 2008), çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve besin zinciri yoluyla aktarılabilmeleri (Uysal ve ark., 2008) nedeniyle kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar (Çalışkan, 2005).

Normal şartlarda cıva hariç katı olan, ısı ve elektriği iletebilen, levha ve tel haline gelebilen, metalik bir renk parlaklığına sahip olan, elektron vererek (+) değerlikli iyon haline geçebilen, asitlerde bulunan $[H]^{+}$ ile yer değiştirebilen ve yoğunluğu $5g/cm^{3}$'den büyük olan metaller 'Ağır Metal' olarak değerlendirilmektedir. Doğada bulunan bu metallerin bir kısmı insan yaşamı için gerekli olan iz elementlerdendir (Anonymous, 2001; Türkmen, 2003; Çalışkan, 2005; Ciminli, 2005).

Ağır metaller, doğal sularda eser miktarda bulunurken (Burrell, 1980); insan faaliyetleri sonucu sulardaki yoğunlukları artmaktadır. Yapılan araştırmalar selenyum, demir, mangan, kobalt gibi elementlerin yer kabuğundan doğal olarak suya karıştıklarını; magnezyum, kalsiyum ve potasyumun deniz suyunun doğal bileşiminde olup, hava ortamına deniz suyundan geçtiklerini; buna karşılık çinko, bakır, kadmiyum, cıva, antimon, arsenik, gümüş, krom ve kurşun gibi toksik etkisi yüksek elementlerin ise insan faaliyetleri sonucu alıcı ortamlara ulaştıklarını göstermektedir (Kaynak Giray ve Taşdemir, 2003). Yıllık olarak insan faaliyetleri sonucu atmosfere 70.000 ton kadmiyum, 400.000 ton kurşun, 22.000 ton arsenik, 56.000 ton bakır ve 214.000 ton çinko bırakılmaktadır (Ünsalan, 2014).

Ağır metallerin çevreye yayılımında en önemli etkenlerden biri endüstriyel faaliyetlerdir. Çizelge 1.1'de temel endüstrilerden atılan metal türleri gösterilmektedir. Havaya atılan ağır metaller, sonuçta karaya ve buradan bitki ve sulara ulaşarak insan ve hayvanlar üzerinde olumsuz etki yapmaktadırlar. Ayrıca ağır metaller endüstriyel atık sularla içme sularına karışması veya ağır metalle kirlenmiş partiküllerin atmosfere oradan da toprak ve suya geçmesiyle besin zincirine girerek insanlara zarar vermektedirler (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Ağır metaller biyolojik proseslere katılıp katılmamalarına göre yaşamsal ve yaşamsal olmayanlar olarak sınıflandırılır. Yaşamsal olanlar organizmanın yapısında belirli bir yoğunlukta bulunan ve yaşamsal aktivitelerde kullanılanlardır. Bunların düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Yaşamsal olmayanlar ise çok küçük yoğunluklarda dahi canlıyı etkileyerek çeşitli sağlık problemlerine yol açabilirler. Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan canlıya bağlıdır. Örneğin nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz element olarak bulunması gerekir. Bazı organizmalarda ağır metalin etki mekanizması yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Bu tür canlılarda metallerin konsantrasyonu dikkate alınmalıdır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Çizelge 1.1. Temel Endüstri Kuruluşlarından Atılan Bazı Ağır Metaller (Kahvecioğlu ve ark., 2003'ten)

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kâğıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Metaller yoğunlukları belirli bir sınırı aştığında toksik etki yaparlar. Bununla birlikte ağır metaller canlı üzerinde sadece yoğunluklarına bağlı olarak etki yapmazlar. Etkileri canlı türüne ve metal iyonunun yapısına (çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, vücuda alınış şekli, çevrede bulunma sıklığı vb. gibi) da bağlıdır. Bu nedenle özellikle düzenli ve bol miktarda tüketildiğinden içme suları ve yiyeceklerdeki ağır metal değerleri için standartlar ve sınırlamalar konulmuştur (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Birçok sucul organizma, çevredeki poliklorlu bifeniller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve ağır metaller gibi kirleticileri biyomagnifikasyon yoluyla biriktirme yeteneğine sahiptir. Akuatik organizmalar ağır metallerin biyoindikatörü ve depolayıcısıdırlar (Davies ve ark., 2006). Ayrıca ağır metaller besin zinciri içerisinde üst seviyelere doğru gidildikçe birikme eğilimindedirler. İşte bu olaya biyomagnifikasyon denmektedir (Ünlü ve Gümgüm, 1993; Sağlamtimur ve ark., 2003). Bu nedenle bu canlılar üzerinde yapılan araştırmalar son yıllarda giderek artmakta olup; çevresel tehlike ve riskler hakkında önemli ipuçları vermektedir (Gümgüm ve ark., 1994). Ayrıca bu kirleticiler bazı toleranslı türler tarafından biriktirilerek giderek artan bir konsantrasyonda, besin zincirinin üst tabakalarına taşınmak suretiyle zincirin üst katmanlarındaki canlılar ve özellikle insanlar açısından tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir (Davies ve ark., 2006).

Ağır metaller çoğu organik kirleticiler gibi biyolojik olarak indirgenemezler. Bu nedenle organik ve inorganik maddelerle kimyasal bileşikler,

kompleks yapılar şeklinde absorbe olarak özellikle sedimentte birikme eğilimindedirler (Shrivastava ve ark., 2003). Bu sebeple ağır metal kirliliği araştırmalarının yoğunlaştığı bir diğer konu ise bu maddelerin sedimenteki miktarlarıdır. Çoğu sediment bu kirleticileri depolar ve uzun süre bünyesinde muhafaza eder. Bu nedenle kontamine olmuş sedimentin çevre üzerine etkileri ve bu etkilerinin araştırılması uzun bir süreci kapsamaktadır (Wildi ve ark., 2004). Kontamine olmuş sediment ekosistemin yalnızca bir bölümü olmakla birlikte, bazı sucul ekosistemlerde kontamine sediment ekosistem sağlığını tehdit eden büyük bir stres kaynağıdır. Kontamine olmuş sedimentten, sedimentin içinde ve üzerinde yer alan su kesimine kirleticilerin salınması, su ve sucul canlılar üzerinde çevresel bir tehlike ve risk faktörü oluşturmaktadır (DelValls ve ark., 1998).

1.1. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Canlılara Etkileri

Ağır metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri sucul ortamdaki birikim ve etkilerini belirlemektedir. Bu nedenle bu elementlerin özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir (Çalışkan, 2005). Peryodik tabloda 32'den fazla metal bulunur ve bunların çoğu canlılar için toksik etki yapabilir. Ancak bazıları dünyadaki yaygınlıkları nedeniyle majör kirletici olarak kabul edilmektedir. USEPA tarafından Al, Sb, As, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Ag ve Zn birincil kirleticiler olarak sınıflandırılmaktadır (Patniak, 2010). Dolayısıyla devam eden bölümlerde ele alınan metallerin özellikleriyle canlıları etkileme mekanizmaları hakkında bilgi verilmiştir.

1.1.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum, atom numarası 48, atom ağırlığı 112.4g/mol, 20^0C'deki yoğunluğu 8.64g/cm^3, erime noktası 321^{o}C, kaynama noktası 767^{o}C olan (Tezcan ve Tezcan, 2007; Hammond, 2007; Anonymous, 2005a) parlak, gümüşi, yumuşak ve şekil verilmesi kolay bir metaldir. Kadmiyum hafif mavimsi ve bir bıçakla kesilebilecek kadar yumuşaktır (Hammond, 2007; Anonymous, 2005a) fakat hava

ile temas ettiğinde matlaşır. Asitte çözünür ancak bazlara karşı dirençlidir. Yapı olarak çinkoya benzer fakat çok daha kompleks bileşikler meydana getirir (Anonymous, 2005a).

Endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılan bir metal olan kadmiyum, çinko üretimi esnasında elde edilen bir metaldir (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Çalışkan, 2005, Tezcan ve Tezcan, 2007). Çinko üretimiyle birlikte yaygınlaşıncaya kadar hava, su ve yiyeceklerle doğal olarak fazla miktarda karışmamıştır. Kadmiyumun diğer önemli kaynakları fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır. Kadmiyumun doğadaki konsantrasyonu 0.1-0.5mg/kg civarındadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Çalışkan, 2005).

Kadmiyum endüstride nikel-kadmiyum pillerde, korozyona karşı dayanıklı olması nedeniyle gemi yapımında kullanılan çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak alaşımlarda ve elektronik sanayinde, fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Hammond, 2007; Anonymous, 2005a; Anonymous, 2013). Bu ürünlerin kullanımı sonucu doğada kadmiyum kirliliği ortaya çıkar. Kadmiyumun dünyadaki yıllık olarak çevreye yayılım miktarı 25.000-30.000 ton civarında olup bunun büyük bölümü insan faaliyetleri sonucu olmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Pek çok organizma için toksik olan kadmiyum direk sudan, bir dereceye kadar havadan ve besin yoluyla alınarak hem bitkisel ve hem de hayvansal organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Bütün gıdalarda çok az da olsa bulunur (Çalışkan, 2005).

Özellikle mantarlar başta olmak üzere kabuklular, karaciğer ve böbrek dokuları kadmiyumca zengindirler. Kadmiyum diğer ağır metaller içinde suda çözünme oranı en yüksek olanıdır. Bu nedenle doğada yayılım oranı oldukça yüksektir. Kadmiyum suda çözünebilmesi nedeniyle Cd^{+2} halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sisteme alınır ve akümülasyon özelliğine sahiptir. Kadmiyum kurşun ve civanın aksine plasenta ya da kan yoluyla yavruya geçmediği için insan vücudunda doğum esnasında hiç bulunmaz fakat ilerleyen yaşla birlikte

artış göstererek 50'li yaşlarda maksimuma ulaşır ve daha sonraki yıllarda azalan bir grafik izler. Normal olarak vücudumuzda 40mg'a kadar kadmiyum bulunabilmektedir ve günlük olarak da 40µg'a kadar vücuttan atılabilmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Kadmiyum vücutta %20 gibi çok iyi olmayan bir oranda absorbe ediliyor olsa bile; bu diğer birçok metale göre oldukça yüksektir. Kadmiyum içeriği 0.01mg/m^3 olan hava 14 günden fazla solunması durumunda kronik akciğer rahatsızlıkları ve böbrek yetmezliklerine neden olabilir. Çünkü kadmiyum bileşikleri genellikle böbrek ve karaciğerde birikirler ve ilerleyen yaşlarda böbreklerde meydana gelen bu birikim yüksek tansiyona da sebep olabilir. Kısa süreli 0.05mg/kg düzeyindeki kadmiyum alımı mide rahatsızlığına neden olurken; aynı düzeyde kadmiyumun 14 günden fazla alımında böbrek ve kemiklerde problemlere yol açar (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Kadmiyumdan kaynaklanan akut zehirlenmelerde halsizlik, baş ağrısı, ateş, terleme, kaslarda gerilme ve ağrı ile birlikte kusma ilk 24 saatte ortaya çıkarak üçüncü gün en şiddetli konuma ulaşır ve bir hafta içerisinde tekrar alınmazsa kendiliğinden ortadan kalkar. Kronik kadmiyum zehirlenmesinde ise akciğer ve prostat kanseri olgusu görülür. Kronik kadmiyum zehirlenmesi böbrek hasarı ile başlar ve idrarda düşük moleküllü protein görülür. Aşırı dozda kadmiyum alımı (60-480µg/g böbrek) kuşlar dahil tüm canlılarda böbrek üzerinde tahrip edici bir etki gösterir. Kadmiyum zehirlenmesine bağlı olarak kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklar da görülür. Ayrıca kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku alma yetisinin yitirilmesi gibi etkiler de görülmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Kadmiyum doğal koşullarda sularda çok düşük oranlarda bulunur. Kadmiyum sularda düşük yoğunluklarda bile bulunduğunda sucul organizmalar için şiddetli toksik etki yapabilir (Kruger, 2002).

Kadmiyumun sulardaki kirlilik kaynakları çok çeşitlidir. Fakat genellikle elektro kaplama fabrikaları baş sorumlu olarak kabul edilir. Bunun yanında metallerin yeniden değerlendirilmesi işlemleri, motorlu taşıtlardan atılan aerosoller,

boya fabrikaları, pek çok kimya endüstrisi de kadmiyum kaynakları arasındadır. Hatta bazen kanalizasyonlar bile yüksek oranlarda kadmiyum içerebilmektedirler. Ayrıca tarım (gübre ve pestisitler), fosil yakıtların yanması, kurşun madenciliği ve çinko eritme işlemlerinin de kadmiyum kirliliğine etkisi vardır (Kruger, 2002).

Kadmiyum endüstriyel deşarjlar nedeniyle doğal sularda yaygın olarak bulunur ve sucul canlılar üzerine olumsuz etkiler meydana getirir. Genellikle balıklar kadmiyum toksisitesine karşı oldukça hassastırlar fakat sazan, tatlı su levreği ve tilapia gibi bazı türler kadmiyumu belirli yüksek seviyelere kadar tolere edebilirler. Kadmiyumun sucul canlılar üzerindeki başlıca etkileri şunlardır (Kruger, 2002).

- Çinko ve kalsiyum gibi esansiyel metallerle rekabet ederek bu metallerin işlevlerini yerine getirmesine engel olur.
- Yapısal proteinler ve enzimlerin normal fonksiyonları için esansiyel olan sülfidril gruplarını bloke ederek enzim faaliyetlerine zarar verir.
- Balığın hücre zarlarının geçirgenliğini etkileyerek ve solungaçlarında yapısal hasarlar meydana getirerek iyon dengesini bozar.
- Larvalarda şekil bozukluklarına ve ölümlere neden olur.
- Perikardiyal ve abdominal ödemler, kısalmış veya bozulmuş kuyruk yüzgeci ve sapları, küçük baş oluşumu (microcephalia) ve dolaşım sistemi hasarlarına neden olur.
- Kan pıhtılaşması ve kan dolaşımında azalmaya neden olur.
- Oksijen kullanımında azalmaya neden olarak solunumu etkiler.
- Pigment formasyonunu etkileyerek vücuttaki renk ve lekelerde azalmaya neden olur.

Dünya sağlık örgütüne göre kadmiyum birinci sınıf kanserojen maddelerdendir (Kahvecioğlu ve ark., 2003). Bu nedenle kadmiyumun içme sularındaki maksimum kontaminasyon seviyesi Türk Standartları Enstitüsü

(TSE)'ye göre 0.003mg/l'yi (TSE, 1997), USEPA' ya (Birleşik Devletler Çevre Koruma Kurumu) göre 0.005mg/l'yi (USEPA, 2006) Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre 0.003mg/l'yi geçmemelidir (WHO, 2017).

1.1.2. Kurşun (Pb)

Kurşun atom numarası 82, atom ağırlığı 207.2g/mol, yoğunluğu 11.34g/cm^3, erime noktası 327^{o}C, kaynama noktası 1750^{o}C olan periyodik cetvelin 4A grubuna ait bir metaldir (Tezcan ve Tezcan, 2007; Hammond, 2007; Anonymous, 2005a). Kurşun parlak mavimsi bir metaldir. Çok yumuşak olduğundan kolayca dövülebilir, şekillendirilebilir ve nispeten zayıf bir iletkenliğe sahiptir. Korozyona dayanıklıdır fakat havayla temas ettiğinde yüzeyi kararır. Doğada daha çok galen adı verilen kurşun sülfür şeklinde veya demir, çinko, bakır, antimon ve gümüşle bileşik halinde bulunur (Kahvecioğlu ve ark.,2003; Dündar ve Aslan, 2005; Hammond, 2007).

Günümüzde kurşun saf metal olarak levha, yapı metalleri, tel ve kablo imalatında, bileşik olarak ise; boya imalatında kurşun klorür, nemlenmeye karşın astar boya olarak, patlayıcı fitili olarak kurşun dioksit, kauçuk sanayinde kurşun beyazı, motorlarda patlamayı engelleyici olması nedeniyle benzinde tetraetil ve tetrametil olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktaydı (Dündar ve Aslan, 2005); ancak 2006 yılından itibaren ülkemizde çevreye verdiği zarardan dolayı kurşunlu benzin üretimi durdurulmuştur (Anonymous, 2004a).

Dünyada en yaygın kurşun kullanımı Kuzey Amerika'da olup; yıllık üretim miktarı yaklaşık 1.300.000 tondur. Bu kullanım miktarı nedeniyle atmosfere atılan miktar yıllık yaklaşık 600.000 ton civarındadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

İnsan vücudundaki kurşun miktarı yaklaşık olarak 125-200mg civarındadır. İnsan günde yaklaşık 1-2mg kadar kurşunu atabilmektedir. Birçok insanın maruz kaldığı günlük miktar 300–400mg'ı geçmektedir. Yapılan araştırmalar günümüz insanının vücudunda atalarımızınkinden 500-1000 kat daha fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Kurşun düşük dozlardaki maruz kalmalarda bile zararlı etki gösterebilmektedir. Yakın zamana kadar zararsız olduğu düşünülen düşük dozda kurşunun büyüme ve sinirsel gelişimi baskılayıcı ve zarar verici özellikte olduğu son zamanlarda kabul edilmektedir (Dündar ve Aslan, 2005).

Bilindiği kadarıyla kurşunun insan vücudunda esansiyel bir görevi yoktur. Kurşun su, hava ve yiyecekler vasıtasıyla insan vücuduna geçerek birçok istenmeyen etkiye neden olur. Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre bunlardan bazıları şunlardır:

- Donukluk, halsizlik, sinirlilik, dikkat zayıflığı,
- Hemoglobin biyosentezinde aksama ve anemi,
- Kan basıncında artış (yüksek tansiyon),
- Karaciğer hasarı,
- Erken doğum ve çocuk düşürme,
- Sinir siteminde rahatsızlıkları,
- Beyin hasarı,
- Sperm hasarı yüzünden erkeklerin döl veriminde azalma,
- Çocuklarda öğrenme yetilerinde azalma
- Annenin plasentasından çocuğa geçebilme özelliği nedeniyle doğmamış çocukların beyinlerinde ve sinir sistemlerinde ciddi hasarlar meydana getirebilir (WHO, 2011a).

Ayrıca yüksek miktarlarda ve tekrarlanarak alınan kurşun sinir sistemi hasarına bağlı intoksikasyon, koma, solunum durması ve hatta ölüme bile yol açabilir (Dündar ve Aslan, 2005).

Kurşunun su canlılarında bilinen esansiyel bir görevi olmadığı gibi, çoğu zaman düşük yoğunluklarda bile toksik özelliğe sahiptir. Kurşun su canlılarının yaşadığı ortamda bulunduğu takdirde canlının vücuduna geçerek istenmeyen çeşitli etkilere neden olur. Bunlardan bazıları şunlardır (Kruger, 2002):

- Yumurtlamayı etkileyerek çok düşük yoğunluklarda bile yumurtadan çıkma oranını azaltır.
- Özellikle pre-larval ve larval dönemlerde yumurta sarısının emilmesine neden olur.
- Gonadal fonksiyonları etkileyerek üreme potansiyelini değiştirir. Kortikosteroid seviyesini yükselterek yumurtlamayı hızlandırır. Bunun neticesinde yumurtalarda gelişim bozuklukları görülür.
- Baş bölgesinde şekil bozukluklarına neden olur.
- Kalp çalışsa bile kan sirkülasyonunu engeller.
- Ovaryumlarda gerileme ve küçülme sonucu yumurta sayısında azalmaya neden olur.

Kurşun çevrede doğal olarak bulunur, bununla birlikte çevrede bulunan kurşun yoğunluğunun çoğu insan faaliyetlerinin sonucudur. Dünya sağlık örgütü tarafından kanserojen olduğu bildirilmektedir (WHO, 2011a). USEPA' ya göre içme sularında 15µg/l'den (USEPA, 2006), WHO'ya göre 10µg/l'den (WHO, 2017), TSE 266'ya göre ise 10µg/l'den fazla olmamalıdır (TSE, 1997).

1.1.3. Çinko (Zn)

Çinko atom numarası 30, atom ağırlığı 65.4gr/mol, yoğunluğu 25^{o}C'de 7.134gr/cm^{3}, erime noktası 419.53^{o}C, kaynama noktası 907^{o}C olan mavimsi beyaz renkte dayanıklı bir metaldir (Hammond, 2007; WHO, 2003a).

Günümüzde miktar olarak en çok üretilen üçüncü metal konumunda olan çinkonun yeryüzündeki ortalama konsantrasyonu 70ppm'dir (Kahvecioğlu ve ark., 2004). Kırılgan bir metal olmakla birlikte 100-150^{o}C'ler arasında dövülerek şekil verilebilir. Çinkonun prinç, bronz, gümüş nikel ve lehim şeklinde birçok alaşımı vardır. Özellikle dökümünün kolay olması nedeniyle otomotiv, elektrik ve ağır sanayide yoğun olarak kullanılır (Hammond, 2007).

Çinko demire oranla daha elektronegatif olduğundan korozyona karşı daha dayanıklıdır. Bu nedenle en yaygın kullanım alanı konstrüksiyon malzemesi olarak çelik kaplamadır. Ayrıca düşük erime sıcaklığına sahip olması nedeniyle kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak kullanılır. Çinko beyazı olarak bilinen Çinko Oksit (ZnO) boya pigmenti olarak kullanılır (Kahvecioğlu ve ark., 2004). Çinkonun diğer kullanım alanları kuru hücre aküler, seramikler, kauçuk sanayi, gübreler, elektrik ekipmanları, yazıcı boyaları, tekstil, bazı kozmetik ve sağlık alanlarıdır (Çalışkan, 2005; Hammond,2007; Anonymous, 2005a).

Toprakta bulunan çinkonun yaklaşık %90'lık kısmı bitkilerin büyümesi için kullanılır. Çinko insanlar, bitkiler ve hayvanlar için önemli ve yaşamsal bir elementtir. Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi veya degradasyonu gibi önemli metabolik prosesler için gereklidir. Alkol dehidrojenaz, karbonik anhidraz gibi 70'den fazla metabolik enzim fonksiyonu için koenzim bileşeni olarak gereklidir. Uygun miktarda çinko, kadmiyum, cıva, kurşun ve kalay gibi ağır metallerin zehirleyici etkilerini azaltmaktadır (Çalışkan, 2005; Kahvecioğlu ark., 2004).

Çinko insan vücuduna yetersiz miktarda alındığı takdirde iştah kaybı, tatma ve koklama duyularında azalma, yara iyileşmesinde gecikme, bağışıklık sisteminde zayıflama, gençlerde büyüme sorunları, deri sorunları, kısırlık, saç dökülmesi, tat alma duyusunda azalma, öğrenme güçlüğü ve en önemlisi doğan bebeklerde doğum esnasında ve sonrasında sağlık sorunları meydana getirir (Çalışkan, 2005; Kahvecioğlu ve ark., 2004; Tezcan ve Tezcan, 2007).

Çinko metali ve bileşikleri diğer birçok metalden daha az toksisiteye sahiptir. Çinkonun toksisitesi kendinden ziyade yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmına bağlıdır (Kahvecioğlu ve ark., 2004). Çinkonun gerekenden fazla alınması durumunda iştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi, derideki aşırı hassasiyetler, kolesterolün yükselmesi, karın ağrısı, ishal,

sindirimde sıkıntı gibi rahatsızlıklar ortaya çıkar (Çalışkan, 2005; Kahvecioğlu ve ark., 2004; WHO, 2003a). Ayrıca fazla çinko alımı kalsiyum, fosfor alımını azaltır (Anonymous, 2013; WHO, 2003a). Aşırı dozda elementel çinko alındığında ise uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik ve yazmada zorluk çekme gibi problemler ortaya çıkar (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Çinko hayvanlar ve diğer canlılar için çok düşük miktarlarda esansiyel bir iz elementtir. Yüksek yoğunluklarda ise sucul organizmalar için toksiktir (Kruger, 2002).

Çinko enzim aktivitesi için önemlidir ve protein ve karbonhidrat metabolizmasında önemlidir. DNA ve RNA polimerlerindeki aktivitesinden dolayı hayati öneme sahiptir. Çinko iyonları hücre zarının yapısal bileşenlerine bağlanarak temel yapı ve fonksiyonlarına yardım eder. Balığın gonad gelişimi açısından oldukça önemlidir. Çinko ayrıca kadmiyum gibi diğer tehlikeli ağır metallerin toksik etkisi ve alımında koruyucu ve engelleyici özelliği açısından oldukça önemlidir (Kruger, 2002).

Çinkonun balık bünyesine eksik alınması deri lezyonlarına, yemek borusu epitel hücrelerinde bozukluklara, iskelet anomalilerine, büyüme gerilemesi ve iştah kaybına neden olur (Kruger, 2002).

Çinkonun toksisitesi suyun kimyasal yapısı, suda bulunan diğer metaller ve yer kabuğunun alkalinitesinden etkilenir. Çinko ortamda akut letal seviyede bulunduğunda, solungaç dokusunu harap ederek balığı öldürebilir. Subletal seviyelerinde sucul canlılar için zararlı olup; bu zararlardan bazıları şunlardır (Kruger, 2002):

- Deri lezyonları, hemorajiler ve omur hasarlarına neden olur.
- Gonad faaliyetlerini engeller.
- Embriyonik gelişime zarar verir.
- Balıkta yumurta zarında incelmeye neden olarak yumurtlama esnasında yumurtanın yırtılmasına neden olur.

- Yumurtadan çıkan larvalar çinkoya maruz kaldıklarında kulak kapsülleri ve gözlerde şekil bozuklukları ve ağız ve solungaç kemerlerinde sakatlıklara neden olur.

TSE (1997)'de verilen TSE 266 standartına göre içme sularındaki çinko yoğunluğu 3mg/l'yi geçmemelidir.

1.1.4. Bakır (Cu)

Bakır periyodik tabloda geçiş elementleri sırasında bulunan; atom numarası 29 (Riedel, 2008), atom ağırlığı 63.546g/mol, yoğunluğu 8.9g/cm^3, erime noktası 1084.62^{o}C, kaynama noktası 2562^{o}C olan bir metaldir (Hammond, 2007).

Bakır dövülebilir, bükülebilir, parlatılabilir ve hem ısıyı hem de elektriği iyi ileten (Hammond, 2007) ve doğal olarak çevrede oldukça yaygın bulunan bir metaldir (Anonymous, 2013). Bakırın endüstride önemli bir rol oynamasının ve çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasından kaynaklanır. Bakırın en önemli özellikleri arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınma ve korozyona karşı dirençli olması, çekilebilmesi ve dövülmesinin kolay olmasıdır. Ayrıca bakırın çok değişik alaşımları endüstride otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik gibi bir çok alanda kullanılır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Çevredeki başlıca bakır kontaminasyon kaynakları; araba mezarlıkları, soğutma suyu deşarjları, bakır içeren pestisitler, su dağıtım boruları, taşıtların fren balataları, metal endüstrisi, rafineriler, dam, çatı malzemeleri ve maden eritme işlemleridir (Çalışkan, 2005). Atmosfere yayılan bakırın ancak %1'i biyolojik kullanılabilir iyon halinde kalırken; geri kalan kısım çökelir ve sedimente geçer (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Bakırın canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Küçük ve basit yapılı canlılar için düşük yoğunlukta bile zehir etkisi gösterirken; daha büyük canlılar için düşük

konsantrasyonlarda esansiyeldir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri insektisit, fungusit, mollusid, biosit, antibakteriyel madde olarak tarım zararlıları ve yumuşakçalara karşı kullanılır (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

İnsanlar için vücut fonksiyonları açısından önemli olan bakır özellikle saç, derinin esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşeni konumundadır. Erişkin insanlarda ortalama 50-120mg civarında bulunan bakır aminoasit, yağ asidi ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarının temel öğesidir. Bakır birçok enzim ve proteinin yapısında da bulunur. Bütün bunların yanında demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi de üstlenir (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Bakır eksikliğinde insanlarda ve hayvanlarda büyümede gecikme, solunum sistemi enfeksiyonları, kemik erimesi, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi ciddi sağlık problemleri oluşur. Bunun yanında bakır bilezikler eklemlerin kireçlenmesi ve romatizmaya karşı kullanılırlar (Kahvecioğlu ve ark., 2004).

Bakırın insan vücudunda kana alınamaması sonucunda Menkes Sendromu ismi verilen ve genellikle 3-6 aylık iken belirtileri ortaya çıkan bir genetik bozukluk durumu vardır. Bu hastalıkta bakırın dolaşıma verilememesi ve hücrede organeller arasında taşınmasının aksaması sonucunda bakıra bağımlı enzimlerde bozulmalar meydana gelir (Aydoğdu ve ark., 2008). Bu hastalığın etkili bir tedavisi olmaması nedeniyle genellikle 3 yaş civarında ölüm meydana gelir (Aydoğdu ve ark., 2008; WHO, 2004).

Bakır kaynaklı bir diğer hastalık ise Wilson Sendromu denen ve genetik bozukluk nedeniyle bakırın vücuttan atılamaması sonucunda karaciğer, böbrek, göz ve beyinde birikmesiyle meydana gelmektedir. Vücuttaki bakır fazlalığının sonucu oluşan bu hastalıkta genel bulgular siroz, sinirsel bozukluklar ve gözde kahverengi yeşil bir halka görülmesi şeklindedir. Hasta uygun tedavi yöntemi ve beslenme ile tedavi edilebilmektedir (Uluçlu, 2007; WHO, 2004).

Hayvanlarda bakır, kemik yapılanması, sinir sitemindeki miyelin aktivitesi, hemoglobin sentezi, önemli bir bileşeni olduğu metalloenzimlerin aktivitesi ve

diğer birçok enzimin bileşeni olarak enzim aktivitelerinde önemli bir rol oynar (Kruger, 2002).

Bakır sucul canlılar için esansiyel olmakla birlikte; sularda en çok bulunan toksinlerden bir tanesidir. Bakırın akuatik organizmalardaki toksisitesi karışık olmakla beraber; toksisiteye büyük oranda Cu^{2+} iyonunun neden olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle Cu^{2+} iyonun sudaki miktarı bakır toksisitesi açısından önemlidir (Kruger, 2002).

Sudaki çözünmüş oksijen, sertlik, ısı, pH ve şelat ajanlarındaki azalma bakır toksisitesinin artmasına neden olur. pH'nın bakır toksisitesi üzerine önemli bir etkisi vardır. Suyun pH'sı yüksek ise suda bulunan bakır çökelir ve toksik etkisini kaybeder, fakat pH düşük ise bakır suda çözünür ve toksisitesi artar. Aşırı düzeydeki bakırın sucul canlılar üzerindeki etkilerinin bazıları şunlardır (Kruger, 2002):

- Balıklarda bazı biyokimyasal, anatomik, fizyolojik ve davranışsal değişikliklere neden olur.
- Hücrelerde yağ peroksidasyonuna neden olur.
- Solungaçlarda mukozada birikerek strese hatta ölüme yol açan solunum rahatsızlıklarına neden olur.
- Kalp atışında yavaşlama, hızlı oksijen alımı ve anemiye neden olur.
- Büyümeyi yavaşlatır.
- Kan ve karaciğerde enzim aktiviteleri, hematolojik parametreler ve plazma iyon konsantrasyonu gibi aktiviteleri etkiler ve solungaçta iyon transferini engeller.
- Omur hasarları ve nörolojik bozukluklara neden olur.

Tüm bu anlatılanlar nedeniyle her ne kadar bakır tüm organizmalar için esansiyel bir element olsa da; her canlı ve ortam için ayrı ayrı bulunabilirlik sınırları belirlenmiş ve zararlı etkilerinin azaltılması için çeşitli kısıtlamalar

getirilmiştir. Örneğin içme sularında USEPA'ya göre 1.3mg/l (USEPA, 2006), TSE 266'ya göre 1.5mg/l (TSE, 1997), Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ise 2.0mg/l'yi geçmemesi tavsiye edilmektedir (WHO, 2017).

1.1.5. Krom (Cr)

Krom atom numarası 24, atom ağırlığı 51.99g/mol, yoğunluğu 7.15g/cm^3, erime noktası 1907^{o}C, kaynama noktası 2671^{o}C olan, metalik gri renkte, parlak, sert ve cilalı bir metaldir (Hammond, 2007).

Dünyadaki kromun %60'ı kimyasal ve atmosferik aşınmaya dayanıklı olması nedeniyle diğer metallerin kaplanmasında ve paslanmaz çelik üretiminde kullanılmaktadır (Tezcan ve Tezcan, 2007; Anonymous, 2005a). Değişik renklerde olması nedeniyle de tekstilde boya olarak kullanılmaktadır (Tezcan ve Tezcan, 2007). Krom ve tuzları ayrıca deri tabaklama, katalizör üretimi, pigmentler, fungusitler, seramik ve cam üretiminde de kullanılmaktadır (WHO, 2003b).

Kromun doğal dönüşümü kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere gerçekleşmektedir. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılmak suretiyle denize ulaşmakta ve sedimentte birikmektedir (Kahvecioğlu ve ark., 2003). Kromun sedimentteki yoğunluk artışı dünya çapında endüstriyel atıkların su ve toprağa boşaltılmasından kaynaklanmaktadır (Anonymous, 2013).

Kromun insan ve diğer canlı organizmalardaki davranışı oksidasyon kademesine, oksidasyon kademesindeki kimyasal özelliklerine ve bulunduğu ortamdaki fiziksel yapısıyla ilişkilendirilmektedir. Günlük ortalama krom alımı 30-200µg'dır ve bu oranda alınan kromun vücutta toksik bir etkisi yoktur. Bu oran yetişkin bir insanda günlük krom ihtiyacını karşılamaktadır. Günde 250µg'a kadar alınan kromun ise sağlık açısından bir zararı bulunmamaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003). Krom insan vücudunda insülin hareketini sağlaması nedeniyle karbonhidrat, su ve protein metabolizması açısından gereklidir (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Anonymous, 2005a). İnsanlarda krom eksikliği sonucunda şeker

hastalığı, kilo kaybı, sinir ve beyin bozuklukları gözlenmektedir (Anonymous, 2005a).

Cr^{+3}, kimyasal ve biyolojik olarak stabil olması yani oksidant olmaması, tahrip edici özellikte olmaması ve hatta hücre zarından geçmemesi nedeniyle kanserojen bir madde olarak kabul edilmemektedir. Ancak Cr^{+6}, hücre zarından kolayca geçip hücre içerisindeki öğelere Cr^{+3} gibi bağlanmakta ve bu öğelerin fonksiyonuna zarar vererek toksik etki meydana getirmektedir. Yüksek oranda Cr^{+6} bileşiklerinin alınması şiddetli ve sıklıkla ölümcül olabilen patolojik değişimlere neden olmaktadır. Cr^{+6} bileşikleri insan ve hayvanlarda deri, akciğer ve sindirim sistemi ile temasa geçtiklerinde tahriş edici ve yıkıcı etki oluşturmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

İnsanlar deri yoluyla fazla miktarda kroma maruz kaldıklarında deri kızarıklığı, alerjik reaksiyonlar, ödem ve kabarcıklar meydana gelmektedir. Sindirim sistemi yoluyla alımlarda ülser, böbrek ve karaciğer hastalıkları, solunum sistemi yoluyla alımlarda ise astım ve akciğer kanserine yakalanabilmektedirler (Anonymous, 2013; Türkmen, 2003).

Kromun insan faaliyetleri sonucu sucul ekosisteme boşaltıldığında burada yaşayan canlıların bağışıklık sistemine zarar vererek toksik etki oluşturmaktadır. Bu konuda fazla çalışma bulunmamakla birlikte, yapılan çalışmalarda kroma maruz kalma neticesinde balıklarda bağışıklık sisteminin zayıfladığı ve bakteriyel hastalıkların artarak ölüme sebebiyet verdiği rapor edilmektedir (Di Giulio ve Hinton, 2008). WHO'ya göre sulardaki krom yoğunluğu 0.05mg/l'yi geçmemelidir (WHO, 2017).

1.1.6. Arsenik (As)

Arsenik atom numarası 33, atom ağırlığı 74.92g/mol olan (Tezcan ve Tezcan, 2007; Petrusevski ve ark., 2007), doğada metalik gri, sarı ve kahverengi formları bulunan, ısıtılması halinde beyaz renkli arsenik trioksit meydana getiren ve yakıldığında kükürt ile birleşerek ortama sarımsak kokusu yayan zehirli bir

elementtir (WHO, 2011b). Arsenik çok eski dönemlerden beri ‘Kralların zehiri’ veya ‘Zehirlerin kralı’ olarak bilinmektedir. İlk olarak yaklaşık 1250’li yıllarda izole edilmiştir. Arsenik ayrıca çok eski dönemlerden itibaren ilaç olarak da kullanılmış olup günümüzde de akut kan kanseri tedavisinde kullanılmaktadır (Anonymous, 2013).

Arsenik endüstride daha çok yarı iletken teknolojilerinde ve lazer üretiminde kullanılmaktadır (Güven ve ark., 2004). Madencilik, dayanıklılığı artırmak için demir-dışı metallerin ergitilmesi, fosil yakıtların yanması, arsenik içeren tarımsal ilaçların kullanılması ve kereste muhafazasında arsenik kullanılması gibi faaliyetle arseniğin hava, su ve toprağa yayılarak bu kesimlerin kirlenmesine neden olmaktadır (Güven ve ark., 2004; Tezcan ve Tezcan, 2007; Anonymous, 2013).

Arsenik genellikle canlılar için esansiyel bir element olarak kabul edilmese de belirli bir miktarın altında alındığında bazı hayvanlarda gelişim eksikliği ve üremede zayıflama görülmektedir. Bu nedenle bazı araştırmacılar arseniği ultra iz element olarak adlandırmaktadırlar (Anonymous, 2005a).

Yüksek dozda akut olarak inorganik arseniğe maruz kalma canlılarda sindirim sistemi bozuklukları, kalp ve damar rahatsızlıkları ve sinir sistemi bozukluklarına neden olarak ölüme yol açmaktadır (Güven ve ark., 2004; Anonymous, 2013; WHO, 2011b). Arsenik zehirlenmesinin belirtileri mide ağrısı, ishal, ateş, iştah kaybı, karaciğerde büyüme, melanosis, kalp ritim bozukluğu ve kalp krizi şeklindedir (Anonymous, 2013; WHO, 2011b). Kronik olarak arseniğe maruz kalındığında ise deri lezyonları, aşırı pigmentasyon, sinir sistemi bozuklukları, deri kanseri, mesane kanseri ve akciğer kanseri oluşmaktadır (Anonymous, 2013; WHO, 2011b; Vahter ve ark., 2002).

İnsan vücuduna alınan arseniğin kaynakları su (WHO, 2011b; Vahter ve ark., 2002; Petrusevski ve ark., 2007) ve sucul canlıların tüketiminden kaynaklanmaktadır (WHO, 2011b; Anonymous, 2005a). Arsenik sulara kayalar, mineraller ve cevherlerin çözünmesi, madencilik faaliyetleri ve atıkları, elektrik

üretimi ve atmosferik döngü sonucunda ulaşmaktadır (WHO, 2011b; Sorensen, 2000).

Sucul canlılarda arsenik toksisistesi canlının büyüklüğü, arseniğin kimyasal formu ve yoğunluğuna bağlı olarak değişim göstermektedir. Arseniğin etkisi balıkların boyu ile ters orantılı olmakla birlikte arseniğin yoğunluğu ile doğru orantılı hareket etmektedir. Akut arsenik zehirlenmesi balıklarda oksijen alımını azaltarak boğulma sonucunda ölüme neden olmaktadır. Kronik arsenik toksisitesinde ise DNA hasarı, solunum yetmezliği, lizozom benzeri organellerde azalma, kanda üre seviyesinin artması gibi rahatsızlıklar meydana gelmektedir (Sorensen 2000). İçme sularındaki As yoğunluğu WHO'ya göre 0.01mg/l'yi geçmemelidir (WHO, 2017).

Bu çalışma ile Mersin Körfezi'nin birincil kirletici olarak sınıflandırılan ve yukarıda bahsedilen ağır metaller açısından kirlenmeye maruz kalıp kalmadığı, şayet bir kirlenme var ise bu durumun belirlenmesi, söz konusu kirlenmenin sucul ekosisteme etkisinin olup olmadığı, eğer var ise tehlikeli boyutlara ulaşıp ulaşmadığı ve bu durumun insan sağlığını etkileyecek boyutta olup olmadığı konusunda bilgi edinmek ve bu konudaki literatüre katkı sağlanmak amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Roth ve Hornung (1977), İsrail'in Hayfa Körfezi'nden elde ettikleri balıkların kas doku, su ve sediment örneklerinde Cd, Pb, Cu, Zn, Ni ve Cr gibi bazı ağır metallerin yoğunluklarını incelemişlerdir. Araştırmada su örneklerinde ağır metal düzeyleri Cd 0.94, Pb 6.4, Cu 3.7 ve Zn 38.3µg/l olarak tespit edilmiştir. Sedimentteki ortalama ağır metal düzeyleri ise Cd 0.7, Pb 8.4, Cu 1.6, Zn 7.0 ve Cr 4.2mg/kg kuru ağırlık olarak rapor edilmiştir. Örnekledikleri balıkların ortalama metal seviyelerini ise Cd 0.08, Pb 0.4, Cu 0.9, Zn 6.6 ve Cr 0.5mg/kg kuru ağırlık olarak bildirmişlerdir.

Gey ve Mordoğan (1988), İzmir körfezinde yakalanan kefal (*Mugil sp.*), levrek (*Dicentrarchus labrax,* L.), dilbalığı (*Solea vulgaris* Ouensel) ve midyenin (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck) kas dokularında ve iç körfezin sahil kenarı sedimentinde dokuz ağır metalin (Cu, Mn, Zn, Fe, Pb, Co, Cr, Cd ve Ni) miktarlarını saptamışlardır. Çalışılan türlerdeki ağır metal derişimleri tür, mevsim, istasyon, biyotop ve organizmaların boylarına göre değişim göstermiştir. Midyelerdeki metal derişimi diğer bütün balıklardan fazla bulunmuştur. Çalışılan canlıların hepsindeki metal konsantrasyon düzeyleri yenilebilir kas dokuları için belirlenen değerlerden daha düşük saptanmıştır. Sedimentteki metal konsantrasyonları da mevsim ve istasyonlara göre farklılık göstermiş olup; sediment konsantrasyonu çalışılan canlılardan çok daha yüksek bulunmuştur. Çalışılan metaller içinde hem tür ve hem de sedimentte demir en yüksek düzeyde bulunmuştur.

Schuhmacher ve ark. (1990) İspanya'nın Tarragona sularında yaptıkları çalışmada keserbaş barbun ve dil balığını da içeren birçok canlı türünde Cd ve Pb düzeylerini belirlemişlerdir. Bu araştırıcılar keserbaş barbunda Pb düzeyini 260.3-682.7µg/kg ve Cd düzeyini 180.3-652.4µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Dil balığındaki metal yoğunluklarını ise Pb 96.8-476, Cd <2-296.4µg/kg düzeyinde bulmuşlardır.

Jop ve ark. (1997), Amerika Birleşik Devletleri'ne ait Connecticut'ta iki farklı nehir ağzında yaptıkları çalışmada mavi yengecin kas ve hepatopankreas dokularında Al, As, Cd, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, Se ve Ag gibi bazı metallerin yoğunluklarını araştırmışlardır. Mavi yengeç kas dokularındaki bazı ağır metal düzeylerini Quinnipiac ve Connecticut nehirleri için sırasıyla As 0.76-0.62, Cd 0.05-0.40, Cu 15.95-16.20, Pb 0.12-0.01, Zn 32.76-31.25mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Çalışılan metallerden Zn ve Hg hariç diğer tüm metal yoğunlukları hepatopankreasta daha yüksek bulunmuştur.

DelVallls ve ark. (1998), Cadiz Körfezi'ndeki 2 littoral ekosistemde *Sparus aurata* juvenillerini kullanarak sedimentte bulunan metallerin toksisitesini test etmişlerdir. Çalışmaları sonucunda Cr ≥ 90.2, Cd ≥ 1.24, Pb ≥ 52.5, Ag ≥ 0.68 ve Cu ≥ 71.2mg/kg kuru ağırlık olarak verilen sediment konsantrasyonlarının zararlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Kalay ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada *M. cephalus*, *M. barbatus* ve *Caranx crysos*'un kas, solungaç ve karaciğer dokularındaki ağır metal (Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn ve Fe) düzeylerini Mersin, Karataş ve İskenderun Körfezi'nde araştırmışlardır. Keserbaş barbunya kas örneklerinde Cd düzeyini İskenderun Körfezi istasyonunda 1.43, Karataş açıklarında 1.03, Mersin Körfezi'nde ise 1.07µg/g kuru ağırlık olarak tespit etmişlerdir. Cd için aynı veriliş sırasına göre Pb değerlerini 9.11, 5.34 ve 5.94µg/g, Cu değerlerini 5.88, 2.87, 2.26µg/g; Cr değerlerini 1.6, 1.06, 1.91µg/g ve Zn değerlerini ise16.1, 19.3, 25.8µg/g kuru ağırlık şeklinde rapor etmişlerdir.

Akdeniz, Kızıldeniz ve Kuzey Denizi'nde Kress ve ark. (1999) temiz ve kirlenmiş olarak niteledikleri alanlardan mırmır dahil dört balık türünün kas ve karaciğer dokularında ağır metal yoğunluklarını incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan mırmır örnekleri, İsrail kıyılarında yer alan Hayfa ve Jaffa istasyonlarından temin edilmiştir. Mırmır kas dokularındaki metal düzeylerinin Hayfa örnekleri için Cd <0.01-0.04, Cu 0.2-0.72, Zn 3.73-12.8µg/g olduğu; Jaffa

örnekleri için ise Cd <0.01-0.03, Cu 0.25-0.36, Zn 5.08-6.71µg/g yaş ağırlık olduğu belirlenmiştir.

Jewett ve Naidu (2000), Amerika Birleşik Devletleri'nin Kuzey Pasifik kıyılarında yer alan Seaward Yarımada'sı sahilinde 1987-1990 yılları arasında bir altın madeni civarındaki açık sularda madenden etkilenen ve etkilenmeyen iki istasyonda yaşayan kırmızı kral yengeci (*Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815))'in kas doku, hepatopankreas ve aynı bölgelerden alınan sediment örneklerinde As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn ve Hg yoğunluklarını araştırmışlardır. Araştırmacılar madenden etkilenen ve etkilenmeyen kesimler arasında yengeç dokularındaki ağır metal yoğunluğu bakımından istatistiksel anlamda önemli bir farkın olmadığını bulmuşlardır. Yengeç örnekleri kas dokusundaki ağır metal ortalama yoğunluklarının kuru ağırlıkta µg/g olarak As 15.17, Cd 0.23, Cr 1.27, Cu 68.98, Pb 0.59, Ni 1.85 ve Zn 178 şeklinde tespit etmişlerdir.

Canlı ve ark. (2001) tarafından Doğu Akdeniz'de üç ayrı istasyondan temin edilen *P. japonicus* örneklerinde solungaç, hepatopankreas ve kas dokularında bazı ağır metal seviyeleri araştırılmıştır. Mersin açıklarından yakalanan Japon karideslerinin kas dokularında belirlenen ağır metal düzeyleri Cd 0.82, Pb 4.8, Cu 22.59, Cr 1.16 ve Zn 65.1µg/g kuru ağırlık şeklinde tespit edilmiştir.

Fatoki ve Mathabatha (2001), Doğu Londra ve Port Elizabeth limanlarından aldıkları su ve sediment örneklerinde bazı ağır metalleri (Zn, Cd, Cu, Fe, Mn ve Pb) incelemişlerdir. Doğu Londra Limanı'nda su örneklerinde Cd 0.2-72.0µg/l, Cu 0.6-42.6µg/l, Fe 2.4-183.0µg/l, Pb. 0.6-1.63µg/l, Mn 0.9-23.9µg/l, Zn 0.5-27.6µg/l olarak saptanmıştır. Aynı bölgeden alınan sediment örneklerinde ise, ağır metal değerleri (kuru ağırlık olarak) Cd 0.12-1.63µg/g, Cu 12.7-183.0µg/g, Fe 1046.0-18114.0µg/g, Pb 3.2-84.2µg/g, Mn 87.4-549.0µg/g ve Zn 26.1-332.0µg/g olarak belirlenmiştir. Port Elizabeth limanı'ndan alınan su örneklerinde Cd 0.3-4.0µg/l, Cu 0.5-11.3µg/l, Fe 3.7-21.9µg/l, Pb 0.6-4.2µg/l, Mn 0.7-16.8µg/l ve Zn 0.7-16.2µg/l şeklinde ölçülmüştür. Sediment örneklerinde (kuru ağırlık olarak) ise

Cd 0.1-1.4µg/g, Cu 8.6-82.3µg/g, Fe 4219.0-15682.0µg/g, Pb 9.0-61.9µg/g, Mn 103.0-499.0µg/g ve Zn 18.8-126.0µg/g olarak bulunmuştur.

İskenderun Körfezi'nde Kargın ve ark. (2001) tarafından iki farklı karides türünde (*Penaeus semiculatus* ve *Metapenaeus monocerus*) ağır metal düzeyleri çalışılmıştır. Her iki türdeki ağır metal yoğunluklarını Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarında belirlemişlerdir. Her iki türde de Cu ve Zn diğer çalışılan metallerden daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada her iki türde de solungaç, hepatopankreas ve kas dokularında metal düzeyleri çalışılmıştır. En yüksek metal düzeyleri Pb hariç hepatopankreasta; en düşük ise kas dokusunda belirlenmiştir. Tüm metaller çalışılan tüm dokularda yaz döneminde en yüksek yoğunlukta tespit edilmiştir.

Gaspic ve ark. (2002), Doğu Adriyatik'te yaptıkları çalışmada ticari öneme sahip iki farklı türün (*Merluccius merluccius* ve *M. barbatus*) kas ve karaciğer dokularında Cd ve Pb seviyelerini araştırmışlardır. Karaciğer metal konsantrasyonu son zamanlarda Akdeniz'de yapılan çalışmalara paralel düzeyde (Cd 0.006-0.183mg/kg, Pb 0.039-0.970mg/kg yaş ağırlık) bulunmuştur. Kas dokularında Cd düzeyleri Akdeniz'de yapılan çalışmalardan daha düşük düzeyde (0.0041-0.029mg/kg), Pb ise söz konusu çalışmaların seviyesinde (0.049-0.158mg/kg) gözlenmiştir. Balık boyu arttıkça karaciğerdeki metal konsantrasyonunda belirgin bir düşüş gözlenmiş olup; kas doku metal düzeyleri ve balık boyu arasında önemli bir ilişki görülmemiştir. Cinsiyet ve metal konsantrasyonları arasında da herhangi bir korelasyon tespit edilememiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler söz konusu türlerdeki metal düzeylerinin insani tüketim açısından herhangi bir tehlike arz etmediğini göstermiştir.

Gökoğlu ve Yerlikaya (2003) 2001 yılı Temmuz ayında Antalya Körfezi'nden yakalanan *C. sapidus* ve *Portunus pelagicus*'ta ağır metal yoğunluklarını çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada mavi yengeç vücut eti ve kıskaç etlerinde Zn ve Cu düzeylerini araştırmışlardır. Mavi yengeç vücut etlerinde Zn

0.69mg/kg, Cu 0.253mg/kg düzeyinde; kıskaç etlerinde ise Zn 0.47, Cu 0.313mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Topçuoğlu ve ark. (2004), Marmara Denizi'nden topladıkları sediment, balık, makro alg ve midye örneklerinde Cd, Co, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, Pb ve Cu düzeylerini araştırmışlardır. Makro alglerdeki Zn, Fe, Mn, Pb ve Cu örnekleri daha önceki çalışmalara oranla daha yüksek bulunmuştur. Özellikle Cu ve Zn İstanbul Boğazı ve Karadeniz alglerinden daha yüksek çıkmıştır. Midye örneklerinde ağır metallerin konsantrasyon sıralaması Fe > Zn > Ni > Mn > Cu > Pb > Cr > Cd > Co şeklinde bulunmuştur. Midyelerdeki metal konsantrasyonları özellikle Pb, Karadeniz örneklerindekinden daha düşük bulunmuştur. Aynı zamanda Pb, Cu ve Zn miktarları Ege Denizi'ndeki örneklere oranla daha düşük belirlenmiştir. Balık örneklerindeki Mn ve Cu oranlarının Karadeniz'dekilere göre oldukça düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca Cd, Co, Cr, Zn ve Pb oranları da Karadeniz balık türlerine oranla daha düşük saptanmıştır. Kuzey Marmara kıyıları en yüksek metal düzeylerinin görüldüğü bölgeler olmuştur. Diğer bölgelerdeki sediment örneklerinin çok daha düşük metal oranına sahip olduğu görülmüştür.

Yılmaz (2005), İskenderun körfezinde yaptığı çalışmada üç ayrı istasyonda iki farklı türün (***M. cephalus*** L. ve ***Sparus auratus*** L.) kas doku, deri ve gonadlarında bazı ağır metal (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb ve Zn) düzeylerini araştırmıştır. Ağır metal düzeyleri tür, doku ve istasyonlara bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Genellikle körfezin içinde yer alan iki istasyonda ***M. cephalus***'un metal düzeyleri ***S. auratus***'tan daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Bu da türlerin beslenme alışkanlıklarına bağlanmıştır. ***M. cephalus***'a ait örneklerde bulunan en yüksek metal konsantrasyonları (µg/kg yaş ağırlık); kas dokuda Cu 1.39, Zn 47.25, Fe 66.38, Pb 10.02, Ni 1.34 ve Cr 1.71, gonadlarda Cu 44.50, Zn 269.06, Fe 332.56, Pb 90.97, Ni 9.17 ve Cr 8.68 olarak tespit edilmiştir. En düşük ağır metal konsantrasyonları ise körfez açıklarında yer alan istasyondan alınan örneklerde görülmüştür. Bunun nedeni ise söz konusu istasyonun diğer iki istasyona göre evsel ve endüstriyel atıklardan uzakta yer almasına bağlanmıştır.

Storelli ve Marcotrigiano (2005), İyon Denizi'ndeki kirliliği belirlemek amacıyla *M. barbatus* kas dokusu ve *Patella caerulea*'da cıva, kadmiyum, kurşun ve krom düzeylerini araştırmışlardır. En yüksek Cr düzeyi *P. caerulea*'da Taranto Körfezi yakınlarındaki iki istasyonda, en yüksek Hg düzeyi ise *M. barbatus*'ta Sicilya açıklarında tespit edilmiştir. Akdeniz göz önünde bulundurularak, istasyonların metal yoğunluğu açısından temiz kabul edilebilir düzeyde olduğu düşünülmüştür. Ancak yüksek Cr ve Hg seviyeleri nedeniyle Taranto Körfezi ve Capo Passero'daki istasyon alanlarının izlenmesi gerektiği öngörülmüştür.

Küçüksezgin ve ark. (2006) tarafından İzmir Körfezi'nin *M. barbatus ve S. solea*'larında bazı ağır metal (Hg, Cd, Pb ve Cr) düzeyleri ve kirlilik göstergesi olan kimyasal parametreler incelenmiştir. Çalışma neticesinde sedimentteki ağır metal düzeyleri Hg 0.05-1.3 mg/kg, Cd 0.005-0.82, Pb 14-113 ve Cr 29-316 mg/kg olarak; balıklardaki ağır metal düzeyleri ise Hg 4.5-520µg/kg, Cd 0.10-10 ve Pb 0.10-491µg/kg şeklinde gözlenmiştir. Metallerin mevsimsel değişimleri arasında istatistiksel açıdan herhangi bir farkın olmadığı bulunmuştur. Ancak *M. barbatus*'taki Hg konsantrasyonlarındaki artışa dikkat çekilmiştir. Sonuç olarak İzmir Körfezi'nde ağır metal konsantrasyonlarının insan tüketimi açısından kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür.

Dural ve ark. (2006), Çamlık Lagünü'nde üç farklı türün (*Dicentrarchus labrax, M. cephalus* ve *S. auratus*) karaciğer, solungaç, gonad ve kas dokularında bazı ağır metal (Fe, Zn ve Cd) düzeylerini araştırmışlardır. Çalışmada karaciğer ve solungaç dokularındaki ağır metal düzeyleri gonad ve kas dokuya oranla daha yüksek bulunmuştur. *M. cephalus*'taki ağır metal düzeylerinin diğer iki türe oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kas dokudaki Zn yoğunluğu insan tüketimi açısından izin verilen düzeyin üzerinde bulunmuş olup; diğer metallerin izin verilen limitleri geçmediği tespit edilmiştir.

Dalman ve ark. (2006), Ege Denizi'ndeki Güllük Körfezi'nde *D. labrax* ve sediment örneklerinde bazı ağır metal (Pb, Cd, Cu ve Zn) düzeylerini araştırmışlardır. Bu çalışmanın neticesinde balık örneklerindeki ağır metal

düzeyleri Pb<0.02-0.4, Cd<0.01- 0.04, Cu<0.1 ve Zn<0.5-7.2mg/kg aralığında bulunmuştur. Sediment örneklerinde ağır metal düzeyleri ise Pb 2-20, Cd 0.08-0.56, Cu 0.14-25.2 ve Zn 0.45-80.8mg/kg aralığında görülmüştür.

Türkmen ve ark. (2006), İskenderun Körfezi'nde üç ayrı istasyondan kefal (*M. cephalus*) ve mavi yengeç (*C. sapidus*) temin ederek kas dokuda bazı ağır metal düzeylerini araştırmışlardır. Mavi yengeçlerde metal düzeylerini kuru ağırlıkta mg/kg olarak Cd için 1.06-2.51, Cr için 2.82-6.56, Cu için 3.88-9.39, Pb için 2.62-4.3 ve Zn için ise 6.76-11.5 düzeyinde tespit etmişlerdir. Metal yoğunluklarının mavi yengeçte daha yüksek olduğunu saptamışlar ve buna neden olarakta mavi yengeçlerin daha az hareketli olmaları ve beslenme özelliklerini göstermişlerdir.

Dural ve ark. (2007), Tuzla Lagünü'nden örneklenen üç farklı balık türünün (*S. auratus, D. labrax, M. cephalus*) kas doku, karaciğer, solungaç ve gonadlarında ağır metal (Cd, Pb, Cu, Zn ve Fe) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda kas dokusunda en yüksek metal düzeyi *S. auratus*'ta bulunmuştur. Kadmiyum ve Zn'nin en yüksek düzeyleri ilkbaharda; Fe, Cu ve Pb'nin ise kışın gözlemlenmiştir. En yüksek metal düzeyleri Zn, Fe ve Cu için *M. cephalus* karaciğerinde; Cd ve Pb ise *M.cephalus* solungaçlarında ölçülmüştür. Bazı dönemlerde Zn, Cd ve Pb konsantrasyonları kabul edilebilir limitlerin üzerinde bulunmuştur. Çinko her tür için ilkbahar aylarında, Pb *S. auratus*'ta kış, *M. cephalus* ve *D. labrax*'ta ilkbaharda, Cd ise *S. auratus*'ta ilkbaharda *M. cephalus*'ta ise kışın insan tüketimi açısından kabul edilebilir limitlerden daha yüksek ölçülmüştür.

Tuncel ve ark. (2007), Ege Denizi'nde yer alan Ölüdeniz lagün suyunda bazı kimyasal parametreler ve sedimentteki bazı ağır metal (Al, Fe, Mn, Cr, V, Zn, Pb, Cu) seviyelerini araştırmışlardır. Sediment örneklerinde bazı ortalama ağır metal düzeylerini kuru ağırlıkta Cr 35, Zn 16, Pb 7 ve Cu 7mg/kg olarak belirlemişlerdir.

Yılmaz ve Yılmaz (2007), İskenderun Körfezi'nde yeşil kaplan karidesinin (*P. semisulcatus*) kas doku, solungaç, hepatopankreas ve gonadlarında bazı ağır metal (Ag, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe ve Zn) seviyelerini eşey ve mevsimsel anlamda araştırmışlardır. Araştırma neticesinde Cr yoğunluğu erkek bireylerde daha yüksek bulunmuştur. Nisan ayındaki örneklerin hiç birinde Cr tespit edilemezken; en yüksek Cr yoğunluğu 13.1µg/g yaş ağırlık ile Ocak ayı erkeklerinde tespit edilmiştir. Kurşun yoğunluğunu ise en düşük Nisan ve Ocak örneklerinde 0.2µg/g olarak, en yüksek ise 0.6µg/g ile Temmuz örneklerinde belirlemişlerdir. Araştırmada elde edilen Cu yoğunluğu en düşük 14.9µg/g ile Ekim ayında dişi örneklerde, en yüksek 41.0µg/g ile yine aynı ayda erkek örneklerde bulunmuştur. Çalışmada tespit edilen Zn yoğunlukları ise en düşük 4.3µg/g ile Temmuz ayında, en yüksek ise 10.3µg/g ile Ocak ayında belirlenmiştir.

Uluözlü ve ark. (2007), Karadeniz ve Ege Denizi'nden avladıkları dokuz balık türünde bazı ağır metal (Cu, Cd, Pb, Zn, Mn, Fe ve Cr) düzeylerini incelemişlerdir. Balık örneklerinde çalışılan ağır metal düzeyleri Cu 0.73-1.83mg/kg, Cd 0.45-0.90, Pb 0.33-0.93, Zn 35.4-106, Mn 1.28-7.40, Fe 68.6-163, Cr 0.95-1.98 ve Ni 1.92-5.68mg/kg olarak tespit edilmiştir. Pb ve Cd seviyeleri insan tüketimi için izin verilen limitlerin üzerinde bulunmuştur.

Keskin ve ark. (2007) Marmara Denizi'nde avlanan balıkçılardan temin ettikleri keserbaş barbunya ve dil balığını da içeren 20 türde Cd, Pb, Cu ve Hg düzeylerini araştırmışlardır. Araştırmacılar keserbaş barbunyada ağır metal seviyelerini Cd 0.012, Pb 0.035 ve Cu 0.3mg/kg yaş ağırlık olarak, dil balığında ise Cd 0.022, Pb 0.133 ve Cu 0.37mg/kg yaş ağırlık olarak tespit etmişlerdir.

Abdallah (2008) Mısır'ın İskenderiye kıyılarından örneklediği *M. barbatus*'ta bazı ağır metal yoğunluklarını araştırmıştır. *M. barbatus* örneklerindeki ağır metal düzeylerini Cd 1.5, Pb 1.72, Zn 17.8, Cu 2.28 ve Cr <0.005mg/kg şeklinde belirlemiştir.

Çiçek ve ark.(2008)'in İskenderun Körfezi'nin batı kıyılarında yer alan Sugözü açıklarında yaptıkları çalışmada, *M. barbatus*, *Saurida lessepsianus* ve

Pagellus erythrinus'ta 2004 ve 2005 yılları itibariyle mevsimsel ağır metal yoğunluklarını araştırmışlardır. Keserbaş barbunyalarda Zn yoğunluklarını 2004 yılı için mevsimsel olarak ortalama yaz 25.31, kış 39.41, 2005 yılı için ilkbahar 16.58, yaz 8.95, sonbahar 12.37 ve kış 4.28µg/g yaş ağırlık olarak tespit etmişlerdir. Cu yoğunluklarını ise 2004 yılı için mevsimsel olarak ortalama yaz 4.19, kış 1.56µg/g yaş ağırlık olarak bulmuşlardır. 2005 yılı için ise keserbaş barbunyada Cu değerleri ölçümde kullanılan atomik absorpsiyon cihazının duyarlılık sınırlarının altında kaldığı için tespit edilememiştir. Çalışmada keserbaş barbunya için ortalama Zn yoğunluğu 18.23µg/g yaş ağırlık, Cu düzeyi ise 1.10µg/g yaş ağırlık olarak belirlenmiştir.

Türkmen ve ark. (2008) Marmara, Ege ve Akdeniz'den elde edilen 12 balık türünde ağır metallerden Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn düzeylerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda tüm balık türlerinde en yüksek oranda bulunan metal Fe olmuştur. Çinko genellikle ikinci en yüksek ağır metal olarak tespit edilmiştir. Çalışılan balıklarda metal oranları Cd 0.02-0.37mg/kg, Co 0.04-0.41, Cr 0.04-1.75, Cu 0.32-6.48, Fe 7.46-40.1, Mn 0.10-0.99, Ni 0.02-3.97, Pb 0.33-0.86 ve Zn 4.49-11.2mg/kg şeklinde bulunmuştur. Karaciğerdeki ağır metal düzeyleri kas dokuda saptadıkları değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Bazı istasyonlarda Cd ve Cr karaciğer ve kas dokuda; Pb ise karaciğerde insan tüketimi için izin verilen miktarlardan daha yüksek bulunmuştur.

Olalade ve ark. (2008) Nijerya'da yaptıkları çalışmada *Tiapia zilli*, *C. sapidus* ve *Littorina litorea* türlerinin ağır metal yoğunluklarını incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan mavi yengeçlerin tüm vücudu homojen hale getirilerek metal yoğunlukları tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda mavi yengeçlerde ortalama metal yoğunlukları Cu için 9.14mg/kg, Zn için ise 0.31mg/kg olarak ölçülmüştür.

Uysal ve ark. (2008), Antalya kıyılarında yer alan Beymelek Lagünü'ndeki *L. mormyrus, Liza aurata, Chelon labrasus, M. cephalus, S. auratus* ve *Liza ramada*'nın kas dokularında bazı ağır metallerin (Cu, Zn, Mn, Ni, Fe, Mg, Cr, Co, B) yoğunluğunu araştırmışlardır. Araştırmada incelenen tüm türler dikkate

alındığında, belirlenen ortalama ağır metal miktarları yaş ağırlıkta mg/kg olarak Cu 0.28-5.11, Zn 4.27-339.76, Mn 0.0-12.81, Fe 3.25-117.73, Cr 0.0-1.40, Co 0.0-3.29 ve Mg 168.73-659.16 aralığında bulunmuştur. Nikel ve Bor ise türlerin hiçbirinde ölçülebilir düzeyde bulunmamıştır. *L. mormyrus*'taki ortalama ağır metal düzeyleri ise Cu 1.54, Zn 5.83, Mn 0.09, Fe 3.25, Co 0.22, Mg 304.20mg/kg yaş ağırlık; Co, Ni ve Cr ise ölçülebilir düzeyin altında tespit edilmiştir.

Mersin Körfezinde yaptıkları çalışmada Ayas ve ark. (2009), iki Patella türü ve deniz suyunda Cr, Cd ve Pb yoğunluklarını araştırmışlardır. Araştırmacılar Mersin Körfezi'nin en fazla kirlilik alan kısmı olarak tanımladıkları Kazanlı, Karaduvar, Mersin Limanı ve Mezitli bölgelerini örnekleme istasyonu olarak seçmişlerdir. Deniz suyunda ağır metal yoğunluklarını Cd: 0.15-0.44, Cr: 2.63-6.13 ve Pb: 2.24-14.2µg/l olarak tespit etmişlerdir. İstatistiksel anlamda istasyonlar arasındaki farklılıkları Pb için önemli bulmuşlar; diğer metaller açısından ise herhangi bir farkın olmadığı sonucuna varmışlardır. Ortalama metal yoğunlukları açısından en yüksek değere sahip istasyonları Pb için Kazanlı, Cr için Mersin Limanı ve Cd için ise Karaduvar istasyonları olarak saptamışlardır.

Turan ve ark. (2009), Akdeniz ve Karadeniz sahillerinden yakaladıkları *Merlangius merlangus, M. barbatus* ve *Engraulis encrasicholus*'un kas dokusunda bazı ağır metal düzeylerini araştırmışlardır. Araştırmacılar Akdeniz'den elde ettikleri keserbaş barbunyalarda ağır metal yoğunluklarını Pb 0.559, Cd 0.494, Cr 1.893, Zn 5.87µg/g kuru ağırlık; Karadeniz'den elde ettiklerinde ise Pb 0.727, Cd 0.208, Cr 1.055 ve Zn 7.573µg/g kuru ağırlık olarak tespit etmişlerdir.

Tüzen (2009) yaptığı çalışmada, Karadeniz'den elde ettiği farklı balık türlerindeki bazı ağır metal (Hg, As, Pb, Cd, Fe, Cu, Mn, Zn, Se, Cr, Ni) yoğunluklarını Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ve Mikrodalga Çözümleme Yöntemi kullanarak belirlemiştir. Çalışmada *M. barbatus*'taki bazı ağır metallerin ortalama yoğunlukları yaş ağırlıkta As 0.11, Pb 0.36, Cd 0.17, Cu 0.96, Zn 75.5 ve Cr 1.35µg/g olarak bulunmuştur.

Mersin Körfezi'de Mersin Limanı ve Karaduvar balıkçılık alanından elde edilen sediment ve keserbaş barbunya ile dil balığının da içinde yer aldığı altı farklı balık türünde Doğan-Sağlamtimur ve Kumbur (2010) tarafından ağır metal seviyeleri araştırılmıştır. Çalışmada sediment örneklerinde ağır metal seviyeleri Karaduvar örneklerinde Pb 45.61, Cu 44.67µg/g kuru ağırlık şeklinde, Mersin Limanı örneklerinde ise Pb 19.02, Cu18.23µg/g kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan dil balığı ve keserbaş barbunyalarda Pb düzeyleri çalışılmış olup; dil balıklarında Pb tespit edilememiş, keserbaş barbunyada ise 1.46µg/g yaş ağırlık olarak bulmuşlardır.

Ersoy ve Çelik (2010), İskenderun Körfezi'nden temin ettikleri *S. auratus, Chelidonichthys lucernus, Upeneus moluccensis, S. solea, M. merluccius* ve *Saurida lessepsianus*'un kas doku ve karaciğer örneklerinde bazı ağır metallerin de içinde yer aldığı elementlerin (Na, Ca, K, Mg, Cu, Mn, Cr, Fe, Ni, Zn, Pb ve Cd) yoğunluklarını mevsimsel olarak araştırmışlardır. Söz konusu elementlerin yoğunluklarının insan sağlığı açısından risk oluşturan değerlerden daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmada dil balığının (*S. solea*) mevsimler itibariyle kas doku yaş ağırlığında mg/kg olarak belirlenen metal yoğunlukları en yüksek ve en düşük olmak üzere, sırasıyla şu şekilde bulunmuştur: Cu 1.06 (yaz)-1.54 (sonbahar), Cr 0.03 (yaz)-0.05 (kış), Zn 2.09 (yaz)-2.76 (sonbahar ve ilkbahar), Pb 0.13 (yaz)-0.38 (sonbahar), Cd 0.03 (sonbahar)-0.11 (kış ve ilkbahar). Araştırmada sözü edilen türlerin kas dokularında tespit edilen ağır metallerden hiç birisi izin verilen limitlerin üzerinde bulunmamıştır.

Reed ve ark. (2010), Amerika Birleşik Devletleri'nin Pasifik okyanusu kıyılarındaki Güney Carolina sahillerinde yaşayan kaya yengeçlerinde (*Menippe mercenaria*) bazı elementlerin (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, U, V ve Zn) yoğunluklarını incelemişlerdir. Araştırmada kaya yengecinin kas doku, kıskaç, solungaç ve hepatopankreasında söz konusu element düzeyleri araştırılmıştır. Kas dokusunda en yüksek yoğunluk (yaş ağırlık) 80.2µg/g ile Zn, en düşük ise tespit edilebilir düzeyin altında olmak üzere Be, Sb,

Pb, Tl ve U elementleri için belirlenmiştir. Araştırma sonucunda kaya yengeci kas dokusunda bazı metal düzeyleri yaş ağırlıkta µg/g olarak en düşük, en yüksek ve ortalama değerlerin sırasıyla Cd: (0.003-0.059) 0.019, Cr: (0.139-0.336) 0.226, Cu: (8.18-23.1) 15.1, As: (11.9-38.3) 18.9, Pb: (0.000-0.022) 0.003 ve Zn: (60.0-80.2) 70.0 şeklinde olduğu bulunmuştur.

Mendil ve ark. (2010) Samsun, Ordu, Trabzon ve Rize illerinde 2008 ve 2009 yıllarında Karadeniz'den elde edilen palamut (*Sarda sarda*), keserbaş barbunya (*M. barbatus),* karagöz istavrit (*Trachurus trachurus*) ve mezgit (*M. merlangus*)'ta bazı ağır metallerin (Fe, Zn, Cr, Pb, Cd, Mn, Cu ve Co) yoğunluklarını araştırmışlardır. Tüm türlerde en yüksek metal yoğunluklarını yaş ağırlıkta Fe 25.5–41.4, Zn 17.8–25.7, Pb 0.28–0.64, Cr 0.64–0.99, Mn 1.3–3.6, Cu 1.4–1.9, Cd 0.18–0.35 ve Co 0.25–0.42µg/g olarak belirlemişlerdir. Keserbaş barbunya örneklerinde yine yaş ağırlıkta olmak üzere, ortalama ağır metal yoğunluklarının Fe 41.4 ± 4.1, Zn 17.8 ± 1.8, Pb 0.40 ± 0.04, Cr 0.99 ± 0.1, Mn 2.5 ± 0.3, Cu 1.4 ± 0.1, Cd 0.23 ± 0.02 ve Co 0.42 ± 0.04µg/g olduğunu tespit etmişlerdir. Keserbaş barbunyada Zn hariç diğer tüm metaller için ortalama mevsimsel yoğunlukların yaz mevsiminde bir miktar daha fazla olduğu; ancak mevsimsel ortalama değerlerin ise birbirlerine oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir. Fe, Cr ve Co yoğunluklarının keserbaş barbunyada, Cu ve Cd yoğunluklarının palamutta, Mn yoğunluğunun ise mezgitte daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Özden ve ark. (2010), İstanbul'daki yerel balıkçılardan temin ettikleri *S. solea*, *M. barbatus* ve *M. merlangus*'ta bazı ağır metal ve mineral düzeylerini incelemişlerdir. Çalışmada her üç türde de mevsimsel yoğunlukları araştırmışlardır. *S. solea*'da ağır metal yoğunluklarının kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar sıralamasıyla Cd 0079-0.031-0.02-0.015, Pb 0.288-0.269-0.475-0.531, Cu 1.120-1.027-0.539-1.56, Zn 11.391-14.187-14.496-35.635, As 0.4-0.28-0.3-0.353 ve Cr 1.328-1.202-1.055-1.604mg/kg olarak rapor etmişlerdir. Keserbaş barbunyadaki metal yoğunlukları da aynı sıralama ile Cd 0.086-0.094-0.005-0.015, Pb 0.229- 0.058-

0.065-0.265, Cu 1.278-0.935-0.568-1.041, Zn 14.933-11.739-11.905-30.927, As 0.966-0.451-0.174-0.164 ve Cr 2.554-1.797-0.592-2.393mg/kg şeklinde tespit edilmiştir.

Küçüksezgin ve ark. (2011), İzmir Körfezi'nde 1997-2009 yılları arasında sediment ve keserbaş barbunya (*M. barbatus*) örneklerinde Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni ve Mn düzeylerini araştırmışlardır. Sediment örneklerinde tespit edilen metal yoğunlukları körfezin orta ve dış kesimlerinde Mn > Cr > Ni > Zn > Pb > Cu > Hg > Cd şeklinde iken; iç kesimlerde Mn > Zn > Cr > Ni > Pb > Cu > Hg > Cd olarak bulunmuştur. Sedimentlerde en yüksek ve en düşük metal yoğunlukları ise kuru ağırlıkta µg/g olarak Hg 0.12-1.3, Cd 0.005-0.82, Pb 3.1-119, Cr 19-199, Cu 2.2-109, Zn 14-482, Ni 11-171, Mn 128-942 aralığında bulunmuştur. Keserbaş barbunya örneklerindeki ağır metal yoğunluklarının Zn > Cu > Hg > Pb > Cr > Cd sıralaması şeklinde olduğu görülmüştür. Çalışılan ağır metallerin keserbaş barbunya örneklerindeki yoğunlukları yıllara göre Hg, Cr, Cu ve Zn için artış eğilimi göstermişken; Cd ve Pb için ise düşüş eğilimi sergilemiştir. *M. barbatus* örneklerindeki en yüksek ve en düşük metal yoğunlukları yaş ağırlıkta µg/kg olarak sırasıyla Hg 14-500, Cd 0.10-10, Pb 2.6-478, Cr 21-270, Cu 178-568, Zn 2157-3771 şeklinde bulunmuştur.

Akdeniz'de Dörtyol Gölü, Akyatan Lagünü, Paradeniz Lagünü ve Çamlık Lagünü'nden elde ettikleri mavi yengeçlerde ağır metal yoğunluklarını araştıran Mutlu ve ark. (2011); ağır metal konsantrasyonlarını yaş ağırlıkta en düşük ve en yüksek olmak üzere Cd: 0.03–0.08, Cr:0.05–0.13, Cu: 5.38–11.7, Fe: 21.1–38.2, Mn: 0.15–2.98, Ni: 0.24–0.45, Zn: 13.9–20.1mg/kg olarak saptamışlardır. Mavi yengeç dokuları arasında bölgesel farklılıklar tespit etmişler; ancak bu durumun insan tüketimi açısından herhangi bir problem oluşturmayacağı sonucuna varmışlardır.

Wu ve Yang (2011), Zhanjiang Körfezi'nin doğal ortamında yaşamlarını sürdüren ve 10 adet karides işletmesinde kültür ortamında yetiştirilen beyaz karides (*Litopenaeus vannamei*)'nin kas doku, kabuk ve karaciğer örneklerinde bazı ağır

metal düzeylerini araştırmışlardır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada Zhanjiang Körfezi'nden aldıkları karides kas doku örneklerinde ortalama ağır metal yoğunluklarını kuru ağırlıkta Cr 18.43, Cu 30.37, Fe 149.01, Mn 6.73, Zn 98.71mg/kg olarak bulmuşlardır. Cd, Pb ve Co yoğunluklarının ise ölçülebilir düzeyin altında olduğu belirlenmiştir.

Duman ve ark. (2012), Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti açıklarında yaptıkları çalışmada sedimentteki bazı ağır metal (Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, Cr, As, Fe) ve organik karbon düzeylerini incelemişlerdir. Çalışmada sediment ağır metal yoğunluklarının yaş ağırlıkta mg/kg olarak Cu 1.6–74, Pb 1.6–9.2, Zn 5.0–78, Ni 6.6–114, Co 1.6–17, Mn 141–1241, Cr 9.0–46, As 3.3–55.4, Fe 1800–84400 aralığında belirlemişlerdir.

Aksu ve Taşkın (2012), Marmara Denizi ve İstanbul sahilinden elde ettikleri yüzey sedimentlerinde bazı pestisit ve ağır metal (Pb, Cd ve Cr) düzeylerini araştırmışlardır. Çalışmada Pb 32-122µg/g, Cd 0.19-1.16µg/g ve Cr ise 62-372µg/g olarak bulunmuştur.

Alonso Castillo ve ark. (2013), İspanya'nın Akdeniz kıyılarında yer alan Malaga Körfezi'nde su ve sedimentte bazı ağır metallerin (Cd, Ni, Pb, Cu, Cr) yoğunluklarını ve birikimini araştırmışlardır. Ortalama ağır metal yoğunlukları sedimentin kuru ağırlığında mg/kg olarak Cd 0.076, Cr 13.06, Cu 15.08, Ni 26.94 ve Pb 19.05 düzeyinde bulunmuştur. Sedimentlerde ortalama metal yoğunlukları dikkate alındığında, metallerin yoğunluk sıralaması Ni > Pb > Cu > Cr > Cd şeklinde gerçekleşmiştir. Suda ortalama metal yoğunluklarının ise µg/l olarak Cd 0.184, Cr 0.75, Cu 1.31, Ni 3.91 ve Pb 1.09 şeklinde olduğu bulunmuştur. Su örneklerinde metal yoğunluk sıralamasının Ni>Cu>Pb > Cr > Cd şeklinde gerçekleştiği rapor edilmiştir.

Copat ve ark. (2013), Catania-İtalya'daki balık marketlerinden aldıkları ve Catania Körfezi'nden temin ettikleri balık ve kabuklu türlerinde bazı ağır metal (As, Cd, Cr, Pb, Mn, Ni, V ve Zn) yoğunluklarını araştırmışlardır. Araştırmada kullanılan türlerden keserbaş barbunya örneklerindeki bazı ağır metallerin ortalama

yoğunluklarının yaş ağırlıkta mg/kg olarak As 11.024, Cd 0.0004, Cr 0.009, Pb 0.005 ve Zn 3.418 olduğunu tespit etmişlerdir.

Ergül ve Aksan (2013) Marmara ve Karadeniz'den elde ettikleri balık ve omurgasız türlerinde As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Se ve Zn yoğunluklarını tespit etmişlerdir. Çalışmalarında Karadeniz'den elde edilen keserbaş barbun ve dil balıklarının kas dokularında buldukları metal yoğunluklarını keserbaş barbun için As 12.7, Cd 0.02, Cr 0.33, Cu 1.00, Pb 0.02, Zn 14.00mg/kg düzeyinde, dil balığı için ise As 11.0, Cd 0.02, Cr 1.44, Cu 2.05, Pb 0.03 ve Zn 18.4mg/kg düzeyinde bulmuşlardır.

Külcü ve ark. (2014)'ün Mersin Körfezi'nde yaptıkları çalışmada, 16 balık ve kabuklu türünden onar adet örnekleme yaparak Pb, Cu, Zn, Fe, Ca, Mg, P gibi bazı ağır metal ve mineral seviyelerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında dil balığı, keserbaş barbunya ve mırmır balıklarında Pb, Cu ve Zn yoğunluklarını da belirlemişlerdir. Bu araştırmada dil balığındaki metal düzeyleri Pb 6.56, Cu 6.68 ve Zn 22.84µg/g, keserbaş barbunyada Pb 6.34, Cu 1.17, ve Zn 25.12µg/g, mırmır da ise Pb 5.60, Cu 1.09, Zn 26.91µg/g olarak rapor edilmiştir.

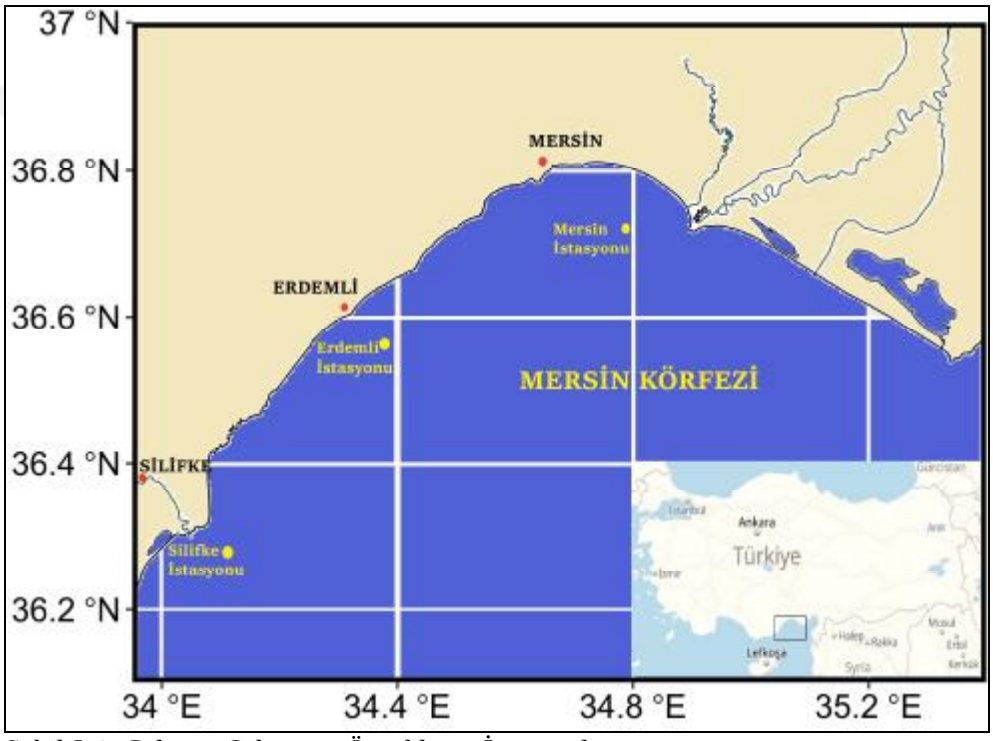
Manaşırlı ve ark. (2015) İskenderun Körfezi'nde keserbaş barbunya, ıskarmoz ve kırmızı mercanda Fe, Cu ve Zn düzeylerini araştırmışlardır. Keserbaş barbunya kas dokusundaki en düşük ve en yüksek metal düzeylerini Cu için 0.37-2.69 ve Zn için 15.91-33.17mg/kg kuru ağırlık olarak belirlemişlerdir.

Yabanlı ve Alparslan (2015)'in Doğu Ege Denizi'nde yer alan Fethiye, Bodrum, Marmaris ve Datça'yı içine alan çalışmalarında beş farklı balık türünde (*M. barbatus*, *Mullus surmelutus*, *L. mormyrus*, *Diplodus vulgaris* ve *P. erythinus*) Cr, Cu, Hg ve Pb yoğunluklarını incelemişlerdir. Araştırmalarında kullanılan keserbaş barbunya örneklerinde Cr 0.28, Cu 0.13, Cd 0.03 ve Pb 0.10mg/kg yaş ağırlık olarak tespit edilmiştir. Mırmır balıklarında ise Cr 0.38, Cu 0.17, Cd 0.03 ve Pb 0.11mg/kg yaş ağırlık seviyeleri ölçülmüştür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Örnekleme İstasyonları ve Örnekleme Sıklığı

Bu çalışma, Türkiye'nin güneyinde yer alan Mersin ili Akdeniz sahil şeridi boyunca doğudan batıya doğru olmak üzere, Mersin merkez, Erdemli ve Silifke ilçelerinin açıklarını kapsayan alanda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma Sahası ve Örnekleme İstasyonları

Örnekleme çalışmaları üç istasyonda gerçekleştirilmiş olup; canlı örneklemeleri sırasıyla, Mersin merkez ile Tarsus ilçesi arasındaki Karaduvar sahili açıkları, Erdemli ilçesi açıkları ve Silifke ilçesi yerleşiminin doğu açıklarında avlanan balıkçılardan temin edilmiştir.

Su ve sediment örneklemeleri ise örneklemede kullanılan teknenin GPS'i yardımıyla belirlenen ve Mersin açıklarındaki 36'73.171N-34'78.133E

koordinatından; Erdemli açıklarındaki 36’58.506N-34’39.522E koordinatından ve Silifke açıklarındaki 36’28.043N-34’17.562E koordinatındaki istasyondan gerçekleştirilmiştir. Örneklerin toplanması amacıyla 2010 yılı Haziran ayı ile 2011 yılı Mayıs ayı arasında kalan 12 aylık süre boyunca her ay saha çalışması yapılmıştır. Her istasyon itibariyle önceden enlem ve boylamı belirlenen noktadan birer adet su ve sediment örneği ile canlı örneklerden her bir popülasyonunu temsilen biri büyük diğeri orta ve öbürü küçük boya ait üç bireyden örnek temin edilmiştir.

3.2. Materyal

Canlı materyal olarak mavi yengeç (*C. sapidus*), Japon karidesi (*P. japonicus*), mırmır (*L. mormyrus*), keserbaş barbun (*M. barbatus*) ve dil balığı (*S. solea*) örnekleri kullanılmıştır. Devam eden bölümlerde canlı materyale ait türlerin genel biyolojik özellikleri verilmiştir.

3.2.1. Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896)

Sistematikteki yeri Çizelge 3.1 de verilen mavi yengecin esas yayılma alanı Amerika’nın kuzey kıyılarıdır. Mavi yengeç Doğu Akdeniz kıyılarımızda iyi besin bulabildikleri için Finike’den başlayan Anamur, Taşucu, Kapızlı, Tuzla, Yumurtalık ve İskenderun’a kadar olan kıyısal kesimlerde dağılış göstermektedir (Türeli ve ark., 2000; Türeli ve ark., 2002).

Kabuk yüzeyi renkleri yeşilimsi gri veya mavimsidir. Erkek bireylerin kıskaç uçları çoğunlukla mavi olmakla beraber, kırmızı da olabilmektedir. Dişilerinki ise koyu kırmızıdır. Boyları maksimum 25cm olup; ortalama boyları 10-15cm civarındadır. Mavi Yengeçler yumuşak zemini tercih ederler ve kendilerini sık sık kumlu ya da çamurlu zemine gömerler. Esas yaşam alanları kıyılar olup; 35m derinliğe kadar dağılış gösterebilmektedirler (Türeli, 1999).

Mavi yengeçler ayrı eşeyli olup; erkek bireyler dişilere oranla daha küçük boyutlarda eşeysel olgunluğa ulaşırlar ama büyümeleri dişilerinki gibidir. Her iki

eşeyde de büyüme kabuk değiştirme (moulting) sırasında gerçekleşir. Dişiler eşeysel olgunluğa 12 ile 14 ay arasında ulaşırlar. Erkek bireyler yılda birkaç kez çiftleşebilirken; dişiler yılda bir defa çiftleşirler. Mavi yengeçler genellikle acı sularda çiftleşirler (Gencer, 2014). Bu nedenle acı sulara bağımlı canlılardır (Chenery, 2002).

Çizelge 3.1. Mavi Yengecin Sistematikteki Yeri (Ağbaş ve ark., 2008'den)

Şube (Phylum)	Arthropoda
Sınıf (Classis)	Crustacea
Altsınıf (Subclassis)	Malacostraca
Grup (Series)	Eumalacostraca
Takım (Ordo)	Decapoda
Üst bölüm (Supersection)	Reptantia
Bölüm (Section)	Brachyura
Üst aile (Superfamily)	Brachyrhyncha
Aile (Family)	Portunidae
Cins (Genus)	Callinectes
Tür (Species)	*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896

Mavi yengeç canlı veya ölü fark etmeksizin hemen hemen bütün bitki ve hayvan materyalleri ile beslenebilmektedir. Leşçi olarak bilinse de genellikle canlı ve taze besinleri tercih etmektedirler. Midyegiller, balıklar, kabuklular, karından bacaklılar ve bitkisel organizmalarla beslenmektedirler. Küçük balıkları yakalayarak, genç istiridye ve midyegilleri ise kıskaçları ile ezerek yemektedirler (Gencer, 2014; Chenery, 2002).

Mavi yengeçler fırsatçı beslenmeleri ve tuzluluğa tahammül kabiliyetleri sebebi ile haliç ekosisteminin besin ağında çok önemli bir yere sahiptirler (Gencer, 2014). Mavi yengeçlerdeki kannibalizm nedeniyle önemli uzuvlarını kaybetmiş, hastalanmış, kabuk değiştirme aşamasında ya da yeni kabuk değiştirmiş yengeçler diğerlerine yem olmaya adaydırlar. Diğer yengeç türlerine göre daha saldırgan bir tür olan mavi yengeçler, karşılaştıkları diğer yaralı veya yumuşak kabuklu yengeçleri avlarlar (Gencer, 2014; Chenery, 2002). Kendi değiştirdikleri kabuklarını besin olarak tüketirler. Mavi yengeç larvaları ise; diğer plankterler,

küçük balıklar, süzerek beslenen balıklar, denizanası v.b. gibi organizmalar tarafından avlanır. Mavi yengeç avcısı olarak tanımlanmış en az 60 balık türü vardır. Kavga esnasında kaybettikleri uzuvlarını yenileme (regenerasyon) kabiliyetine sahiptirler. Kıskaç ve ayaklarını tehlike anında kendi istekleri ile ayırırlar ve kabuk değiştirme aşamasında söz konusu organı yeniden oluşturabilirler (Gencer, 2014).



Şekil 3.2. Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896)

Mavi yengeç ticari öneme sahip bir tür olup; dünya çapında 2014 yılı itibarıyla 74.357 ton avlanmıştır (FAO, 2017a). Türkiye İstatistik Kurumu

verilerine göre ülkemizde tamamı Akdeniz'den olmak üzere 2016 yılı itibariyle 2 ton avcılığı yapılmıştır (TÜİK, 2017).

3.2.2. Japon Karidesi (*Penaeus japonicus*)

Japon karidesinin sistematikteki yeri Çizelge 3.2'de verilmiş olup; maksimum boy erkeklerde 19cm, dişi bireylerde 22.5cm kadar olabilir. Renkleri sarımsı olup; üzerleri kahverengi grimsi noktalarla süslenmiştir. Kuyruk ucunda mavi ayaklarında ise sarı renklenme vardır (Holthuis, 1980; Başçınar, 2004; Piratheepa ve ark., 2016).

Yumurtlama dönemi Ekim-Şubat arası olup; dişiler 1.000.000 adet civarında yumurta bırakır. Akdeniz'e Süveyş kanalı yoluyla Kızıldeniz'den geçiş yaptığı için lesepsiyen olan bu tür; Mısır, İsrail, Kıbrıs ve Türkiye'nin güney kıyılarına kadar dağılış göstermiştir (Başçınar, 2004).

Çizelge 3.2. Japon Karidesinin Sistematikteki Yeri (Piratheepa ve ark., 2016)

Şube (Phylum)	Arthropoda
Sınıf (Classis)	Crustacea
Altsınıf (Subclassis)	Malacostraca
Takım (Ordo)	Decapoda
Alt Takım (Subordo)	Dendrobranchiata
Üst aile (Superfamily)	Penaeoidea
Aile (Family)	Penaeidae
Cins (Genus)	Penaeus
Tür (Species)	*Penaeus japonicus* Bate, 1988

Japon karidesleri bentik bir tür olup; 90m derinliğe kadar kumlu çamurlu ya da çamurlu dip bölgelerde yaşabilseler de; genellikle kumlu zeminlerde ve 10-40m'ye kadar olan derinliklerde yaşamlarını sürdürürler. Gündüzleri genellikle kuma gömülü olarak yaşarlar, geceleri ise aktif olarak hareketlidirler. Karnivor bir tür olan Japon karidesleri, genellikle küçük omurgasızlarla beslenirler. Tuzluluk bakımından ‰5-50 arası, sıcaklık bakımından 12-35^{o}C arası sularda yaşamlarını

devam ettirebilmelerine rağmen; optimum büyüme ve üremeleri için ‰20-35 tuzluluk ve 22-30^{o}C sıcaklıktaki sulara ihtiyaç duyarlar (Türkmen, 2000).

Japon karidesi ticari öneme sahip bir tür olduğundan Uzak Doğu, Hint Körfezi ve Akdeniz'de avcılığı yapılır. Ayrıca Japonya, Kore, Tayvan ve Fransa'da kültür yetiştiriciliği de yapılmaktadır. 2014 yılı itibariyle dünya çapında avcılıktan 2190 ton ve yetiştiricilikten ise 49.14 ton'luk bir üretimi gerçekleşmiştir (FAO, 2017b). Türkiye'deki yıllık toplam karides avcılığı Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2016 yılında 4500.9 ton olarak gerçekleşmiştir. Ancak bu türlerin isimleri Jumbo karides, karabiga karides, kırmızı karides, pembe karides ve erkek karides olarak verildiğinden (TÜİK, 2017) ülkemizdeki Japon karidesi avcılığı miktarı hakkında herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.



Şekil 3.3. Japon Karidesi (*Penaeus japonicus*)

3.2.3. Mırmır (*Lithognathus mormyrus* Linnaeus, 1758)

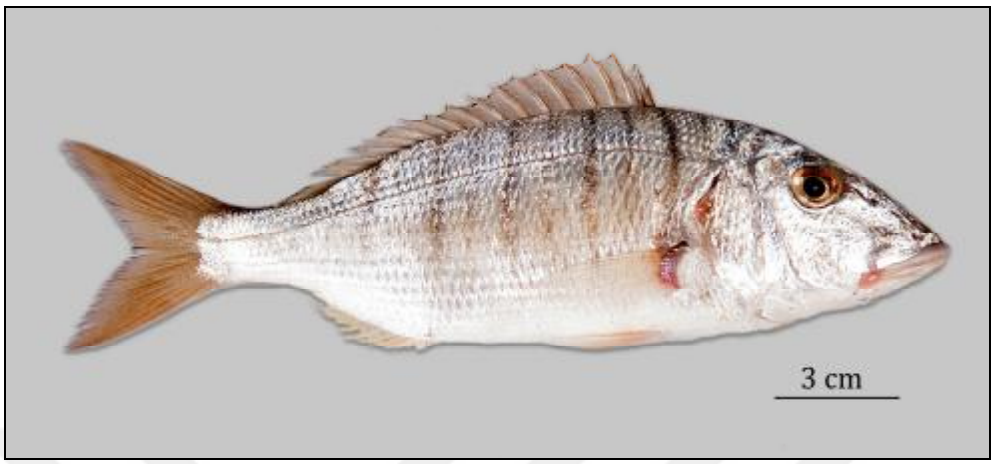
Mırmırın sistematikteki yeri Çizelge 3.3'te verilmiş olup; bu tür bireylerinde vücut lateralden yassı, gözler nispeten küçük olup; burun gözlerin ön kısmında ve uzundur (Sert, 2008). Burun ve başın üstü kahverengi renklidir. Vücut rengi genellikle gümüşi gri olup; sırt tarafı daha koyudur. Karın kısmı ise beyaz ve sarımsı beyazdır. Vücudun yan kısımlarında 14-15 koyu renkli bant bulunur(Can ve Bilecenoğlu, 2005; Sert, 2008). Dorsal ve kaudal yüzgeçler diğer yüzgeçlere oranla daha kahverengimsi renktedir. Gözler arası mesafe burnunun uzunluğundan daha kısa olup; ağzı büyük ve dudaklar incedir (Sert, 2008).

Mırmır littoral sularda özellikle kumluk, kayalık bölgeler ve deniz bitkilerinin tabanlarında yaşayan ekonomik açıdan önemli bir türdür. Yaşam alanları 0-50m'ler arasında olup; genellikle 10-30m arası derinliklerde kalmayı tercih eder. Atlantik, Kızıldeniz ve Hint okyanusunda bulunur. Ülkemiz denizlerinde Karadeniz hariç dağılış göstermektedir (Yılmaz, 2014). Mırmır balıkları sürüler halinde yaşamaktadır (Can ve Bilecenoğlu, 2005).

Çizelge 3.3. Mırmırın Sistematikteki Yeri (Russell ve ark., 2014)

Alem (Kingdom)	Animalia
Şube (Phylum)	Chordata
Sınıf (Classis)	Actinopterygii
Takım (Ordo)	Perciformes
Aile (Family)	Sparidae
Cins (Genus)	Lithognathus
Tür (Species)	*Lithognathus mormyrus* Linnaeus, 1758

Mırmır balıkları protondrik hermafrodit'dir (Sert, 2008). Doğu Akdeniz'deki üreme mevsimi Nisan-Ağustos arası; fakat yoğun olarak Mayıs-Haziran ayları arasındadır (Türkmen, 2000a; Sert, 2008). Mırmırın yaşam süresi 12 yıl olup; bu sürede ulaşabildiği maksimum boy ise 55cm civarındadır. Büyüme ilk birkaç yıl içerisinde daha hızlı olup; bu dönemde maksimum boyun yarısına ulaşırlar (Russell ve ark., 2014).



Şekil 3.4. Mırmır (*Lithognathus mormyrus* Linnaeus, 1758)

Mırmır, diğer Sparidae türleri gibi karnivor bir balık türüdür. Kumlu ve kum-çamur karakterli bölgelerde yaşaması nedeniyle, yumuşakçalar, kabuklular, kurtçuklar ve derisi dikenliler ile beslenirler (Sert, 2008; Can ve Bilecenoğlu, 2005; Golani ve ark., 2006, Evirgen, 2007).

Mırmır balığının ülkemizdeki avlanma miktarı 2016 yılı itibariyle 62.4 tonu Akdeniz'de olmak üzere 123.7 ton civarındadır (TÜİK, 2017). Avcılığı uzatma ağları, dip trolü, tuzaklar, olta vb. gibi yöntemlerle yapılmaktadır (Russell ve ark., 2014; Can ve Bilecenoğlu, 2005).

3.2.4. Keserbaş barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758)

Barbun, barbunya, çamur barbunu ya da keserbaş barbunya olarak adlandırılan bu türün sistematikteki yeri Çizelge 3.4'te verilmiştir.

M. barbatus'ların gözleri oldukça büyük, ağız terminal konumlu ve alt çenede kadifemsi yapıda küçük dişler yer alırken; üst çenede diş bulunmaz. Alt çenenin altında olmak üzere, göğüs yüzgecine oranla daha kısa olan iki adet bıyığa (barbel) sahiptir (Can ve Bilecenoğlu, 2005; FAO, 2017c). Vücudun sırt kısmı kırmızı veya kahverengi tonlardadır, yanlarda kırmızı beneklere rastlanır, karın

kısmı ise beyaz renkte ve tüm vücudu oldukça iri sikloit pullarla örtülüdür (Can ve Bilecenoğlu, 2005).

Çizelge 3.4. Keserbaş Barbunyanın Sistematikteki Yeri (Kurtul, 2013'ten).

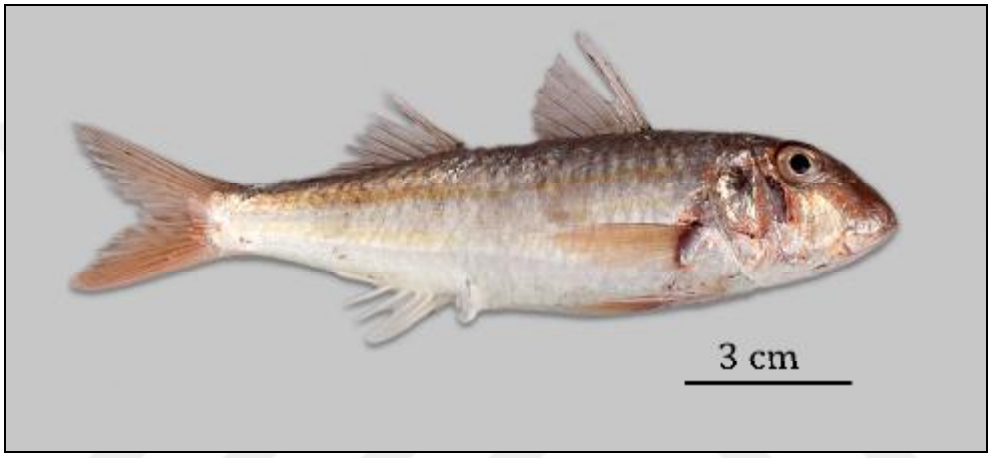
Alem (Kingdom)	Animalia
Şube (Phylum)	Chordata
Alt Şube (Subphylum)	Vertebrata
Üst Sınıf (Superclassis)	Teleostomi
Sınıf (Classis)	Osteichthyes
Alt Sınıf (Subclassis)	Actinopterygii
Takım (Ordo)	Perciformes
Alt Takım (Subordo)	Percoidei
Aile (Family)	Mullidae
Cins (Genus)	Mullus
Tür (Species)	*Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758)

Keserbaş barbunya Akdeniz, İskandinavya ve Senegal arasında geniş bir alanda yayılım gösteren ekonomik önemi yüksek bir balık türü olarak kabul edilmektedir. (Golani ve ark., 2006; Carpenter ve ark., 2015). Nisan-Eylül ayları arası dönem üremenin gerçekleştiği periyot olmakla birlikte; genellikle Haziran-Temmuz aylarında maksimum düzeye ulaşmaktadır. Denizlerimizden Karadeniz'de Haziran-Ağustos, Marmara ve Ege'de Nisan-Eylül, Akdeniz'de ise Mayıs-Eylül arasında ürerler. İlk eşeysel olgunluğa 14cm'lik boyda ve bir yaşında ulaşırlar. Yumurtadan çıktıktan sonra 3-4cm'lik boya erişinceye kadar pelajik, daha sonra demersal olarak yaşarlar (Can ve Bilecenoğlu, 2005).

Bu balıklar özellikle alt çenesinde yer alan çatal bıyıklarıyla tabanın kum ve çamurunu karıştırmak suretiyle besin ararlar. Küçük bireyler plankton ile beslenirken; erginler, yaşadıkları kumlu ve çamurlu bölgelerdeki kabuklu, yumuşakça, kurt ve küçük balıkları fazla miktarda tüketmektedirler (Golani ve ark., 2006; Evirgen, 2007).

Demersal bir balık olup kumlu ve çamurlu zeminlerde 300m derinliğe kadar olan kısımlarda yaşamlarını sürdürdükleri rapor edilse de genellikle

200m'nin atında bulunmazlar. Beslenmede en çok tercih ettikleri omurgasız grupları ise crustacea, mollusca, polychaeta ve echinodermata gruplarıdır. Sürüler halinde yaşayan keserbaş barbunyaların maksimum boyları 30cm kadar olsa da genellikle 10-20cm boylarındaki bireyleri yaygındır (Can ve Bilecenoğlu, 2005; Carpenter ve ark., 2015)



Şekil 3.5. Keserbaş Barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758)

FAO verilerine göre 2014 yılında dünya genelinde 14.789 ton avcılığı yapılmıştır (FAO, 2017c). Türkiye'deki avlanma miktarı ise 2016 yılı için 692.9 tonu Akdeniz'de olmak üzere toplam 1453.6 ton olarak bildirilmiştir (TÜİK, 2017).

3.2.5. Dil Balığı (*Solea solea*)

S. solea'nın sistematikteki yeri Çizelge 3.5'te verilmiş olup; bu türe ait bireylerin vücudu oval yapıdadır ve yanlamasına yüzerler. Lateralden yassılaşmış vücutta gözler sağ taraftadır. Üst yüzeyin yani gözlü tarafın grimsi kahveden kırmızımsı kahverengiye kadar değişir. Üzerinde iyice aralıklı daha koyu renkli benek, leke veya koyu çizgiler bulunur. Karın yüzgeçleri üzerindeki siyah lekeler

karakteristiktir. Zemine bakan yüz yani kör taraf ise beyaz veya beyaza yakındır (Şekil 3.6) (Can ve Bilecenoğlu, 2005; Akçay, 2011; FAO, 2017d.).

Çizelge 3.5. Dil Balığının Sistematikteki Yeri (Can ve Bilecenoğlu, 2005'den)

Alem (Kingdom)	Animalia
Şube (Phylum)	Chordata
Alt Şube (Subphylum)	Vertebrata
Üst Sınıf (Superclassis)	Teleostomi
Sınıf (Classis)	Osteichthyes
Takım (Ordo)	Pleurocectiformes
Aile (Family)	Soleidae
Cins (Genus)	Solea Quensel, 1806
Tür (Species)	*Solea solea* (Linnaeus, 1758)

Dil balığı 200m'ye kadar çamurlu ve kumlu diplerde yaşayabilir ancak genellikle 10-60m derinlikler arasında bulunur (Can ve Bilecenoğlu, 2005; Tous ve ark., 2015). Maksimum boyları 70cm olmakla birlikte 15-45cm boyutlarındaki bireyler daha yaygındır (Can ve Bilecenoğlu, 2005; Evirgen, 2007).

Dil balığı erkekleri ilk eşeysel olgunluğa 14.8cm, dişileri ise 15,2cm'lik boya ulaştıklarında (Can ve Bilecenoğlu, 2005; Akçay, 2011) üç ile beş yaş üzerinde erişirler. Üreme göçü yaptıkları bilinmektedir. Üreme periyotları Aralık-Mayıs arası dönemdedir (Tous ve ark., 2015; Akçay, 2011). Akdeniz'deki üreme dönemi ise yoğun olarak Ocak ve Şubat aylarında olmaktadır (Özyurt ve ark., 2011).

Karnivor bir balık olan *S. solea*, tamamiyle dipte yaşayan hayvanlarla beslenir. Balığın üst çenesi ve dişleri zayıftır. Ağzının önemli bir kısmı da başının alt yüzeyindedir. Başlıca besinlerini dipte ve dibe yakın yerlerde yaşamını devam ettiren küçük balıklar, kabuklular, yumuşakçalar ve poliket üyeleri oluşturur (Can ve Bilecenoğlu, 2005; Akçay, 2011).



Şekil 3.6. Dil Balığı (*Solea solea*)

Atlantik-Akdeniz kökenli olan dil balığı kuzeyde Norveç'ten güneyde Senegal'e kadar dağılım göstermektedir. Ekonomik olarak oldukça değerli bir balık olup geniş alanlarda avlanmaktadır. Avcılığı dip trolları ve uzatma ağları ile yapılmaktadır (Can ve Bilecenoğlu, 2005; Akçay, 2011; FAO, 2017d.). Ayrıca kısıtlı da olsa yetiştiriciliği de yapılmaktadır. Dünya genelinde 2014 yılı itibarıyla 36.333 ton avlanmakta ve 88 ton civarında da üretimi yapılmaktadır (FAO, 2017d). Türkiye'deki avlanma miktarı ise 2016 yılı verilerine göre 224.8 tonu Akdeniz'de olmak kaydıyla toplam 352.2 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2017).

3.3. Yöntem

3.3.1. Örnekleme Yöntemi ve Analize Hazırlık

Sediment örnekleri Çamur Kepçesi (Grap sampler) vasıtasıyla su örnekleri ise hemen yüzeyin altından cam kaplarla alınmıştır. Şekil 3.1'de gösterilen istasyonlardan ise canlı örneklerin teminine gidilmiştir. Bu amaçla daha önce istasyon bazında konuşularak kararlaştırılan kesimde avcılık yapan mesleki balıkçılardan canlı örnekleri temin edilmiştir.

Alınan su ve sediment örnekleri steril cam kavanozlara, canlı örnekler ise şeffaf plastik torbalara konularak etiketlenip gün ışığı, sıcaklık değişimi vb. gibi çevresel dış faktörlerden etkilenmemeleri için buz konmuş plastik taşıma kaplarıyla taşınarak aynı gün Mersin Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'ne getirilmiştir. Laboratuvara getirilen su ve sediment örnekleri buzdolabında (+4^{o}C)'de, canlı materyaller ise derin dondurucuda analiz edilene kadar (-18^{o}C)'de muhafaza edilmiştir. Analiz edilecek su örnekleri buzdolabından alındıktan sonra oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiş ve manyetik karıştırıcı vasıtasıyla homojen hale getirilmiştir. Daha sonra içlerinde bulunabilecek organik maddelerin olumsuz etkilerinin bertaraf edilebilmesi amacıyla ekstra pure %65 nitrik asit ilave edilmek suretiyle pH değerleri 1'e düşürülmüştür. 25 mikronluk Whattman 42 süzme kağıdıyla süzüldükten sonra vortex karıştırıcı kullanılarak homojen hale getirilmiştir (Patniak, 2010). Cd, As ve Pb için izin verilen limit değerleri oldukça düşük olması nedeniyle düşük yoğunlukların tespitinde daha hassas olan Graphite Furnace Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrsinde; Zn, Cu ve Cr okumaları ise Flame Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde, sertifikalı referans materyallerle hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak Çizelge 3.6'da verilen dalga boylarında okumalar yapılmıştır (Patniak, 2010).

Sediment örnekleri ilk aşamada iyice karıştırılarak homojen hale getirildikten sonra kuruması amacıyla 4 saat süreyle 150°C'de tutulmuştur. Sediment örneklerinden paralel çalışmak amacıyla üç adet 0.5g örnek alınıp, üzerine eklenen 10ml %65'lik ultra pure nitrik asit ile teflon kaplara konulmuş ve MARS5 (Mikrodalga Çözümleme Cihazı) cihazında Çizelge 3.7'de verilen programa uygun olarak çözümleme yapılmıştır (Sandorini ve Smith, 2002). Çözümleme yapılan cihazda kullanılan teflon kaplar bulaşma olmaması amacıyla analizde kullanılmadan önce içlerine 10ml Extra pure nitrik asit konularak çözümleme programına uygun olarak mikrodalga cihazında kalıntılarından arındırılmış ve ultra saf su ile temizlenerek kurutulmuştur. Çözümlenen örnekler 25 mikronluk Whattman 42 süzme kağıtları vasıtasıyla süzülerek ultra saf su ile

25ml'ye tamamlandıktan sonra yapılacak ağır metal analizine göre Zeaman ve Flame Spektrofotometrelerinde; sertifikalı referans materyallerle hazırlanan standartlar yardımıyla Çizelge 3.6'da verilen dalga boylarında okunmuştur (Patniak, 2010).

Çizelge 3.6. Okuma Yapılan Ağır Metallerin Dalga Boyu ve Tespit Limitleri (Patniak, 2010'dan).

Ağır Metal	Dalga Boyu	Tespit Limiti (µg/l) (Su Örn.)	Tespit Limiti (mg/kg) (Canlı Örn.)	Tespit Limiti (mg/kg) (Sediment Örn.)
Cd	228.8nm	0.005	0.0001	0.0001
Pb	217nm	0.005	0.0001	0.0001
As	193.7nm	0.005	0.0001	0.0001
Zn	213.9nm	0.05	0.001	0.001
Cu	324.7nm	0.05	0.001	0.001
Cr	357.9nm	0.05	0.001	0.001

Canlı örnekleri derin dondurucudan çıkartıldıktan sonra çözülünceye kadar oda sıcaklığında bekletilerek buzlarının çözülmesi sağlanmıştır. Daha sonra çalışmada kullanılan canlıların tamamının göğüs bölgelerindeki kas dokudan yaklaşık 1g örnek alınmış ve sedimentlerde olduğu gibi, 10ml ultra pure nitrik asit eklenerek, mikrodalga çözümleme ile Çizelge 3.7'deki programa uygun olarak yakılmıştır (Sandorini ve Smith, 2002). Çözümleme işlemi tamamlanan örnekler süzülerek ultra saf su ile 20ml'ye tamamlanmış ve Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde sertifikalı referans materyellerle hazırlanan standartlar kullanılarak Çizelge 3.6'da verilen dalga boylarında okunmuştur (Patniak, 2010). Sediment analizinde olduğu üzere canlı örneklerinin çözümlemesinde kullanılan teflon kaplar her analiz öncesinde temizlenmiştir.

Çizelge 3.7. Mikrodalga Cihazı Yaş Yakma Çözümleme Programı (Sandorini ve Smith, 2002'den)

Aşama	Güç (Watt)	Zaman (dk)
1	400-1000	6
2	1000	15
3	0	15

3.3.2. Ağır Metal Düzeylerinin Ölçülmesi

Tüm örneklerin Zn, Cu ve Cr okumaları Varian Spectraa 880 Flame Atomik Absorbsiyon (AAS) cihazı (Şekil 3.7); Cd, Pb ve As okumaları ise Varian Spectraa 880Z Grafite Furnace Atomik Absorbsiyon (ZEAMAN) cihazı (Şekil 3.8) kullanılarak yapılmıştır. Kalibrasyon eğrileri, seyreltme faktörü dikkate alınarak söz konusu cihazın Çizelge 3.6'da verilen tespit limitlerinden başlamak üzere metaller için verilen üst limitleri içine alacak şekilde hazırlanmıştır. Üst limitin üzerinde bulunan değerler ise seyreltilmek suretiyle kalibrasyon eğrilerinin kapsadığı düzeylere düşürülüp; yeniden okuma yapılmıştır. Bu sayede yapılan tüm okumaların kalibrasyon eğrisinin ölçüm aralığında kalması sağlanmıştır. Kalibrasyon eğrilerinin hazırlanması için sertifikalı ve yüksek saflıktaki standart çözeltiler kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Varian Spectraa 880 Flame Atomik Absorbsiyon (AAS) Cihazı

Sonuç değerler, cihazda okunan yoğunluk değeri ile örneğe uygulanan seyreltme oranının çarpılması sonucu elde edilmiştir. Sonuçların elde edilmesi için yapılan hesaplamalarda;

Sonuç Değer = ÖD * SF Eşitliği kullanılmıştır.

Bu eşitlikte;

ÖD: AAS veya ZEAMAN'da okunan ölçüm değerini ve

SF : Seyreltme faktörünü göstermektedir. Bu faktör, okuma yapılmadan önce örneğin çözümlendiği nitrik asit ve su karışımı hacminin öneğin gram yada mililitre cinsinden miktarına oranını ifade etmektedir.

Çalışmada elde edilen sonuçlardan istasyon ve mevsimler arasındaki farklılıkların önemli olup olmadığını belirlemek amacıyla su, sediment ve her bir canlı türü için ayrı ayrı iki yönlü varyans analizleri (ANOVA) uygulanmıştır. Söz konusu analizler soncunda önemli olduğu tespit edilen değerler istatistiksel açıdan yorumlanmış, hangi istasyon ve mevsimlerin birbirinden farklı olduğu Tukey çoklu karşılaştırma testleri ile incelenmiştir. Tespit edilen ağır metal yoğunluklarının türler arasındaki ve türler ile su ve sediment değerleri arasındaki farklılıkları tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiş, istatistksel açıdan anlamlı değişimler Tukey çoklu karşılaştırma testi ile incelenmiştir. Tüm istatistik analizlerde farklılıklara %95 önem seviyesinde karar verilmiş, R 3.3 istatistik programlama dili ve hesaplama ortamı kullanılmıştır (R Core Team, 2016).



Şekil 3.8. Varian Spectraa 880Z Grafite Furnace Atomik Absorbsiyon (ZEAMAN) Cihazı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mersin Körfezi Deniz Suyundaki Ağır Metal Düzeyleri

4.1.1. Mersin Körfezi Deniz Suyundaki Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi

Mersin Körfezi'ndeki Mersin, Erdemli ve Silifke açıklarında belirlenen araştırma istasyonlarından temin edilen deniz suyu örneklerinde µg/l olarak okunan ağır metal düzeylerinin aylık değişimleri sırasıyla Ek 1; Ek 2 ve Ek 3'te verilmiştir.

Mersin istasyonu su örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.295µg/l'lik değer ile 2011'in Şubat ayında; en düşük olarak ise 0.118µg/l'lik bir değerle 2010 yılı Haziran ayında belirlenmiştir. Bu istasyon için ortalama Cd yoğunluğu 0.1978µg/l olarak tespit edilmiştir (Ek 1). Mersin istasyonu su örneklerinde saptanan en yüksek Cd derişiminin Anonymous (2004b) tarafından Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde verilen kabul edilebilir değer olan 10µg/l'nin sadece %2'si seviyesinde olduğu bulunmuştur.

Mersin istasyonu su örneklerinde Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.476µg/l'lik bir değerle 2010 yılının Kasımında; en düşük olarak da 0.297µg/l ile 2011 yılı Mart ayında saptanmıştır. Mersin istasyonunda ortalama Pb yoğunluğu ise 0.3589µg/l olarak bulunmuştur (Ek 1). Mersin istasyonundan alınan su örneklerinde ölçülen 0.476µg/l'lik en yüksek değer Anonymous (2004b)'nin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde verdiği kabul edilebilir değer olan 100µg/l ile karşılaştırıldığında, ölçülen Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık olarak sadece %0.5'ini oluşturduğu dikkati çekmiştir.

Mersin istasyonu su örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 10.655µg/l'lik bir değerle 2011 yılı Ocak ayında; en düşük olarak da 8.027µg/l ile 2010 yılı Ağustosunda belirlenmiştir. Mersin istasyonu için ortalama As yoğunluğu ise 9.4375µg/l olarak bulunmuştur (Ek 1). Mersin istasyonu itibariyle su örneklerinde okunan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2004b)'nin bu ağır metal için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde önerdiği 100µg/l'lik sınır değer

karşılaştırıldığında, en yüksek değerin kabul edilebilir limitin ancak %11'i seviyesinde olduğu belirlenmiştir.

Mersin istasyonu sularındaki Zn yoğunluğu en yüksek 5.296µg/l ile 2010 yılının Aralık ayında, en düşük 4.068µg/l ile 2011 yılı Mayıs ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 4.7543µg/l olarak bulunmuştur (Ek 1). Mersin istasyonu su örneklerinde okunan 5.296µg/l'lik en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymous (2004b)'nin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde verdiği 100µg/l'lik tolere edilebilir değer karşılaştırıldığında, bu değerin sadece yaklaşık %5'i civarında kaldığı bulunmuştur.

Mersin istasyonundaki su örneklerinde Cu yoğunluğu en yüksek 3.747µg/l ile 2011'in Şubat ayında ve en düşük 2.386µg/l ile 2010 yılının Eylül ayında belirlenmiştir. Bu istasyondaki ortalama Cu yoğunluğu ise 3.0877µg/l olarak bulunmuştur (Ek 1). Mersin istasyonu su örneklerinde okunan en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymous (2004b) tarafından Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde verilen kabul edilebilir değer olan 10µg/l'lik değerle karşılaştırıldığında, belirlenen en yüksek Cu yoğunluğunun tolere edilebilir yoğunluğun yaklaşık %31'ine denk geldiği görülmüştür.

Mersin istasyonu su örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 5.973µg/l ile 2011 yılının Mart ayında; en düşük olarak ise 4.169µg/l ile 2010 yılı Haziran ayında belirlenmiştir. Bu istasyon sularındaki ortalama Cr yoğunluğu ise 5.1129µg/l olarak bulunmuştur (Ek 1). Tespit edilen 5.973µg/l'lik en yüksek Cr yoğunluğunun Anonymous (2004b)'nin Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde verdiği kabul edilebilir değer olan 100µg/l'nin yaklaşık olarak %6'sı civarında kaldığı görülmüştür.

Mersin istasyonundan alınan sularda okunan ağır metal derişimlerinin tamamı kabul edilebilir düzeyin altında bulunmuştur. Dolayısıyla Mersin istasyonu sularında saptanan söz konusu ağır metallerin su kirliliği açısından henüz tehlikeli yoğunluklara ulaşmadığı tespit edilmiş olmaktadır (Ek 1).

Erdemli istasyonu su örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.192µg/l'lik değer ile 2011'in Şubat ayında; en düşük olarak ise 0.064µg/l'lik bir değer ile 2010 yılı Ağustos ayında belirlenmiştir. Bu istasyon için ortalama Cd yoğunluğunun 0.0963µg/l olduğu bulunmuştur (Ek 2). Erdemli istasyonu su örneklerinde saptanan en yüksek Cd derişiminin ise Anonymous (2004b) tarafından deniz suyu için kabul edilebilir değer olan 10µg/l'nin yaklaşık %1.9'u seviyesinde olduğu bulunmuştur.

Erdemli istasyonundan elde edilen sularda Pb yoğunluğu en yüksek 0.296µg/l'lik bir değerle 2010 yılı Eylül ayında; en düşük ise 0.176µg/l ile 2010 yılı Kasım ayında belirlenmiştir. Erdemli istasyonu sularındaki ortalama Pb yoğunluğu ise 0.2168µg/l olarak bulunmuştur (Ek 2). Erdemli istasyonundan alınan sularda ölçülen 0.296µg/l'lik en yüksek Pb değeri ile Anonymous (2004b)'nin kurşun yoğunluğu açısından deniz suyu için kabul edilebilir değer olarak verdiği 100µg/l'lik değerle karşılaştırıldığında, bu değerin yaklaşık %0.3'ü gibi oldukça düşük seviyesine denk geldiği görülmüştür.

Erdemli istasyonu su örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 13.367µg/l'lik bir değerle 2010 yılı Aralığında; en düşük olarak 8.063µg/l ile 2010 yılının Ağustos ayında belirlenmiştir. Erdemli istasyon suları için ortalama As yoğunluğu ise 10.8243µg/l olarak bulunmuştur (Ek 2). Erdemli istasyonundaki su örneklerinde okunan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2004b)'nin 100µg/l'lik kabul edilebilir sınır değer karşılaştırıldığında, bulunan ortalama en yüksek yoğunluğun bu sınır değerin yaklaşık olarak %13'ü seviyesinde kaldığı belirlenmiştir.

Erdemli istasyonu sularında Zn yoğunluğu en yüksek 4.384µg/l ile 2010 yılının Ekim ayında, en düşük 3.493µg/l ile 2010 yılının Ağustos ayında belirlenmiştir. Bu istasyondaki su örneklerinde ortalama Zn yoğunluğu 3.9439µg/l olarak bulunmuştur (Ek 2). Erdemli istasyonu sularında okunan 4.384µg/l'lik en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymous (2004b) tarafından deniz suyu için kabul edilebilir değer olarak verilen 100µg/l'lik değer karşılaştırıldığında, bu en yüksek değerin tolere edilebilir yoğunluğun yaklaşık %4'ü civarında kaldığı anlaşılmıştır.

Erdemli istasyonundan alınan sularda Cu yoğunluğu en yüksek 3.647µg/l ile 2011'in Mayıs ayında, en düşük 2.791µg/l ile 2010 yılının Haziran ayında belirlenmiş; ortalama Cu yoğunluğu ise 3.0824µg/l olarak bulunmuştur (Ek 2). Erdemli istasyonu sularında okunan en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymous (2004b)'nin kabul edilebilir değer olarak verdiği 10µg/l'lik değerle karşılaştırıldığında, en yüksek yoğunluk değerinin tolere edilebilir değerin yaklaşık olarak %16'sına denk geldiği görülmüştür.

Erdemli istasyonu su örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 4.771µg/l ile 2011 yılının Ocak ayında, en düşük olarak ise 3.766µg/l ile 2010 yılı Ağustos ayında belirlenmiştir. Erdemli istasyonundaki ortalama Cr yoğunluğu 4.1433µg/l olarak bulunmuştur (Ek 2). Tespit edilen en yüksek 4.771µg/l'lik Cr yoğunluğu ile Anonymous (2004b) tarafından kabul edilebilir değer olarak verilen 100µg/l'lik değerle karşılaştırıldığında, ölçülen en yüksek Cr yoğunluğunun tolere edilebilir Cr yoğunluğunun yaklaşık olarak %5'i civarında kaldığı belirlenmiştir.

Erdemli istasyonu sularında okunan tüm ağır metal derişimlerinin ülkemiz resmi makamlarınca verilen kabul edilebilir düzeyin altında kaldığı belirlenmiş olup; böylece Erdemli istasyonu sularında saptanan söz konusu ağır metallerin su kirliliği açısından henüz tehlikeli yoğunluklara ulaşmadığı tespit edilmiş durumdadır (Ek 2).

Silifke istasyonu su örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.118µg/l'lik değer ile 2010'un Ağustos ayında; en düşük olarak ise tespit edilebilir limitin (<0.005µg/l) altında olmak üzere, 2010 yılı Haziran ayında belirlenmiştir (Ek 3). Bu istasyon suları için ortalama Cd yoğunluğu ise 0.0507µg/l olarak bulunmuş. Silifke istasyonu su örneklerinde saptanan en yüksek 0.118µg/l'lik Cd derişimi ile Anonymous (2004b)'nin bu metal için kabul edilebilir değer olarak verdiği 10µg/l'lik değer karşılaştırıldığında, saptanan en yüksek Cd yoğunluğunun tolere edilebilir değerin sadece %1.2'si gibi oldukça düşük düzeylerde kaldığı anlaşılmıştır.

Silifke istasyonu sularında Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.205µg/l'lik bir değerle 2011 yılının Ocak ayında, en düşük olarak da 0.098µg/l ile 2010 yılı Eylülünde belirlenmiş olup; ortalama Pb yoğunluğu ise 0.1568µg/l olarak bulunmuştur (Ek 3). Silifke istasyonundan alınan sularda ölçülen en yüksek yoğunluk miktarı ile Anonymous (2004b) tarafından kabul edilebilir değer olarak verilen 100µg/l'lık değer karşılaştırıldığında, ölçülen 0.205µg/l'lik Pb derişiminin kabul edilebilir değerin sadece %0.2'sine denk geldiği tespit edilmiştir.

Silifke istasyonu su örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 32.756µg/l'lik bir değerle 2011'in Ocak ayında; en düşük olarak 9.622µg/l ile 2010 yılı Haziran ayında belirlenmiş ve ortalama As yoğunluğu ise Silifke istasyonu için 20.2838µg/l olarak bulunmuştur (Ek 3). Silifke istasyonu itibariyle su örneklerinde okunan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2004b)'nin verdiği 100µg/l'lik kabul edilebilir sınır değer karşılaştırıldığında, bulunan 32.756µg/l'lik en yüksek yoğunluk değerinin kabul edilebilir limitin %33'ü seviyesinde olduğu belirlenmiş olmaktadır.

Silifke istasyonu sularında Zn yoğunluğu en yüksek 3.492µg/l ile 2010 yılının Kasım ayında ve en düşük olarak da 2.554µg/l ile aynı yılın Haziran ayında ölçülmüş olup; ortalama Zn yoğunluğu ise 2.9755µg/l olarak belirlenmiştir (Ek 3). Silifke istasyonu su örneklerinde okunan en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymous (2004b)'nin kabul edilebilir limit değer olarak verdiği 100µg/l'lik değer karşılaştırıldığında, bu yoğunluk değerinin tolere edilebilir değerin yaklaşık %4'üne denk geldiği tespit edilmiştir.

Silifke istasyonundan alınan sularda Cu yoğunluğu en yüksek 3.257µg/l ile 2011'in Şubat ayında, en düşük 1.931µg/l ile 2010 yılının Haziranında belirlenmiştir. Bu istasyon suyundaki ortalama Cu yoğunluğu ise 2.7245µg/l olarak bulunmuştur (Ek 3). Silifke istasyonu sularında okunan 3.257µg/l'lik en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymous (2004b) tarafından kabul edilebilir değer olarak verilen 10µg/l'lik değer karşılaştırıldığında, ölçülen en yüksek Cu yoğunluğunun kabul edilebilir değerin yaklaşık sadece %33'üne denk geldiği anlaşılmıştır.

Silifke istasyonu su örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 4.591µg/l ile 2011 yılının Ocak ayında ve en düşük olarak ise 3.046µg/l ile aynı yılın Mayıs ayında belirlenmiş olup; ortalama Cr yoğunluğu da 3.7677µg/l olarak saptanmıştır (Ek 3). Tespit edilen en yüksek Cr yoğunluğunun ise Anonymous (2004b) tarafından kabul edilebilir değer olarak verilen 100µg/l'ik değerin yaklaşık olarak sadece %5'i civarında kaldığı görülmüştür.

Silifke istasyonu sularında okunan tüm ağır metal derişimlerinin kabul edilebilir düzeyin altında kaldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Silifke istasyonu sularında ölçülen ağır metallerin su kirliliği yönü itibariyle henüz insan sağlığı açısından tehlikeli yoğunluklara ulaşmadığı tespit edilmiş olmaktadır (Ek 3).

Mersin Körfezi su örneklerinde saptanan ağır metal yoğunlukları ile daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen yoğunluklar ve izin verilen resmi yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması Ek 4'te verilmiştir.

Alonso Castilla ve ark. (2013) İspanya'nın Malaga Körfezi'nde yaptıkları çalışmada farklı istasyonlardan beş ve 10m derinliklerden elde ettikleri deniz suyunda Cd, Pb, Cu ve Cr yoğunluklarını araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada elde ettikleri değerler bu çalışmada saptananlarla kıyaslandığında; Cd ve Pb değerlerinin daha yüksek, Cr ve Cu değerlerini ise daha düşük olduğu görülmüştür.

Roth ve Hornung (1977) Akdeniz'de İsrail'in kuzey kıyılarında yaptıkları çalışmada, deniz suyunda belirledikleri Cd, Pb, Zn ve Cu yoğunluklarının bu çalışmada saptanan yoğunluklardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Hatta söz konusu metallerden Cu yoğunluğunun bu çalışmaya kıyasla yaklaşık 10 kat daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Ayas ve ark. (2009)'un Mersin açıklarından aldıkları deniz suyu örneklerinde saptadıkları Cd, Pb ve Cr yoğunluklarının bu çalışmada elde edilen deniz suyu ağır metal yoğunluklarına oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak bu araştırmada ve yukarıda bahsi geçen diğer üç çalışmada elde edilen ortalama değerlerin hiçbirinin Anonymous (2004b) tarafından Su Kirliliği

Yönetmeliğinde deniz suyu için verilen tolere edilebilir değerlerden daha yüksek olmadığı görülmüştür.

4.1.2. Mersin Körfezi Deniz Suyunda Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi

Çalışmanın yapıldığı Mersin Körfezi'nde yer alan üç istasyondan sağlanan su örneklerinde mevsimsel anlamda µg/l olarak saptanan ortalama ağır metal yoğunlukları Ek 5'te verilmiştir.

Su örneklerinde kadmiyumun en yüksek mevsimsel ortalaması Mersin istasyonunda kış mevsiminde 0.2607µg/l olarak; en düşük ise Silifke istasyonda ve 0.0447µg/l olmak üzere, sonbahar mevsiminde bulunmuştur. Su örneklerinin istasyon ortalamaları dikkate alındığında, Cd yoğunluğu açısından Mersin>Erdemli>Silifke istasyonu şeklinde bir sıralamanın gerçekleştiği görülmüştür. Çalışılan su örneklerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, elde edilen yoğunlukların düşük düzeyde olduğu; ancak bu değerlerin birbirinden farklı olduğu görülmüştür (Ek 5).

Mersin Körfezi sularında en yüksek Pb yoğunluğu Mersin istasyonunda 0.4267µg/l'lik değer ile sonbaharda; en düşük olarak ise yine aynı mevsim itibariyle Silifke istasyonunda 0.1403µg/l olarak bulunmuştur. İncelenen istasyonlar su örneklerindeki ortalama Pb yoğunluğu bakımından Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir (Ek 5).

Su örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 28.6777µg/l'lik değer ile Silifke istasyonunda ve kış mevsiminde; en düşük 8.3957µg/l olarak Mersin istasyonunda ve yaz mevsiminde belirlenmiştir. Her üç istasyonda da en yüksek As yoğunluğunun kış mevsiminde olduğu görülmüştür (Ek 5). Ancak istasyonların ortalama metal derişimleri karşılaştırıldığında, Silifke istasyonun diğer iki istasyona oranla yaklaşık iki katı oranında bir yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir.

Mersin Körfezi su örneklerinde mevsimler açısından en yüksek Zn yoğunluğunun 5.0850µg/l'lik değerle Mersin istasyonunda ve kış mevsiminde; en düşük olarak ise, 2.7213µg/l ile yaz mevsimde ve Silifke istasyonunda olduğu görülmüştür. İstasyonlardaki su örneklerinin içerdiği ortalama Zn yoğunlu açısından sıralamasının ise Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde gerçekleştiği bulunmuştur (Ek 5).

Su örneklerindeki en yüksek mevsimsel Cu derişiminin 3.5233µg/l ile kış mevsiminde ve Mersin istasyonunda; en düşük değerin ise, 2.17µg/l ile Silifke istasyonunda ve yaz mevsiminde olduğu bulunmuştur. İstasyon sularının içerdiği ağır metallerden Cu yoğunluğunun Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde bir sıralama gerçekleştirdiği belirlenmiştir (Ek 5).

Mersin Körfezi sularında krom açısından en yüksek mevsimsel ortalamanın 5.8603µg/l ile Mersin istasyonunda ve ilkbahar mevsiminde; en düşük yoğunluğun ise 3.3987µg/l ile yine aynı mevsimde ve Silifke istasyonunda olduğu belirlenmiştir. İstasyonlar bakımından deniz sularının içerdiği ortalama Cr yoğunluğu sıralamasının Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde oluştuğu görülmüştür (Ek 5).

Mersin Körfezi su örneklerinde tespit edilen ağır metal yoğunluklarındaki farklılıkların tüm metaller için istasyonlar arasında önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0.01$). Bu durum kirletici kaynakları ve miktarlarının her bölge için farklılık göstermesinden kaynaklanabilir. Arsenik hariç bütün metallerde Mersin istasyonunun daha yüksek çıkmasına neden olarak nüfus ve sanayi kaynaklı kimyasal kirleticilerin bu kesime daha yoğun deşarj edilmesi düşünülebilir.

Sudaki metal yoğunluğu ele alındığında, mevsimler arasındaki farklılıkların As, Cu ve Cr açısından önemli olduğu bulunmuştur ($P<0.01$). As ve Cr arasındaki farklılıklar her ne kadar istatistiksel açıdan önemli bulunmuş olsa da; tespit edilen ortalama değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Diğer taraftan Cu değerlerinin arasındaki farklılık ise istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Her üç ağır metal için de en yüksek mevsim ortalamalarının kış veya

ilkbahara denk geldiği tespit edilmiştir. Bu duruma neden olarak kış ve ilkbahar mevsimlerinde araştırma bölgesinin en yoğun yağış alması gösterilmiştir.

Mevsim-istasyon etkileşimleri ise As ve kromda önemli bulunmuştur ($P<0.01$). İstatistiksel açıdan söz konusu farklılıklar önemli bulunmuş olsa da; tüm metaller açısından tespit edilen yoğunluklar Anonymous (2004b) tarafında Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde verilen kabul edilebilir değerlerden oldukça düşük bulunmuştur. Bu nedenle Mersin Körfezi sularının insanlar açısından herhangi bir sağlık riski taşımadığı ileri sürülebilir.

4.2. Mersin Körfezi Sedimentindeki Ağır Metal Düzeyleri

4.2.1. Mersin Körfezi Sedimentindeki Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi

Mersin Körfezi'ndeki Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarından temin edilen sediment örneklerinde mg/kg olarak belirlenen ağır metal düzeylerinin aylık değişimleri sırasıyla Ek 6; Ek 7 ve Ek 8'de verilmiştir.

Mersin istasyonu sediment örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.463mg/kg'lık değer ile 2010'un Kasım ayında; en düşük olarak ise 0.308mg/kg'lık bir değer ile 2010 yılı Temmuz ayında belirlenmiştir. Bu istasyon için ortalama Cd yoğunluğu 0.3856mg/kg olarak tespit edilmiştir (Ek 6). Mersin istasyonu sediment örneklerinde saptanan en yüksek Cd derişimi ile Anonymous (2005b)'nin Toprak Kirliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde toprak için verdiği kabul edilebilir değer olan 1mg/kg'lık yoğunlukla kıyaslandığında, Cd için saptanan en yüksek yoğunluk değerinin tolere edilebilir değerin yaklaşık %46'sı seviyesinde olduğu bulunmuştur.

Mersin istasyonu sediment örneklerinde Pb yoğunluğu en yüksek olarak 2.344mg/kg'lık bir değerle 2011 yılının Şubatında, en düşük olarak da 1.555mg/kg ile 2010'un Eylülünde bulunmuştur. Mersin istasyonu sedimentinin ortalama Pb yoğunluğu ise 1.9026mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 6). Mersin istasyonundan alınan sedimentlerde ölçülen 2.344mg/kg'lık en yüksek değer ile Anonymous (2005b) tarafından Toprak Kirliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde toprak için verilen

kabul edilebilir değer olan 50mg/kg'lık değer karşılaştırıldığında, ölçülen en yüksek Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık %4'ü düzeyinde kaldığı bulunmuştur.

Mersin istasyonu sediment örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 13.642mg/kg'lık bir değerle 2011 yılı Şubatında; en düşük olarak 10.354mg/kg ile 2010 yılı Eylülünde belirlenmiştir. Mersin istasyonu için ortalama As yoğunluğu ise 11.8474/kg olarak bulunmuştur (Ek 6). Mersin istasyonu itibariyle sediment örneklerinde saptanan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2005b)'nin Toprak Kirliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde kirlenmiş toprakta arıtma sonucu uyulması gereken 20mg/kg'lık sınır değer karşılaştırıldığında, bulunan en yüksek değerin kabul edilebilir limitin %65'i seviyesinde kaldığı belirlenmiştir.

Mersin istasyonu sedimentindeki Zn yoğunluğu en yüksek 14.728mg/kg ile 2011 yılının Şubat ayında, en düşük 11.347mg/kg ile aynı yılın Mayıs ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 13.2118mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 6). Mersin istasyonu sediment örneklerinde okunan 14.728mg/kg'lık en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymous (2005b) tarafından Toprak Kirliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde toprak için verilen kabul edilebilir değer olan 150mg/kg ile karşılaştırıldığında, bu değerin yaklaşık %10'u civarında kaldığı bulunmuştur.

Mersin istasyonundan alınan sedimentlerde Cu yoğunluğu en yüksek 9.008mg/kg ile 2011'in Şubat ayında; en düşük 6.566mg/kg ile 2010 yılının Ağustos ayında belirlenmiştir. Bu istasyondaki ortalama Cu yoğunluğu ise 8.0858mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 6). Mersin istasyonu sedimentinde okunan en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymous (2005b)'nin Toprak Kirliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde toprak için verdiği kabul edilebilir değer olan 50mg/kg'lık değer karşılaştırıldığında, saptanan en yüksek yoğunluğun kabul edilebilir değerin yaklaşık olarak %18'ine denk geldiği görülmüştür.

Mersin istasyonu sediment örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 122.386mg/kg ile 2011 yılının Şubat ayında; en düşük olarak da 111.846mg/kg ile2010 yılı Haziran ayında belirlenmiştir. Bu istasyon sedimentindeki ortalama Cr

yoğunluğu ise 116.5791mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 6). Tespit edilen 122.386mg/kg'lık en yüksek Cr yoğunluğu ile Anonymous (2005b) tarafından Toprak Kirliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde toprak için verdiği kabul edilebilir değer olan 100mg/kg'lık yoğunluk karşılaştırıldığında, bulunan en yüksek değerin kabul edilebilir yoğunluğun yaklaşık %115'ini oluşturduğu görülmüştür. Dolayısıyla Mersin istasyonu sedimentinin tolere edilebilir sınırın üzerinde bir Cr yoğunluğu içerdiği belirlenmiş olmaktadır.

Mersin istasyonundaki sedimentte okunan ağır metal derişimleri Cr hariç kabul edilebilir düzeyin altında bulunmuştur. Böylece Mersin istasyonu sedimentinde saptanan söz konusu ağır metallerin toprak kirliliği açısından Cr dışında henüz tehlikeli yoğunluklara ulaşmadığı; ancak Cr yoğunluğunun tolere edilebilir sınırın üzerinde olduğu tespit edilmiş olmaktadır (Ek 6).

Erdemli istasyonu sediment örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.341mg/kg'lık değer ile 2011'in Şubat ayında; en düşük olarak ise 0.229mg/kg'lık bir değer ile 2010 yılı Temmuz ayında belirlenmiştir. Bu istasyon sedimenti için ortalama Cd yoğunluğu 0.2905mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 7). Erdemli istasyonu sediment örneklerinde saptanan en yüksek Cd derişimi ile Anonymous (2005b)'nin toprak için kabul edilebilir değer olarak verdiği 1mg/kg'lık değer kıyaslandığında, saptanan en yüksek Cd değerinin bu yoğunluğun yaklaşık %30'u seviyesinde kaldığı belirlenmiştir.

Erdemli istasyonundan elde edilen sedimentteki Pb yoğunluğunun en yüksek olarak 1.56mg/kg'lık bir değerle 2011'in Şubat ayında; en düşük olarak ise 1.188mg/kg ile 2010 yılı Haziran ayında olduğu belirlenmiştir. Erdemli istasyonu sedimentindeki ortalama Pb yoğunluğu ise 1.3772mg/kg şeklinde bulunmuştur (Ek 7). Erdemli istasyonundan alınan sedimentte ölçülen 1.56mg/kg'lık en yüksek Pb değeri ile Anonymous (2005b)'nin toprak için kabul edilebilir değer olarak verdiği 50mg/kg'lık değer karşılaştırıldığında, bu en yüksek Pb değerinin limit değerin sadece %3.12'si seviyesinde kaldığı belirlenmiştir.

Erdemli istasyonu sediment örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 4.044mg/kg'lık bir değerle 2011 yılının Ocak ayında, en düşük olarak 2.703mg/kg ile 2010'un Haziranında belirlenmiştir. Erdemli istasyonu için ortalama As yoğunluğu ise 3.5069mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 7). Erdemli istasyonundaki sediment örneklerinde okunan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2005b)'nin kirlenmiş toprakta arıtma sonucu uyulması gereken 20mg/kg'lık sınır değer karşılaştırıldığında, bulunan ortalama değerin kabul edilebilir limitin yaklaşık olarak %18'i seviyesinde olduğu görülmüştür.

Erdemli istasyonu sedimentinde Zn yoğunluğu en yüksek 9.872mg/kg ile 2011 yılının Ocak ayında; en düşük 6.298mg/kg ile 2010'un Kasımında belirlenmiştir. Bu istasyon sedimentindeki ortalama Zn yoğunluğu 7.898mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 7). Erdemli istasyonu sedimentinde okunan 9.872mg/kg'lık en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymous (2005b) tarafından toprak için kabul edilebilir değer olarak kullanılan 150mg/kg'lık yoğunluk kıyaslandığında, bu en yüksek değerin kabul edilebilir yoğunluğun yaklaşık %5'i civarında kaldığı belirlenmiştir.

Erdemli istasyonundan alınan sedimentte Cu yoğunluğu en yüksek 6.682mg/kg ile 2010'un Eylül ayında; en düşük 2.296mg/kg ile 2010 yılının Haziran ayında belirlenmiş olup; ortalama Cu yoğunluğu ise 4.3794mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 7). Erdemli istasyonu sedimentinde okunan en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymous (2005b)'nin toprak için kabul edilebilir değer olarak verdiği 50mg/kg'lık değer ele alındığında, Cu için saptanan bu 6.682mg/kg'lık en yüksek yoğunluğun kabul edilebilir değerin yaklaşık %13'üne denk geldiği görülmüştür.

Erdemli istasyonu sediment örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 66.7mg/kg ile 2011 yılının Ocak ayında; en düşük olarak ise 51.933mg/kg ile aynı yılın Nisan ayında belirlenmiştir. Erdemli istasyonu sedimentindeki ortalama Cr yoğunluğu 57.6158mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 7). Bu istasyon sedimentinde tespit edilen en yüksek Cr yoğunluğunun Anonymous (2005b)'nin toprak için

kabul edilebilir değer olarak verdiği 100mg/kg'lık yoğunluk değerinin yaklaşık %67'si civarında olduğu görülmüştür.

Erdemli istasyonundan temin edilen sediment örneklerinde okunan tüm ağır metal derişimlerinin kabul edilebilir düzeyin altında kaldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Erdemli istasyonu sedimentinde saptanan söz konusu ağır metallerin toprak kirliliği açısından henüz tehlikeli yoğunluklara ulaşmadığı tespit edilmiş olmaktadır (Ek 7).

Silifke istasyonu sediment örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.301mg/kg'lık değer ile 2010'un Eylül ayında; en düşük olarak ise 0.215mg/kg'lık bir değer ile 2011 yılı Mayısında belirlenmiştir. Bu istasyon için ortalama Cd yoğunluğu 0.2551mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 8). Silifke istasyonu sediment örneklerinde saptanan en yüksek Cd derişimi ile Anonymous (2005b) tarafından toprak için kabul edilebilir değer olarak verilen 1mg/kg'lık değer kıyaslandığında, saptanan en yüksek Cd yoğunluğunun kabul edilebilir değerin yaklaşık %30'u seviyesinde olduğu bulunmuştur.

Silifke istasyonu sedimentinde Pb yoğunluğu en yüksek 1.27mg/kg'lık bir değerle 2011 yılının Şubatında; en düşük olarak da 1.035mg/kg ile 2010 yılı Temmuz ayında belirlenmiştir. Silifke istasyonu sedimentinin ortalama Pb yoğunluğu ise 1.1496mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 8). Silifke istasyonundan alınan sedimentlerde ölçülen 1.27mg/kg'lık en yüksek değer ile Anonymous(2005b)'nin toprak için kabul edilebilir değer olarak verdiği 50mg/kg'lık yoğunluk karşılaştırıldığında, ölçülen en yüksek Pb derişiminin kabul edilebilir değerin sadece %2.5'ini oluşturduğu tespit edilmiş olmaktadır.

Silifke istasyonu sediment örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 5.178mg/kg'lık bir değerle 2011'in Ocak ayında; en düşük olarak 2.515mg/kg ile aynı yılın Nisan ayında saptanmış olup; ortalama As yoğunluğu ise Silifke istasyonu sedimenti için 3.213mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 8). Silifke istasyonu itibariyle sediment örneklerinde okunan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2005b) tarafından kirlenmiş toprakta arıtma sonucu uyulması gereken sınır değer

olarak verilen 20mg/kg'lık yoğunluk karşılaştırıldığında, bulunan ortalama en yüksek değerin kabul edilebilir limit yoğunluğunun sadece %20'si seviyesinde kaldığı belirlenmiştir.

Silifke istasyonu sedimentinde Zn yoğunluğu en yüksek 7.692mg/kg ile 2010 yılının Aralık ayında; en düşük 4.292mg/kg ile aynı yılın Ağustosunda belirlenmiş ve ortalama Zn yoğunluğu ise 5.5795mg/kg olarak tespit edilmiştir (Ek 8). Silifke istasyonu sediment örneklerinde okunan 7.692mg/kg'lık en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymous (2005b)'nin toprak için kabul edilebilir değer olarak verdiği 150mg/kg'lık yoğunluk değeri karşılaştırıldığında, bu Zn yoğunluğunun kabul edilebilir değerin yaklaşık %5'i civarında yer aldığı görülmüştür.

Silifke istasyonundan alınan sedimentlerde Cu yoğunluğu en yüksek 2.655mg/kg ile 2011'in Mart ayında; en düşük 1.365mg/kg ile 2010 yılının Temmuzunda belirlenmiş olup; ortalama Cu yoğunluğunun ise 2.0567mg/kg olduğu bulunmuştur (Ek 8). Silifke istasyonu sedimentinde okunan en yüksek Cu derişimi ile Anonymous (2005b) tarafından toprak için kabul edilebilir değer olarak verilen 50mg/kg'lık değer kıyaslandığında, Cu için saptanan bu 2.655mg/kg'lık en yüksek yoğunluk değerinin bile kabul edilebilir yoğunluğun sadece %5'ine denk geldiği görülmüştür.

Silifke istasyonu sediment örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 56.55mg/kg ile 2011 yılının Ocak ayında; en düşük olarak da 42.555mg/kg ile 2010 yılının Haziranında belirlenmiştir. Ortalama Cr yoğunluğunun ise 49.3659mg/kg olduğu bulunmuştur (Ek 8). Tespit edilen 56.55mg/kg'lık en yüksek Cr yoğunluğu ile Anonymous (2005b)'nin toprak için kabul edilebilir değer olarak verdiği 100mg/kg'lık değer karşılaştırıldığında, bu en yüksek Cr yoğunluğunun kabul edilebilir değerin yaklaşık olarak %57'si civarında yer aldığı anlaşılmıştır.

Silifke istasyonu sedimentinde okunan tüm ağır metal derişimlerinin ülkemiz resmi makamlarınca verilen kabul edilebilir limit düzeyin altında kaldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Silifke istasyonu sedimentinde saptanan söz konusu ağır

metallerin toprak kirliliği açısından henüz tehlikeli yoğunluklara ulaşmadığı tespit edilmiş olmaktadır (Ek 8).

Sediment örnekleri kullanılarak yapılan çalışmalardan Fatoki ve Mathabatha (2001), Dalman ve ark. (2006), Küçüksezgin ve ark. (2006), Alonso Castillo ve ark. (2013) ile Aksu ve Taşkın (2012) tarafından elde edilen Cd değerleri sırasıyla 0.12-4, 0.56, 0.003-0.82, 0.021-0.283 ve 0.19-1.16mg/kg olarak rapor edilmiştir (Ek 9). Bu çalışmada 0.3104mg/kg olarak elde edilen ortalama Cd yoğunluğu ile Anonymous (2005b)'nin Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde toprak için verdiği 1mg/kg'lık kabul edilebilir yoğunluk değeri karşılaştırıldığında, bu araştırmada elde edilen yoğunluğun limit değerden daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Ek 9'daki çalışmalar ele alındığında, Fatoki ve Mathabatha (2001), Dalman ve ark. (2006), Küçüksezgin ve ark. (2006), Alonso Castillo ve ark. (2013) ile Aksu ve Taşkın (2012) tarafından yapılan araştırmalarda rapor edilen Cd yoğunlukları ile bu çalışmada elde edilen yoğunluğun birbirlerine oldukça yakın olduğu bulunmuştur.

Dünyanın değişik bölgelerinde ve özellikle ülkemiz denizlerinde gerçekleştirilen çalışmalarda Doğan-Sağlamtimur ve Kumbur (2010), Fatoki ve Mathabatha (2001), Dalman ve ark. (2006), Küçüksezgin ve ark. (2006), Duman ve ark. (2012), Alonso Castillo ve ark. (2013), Aksu ve Taşkın (2012) ile Tuncel ve ark. (2007) Pb yoğunluğunu sırasıyla 19.2-45.61, 3.2-84.2, 9-61.9, 20, 14-113, 1.6-9.2, 7.92-37.1, 32-122 ve 7mg/kg düzeyinde bulduklarını rapor etmişlerdir (Ek 9). Anonymous (2005b) tarafından Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde toprak Pb düzeyinin 50mg/kg'dan daha az olması gerektiği belirtildiği için bu çalışmada elde edilen Pb yoğunluk değeri olan 1.4765mg/kg'ın, hem yukarıda bahsedilen araştırma sonuçlarında bildirilen değerlerden ve hem de resmi makamlarca bildirilen yoğunluktan daha düşük olduğu tespit edilmiş olmaktadır. Böylece araştırmanın yürütüldüğü Mersin Körfezi sedimentinin içerdiği Pb yoğunluğunun tehlike sınırının çok altında kalarak bölge canlıları için henüz tehlike oluşturmadığı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada sediment örneklerinde tespit edilen ortalama As yoğunluğu 6.1891mg/kg olarak bulunmuştur. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti kara sularından sağladıkları sedimentte As çalışması yapan Duman ve ark. (2012) ise As yoğunluğunu 3.3-55.4mg/kg aralığında rapor etmişlerdir. As için Anonymous (2005b) tarafından toprak için belirtilen en yüksek yoğunluk değeri ise 20mg/kg'dır. Bu araştırmada saptanan ortalama As derişimi her ne kadar Duman ve ark. (2012) tarafından rapor edilen değerler arasında yer aldığı belirlenmiş olsa da; söz konusu çalışmada elde edilen en yüksek değerden oldukça düşük olduğu bulunmuştur. Bu durum bu çalışmanın yapıldığı alanın Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti kara sularının sedimentine oranla As açısından daha az kirlenmiş olduğunu göstermiştir.

Sediment örnekleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda Zn değerlerinin Fatoki ve Mathabatha (2001) 18.8-332, Dalman ve ark. (2006) 80.8, Duman ve ark. (2012) 5-78 ve Tuncel ve ark. (2007) tarafından 15mg/kg düzeyinde olduğu rapor edilmiştir (Ek 9). Bu çalışmada sedimentten elde edilen ortalama Zn yoğunluğu ise 8.8964mg/kg olarak tespit edilmiş olup; bu yoğunluğun Anonymous (2005b) tarafından Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde toprak için verilen 150mg/kg'lık en yüksek yoğunluk değerinden oldukça düşük düzeyde kaldığı saptanmıştır. Ek 9'daki çalışmalar ele alındığında, Fatoki ve Mathabatha (2001), Dalman ve ark. (2006), Aksu ve Taşkın (2012) ve Tuncel ve ark. (2007) tarafından yapılan araştırmalarda elde edilen Zn yoğunluklarının bu çalışmada elde edilen yoğunluktan daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Sediment örneklenerek yapılan çalışmalarda Cu yoğunluk düzeylerini, Doğan-Sağlamtimur ve Kumbur (2010) 18.23-44.67, Fatoki ve Mathabatha (2001) 8.6-183, Dalman ve ark. (2006) 25.2, Duman ve ark. (2012) 1.6-74, Alonso Castillo ve ark. (2013) 4.31-26 ve Tuncel ve ark. (2007) 7mg/kg düzeyinde rapor etmişlerdir (Ek 9). Anonymous (2005b) tarafından Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde toprak için Cu düzeyinin 50mg/kg'dan daha az olması gerektiği belirtilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada sediment örneklerinden 4.8406mg/kg

olarak elde edilen Zn yoğunluk değerinin hem bahsedilen araştırma sonuçlarından ve hem de Anonymous(2005b)'de bildirilen değerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada sediment örneklerinde tespit edilen ortalama Cr yoğunluğu 74.5232mg/kg olarak bulunmuştur. Sedimentte Cr çalışması yapan Küçüksezgin ve ark. (2006) 29-316, Duman ve ark. (2012) 9-46, Alonso Castillo ve ark. (2013) 81-370, Aksu ve Taşkın (2012) 62-372 ve Tuncel ve ark. (2007) 35mg/kg düzeyinde Cr yoğunlukları elde etmişlerdir. Metallerden Cr göz önüne alındığında, Anonymous (2005b) tarafından toprak için belirtilen en yüksek yoğunluk değerinin 100mg/kg olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen değer, Duman ve ark. (2012) ile Tuncel ve ark. (2007) tarafından rapor edilen değerlerden daha yüksek, Küçüksezgin ve ark. (2006) ile Aksu ve Taşkın (2012) tarafından belirlenen değerler arasında, Alonso Castillo ve ark. (2013)'ten ise daha düşük bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen özellikle Mersin istasyonuna ait Cr yoğunluk değerlerinin Anonymous (2005b) tarafından verilen değerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Böylece Mersin istasyonu sedimentinin Cr yoğunluğu açısından bölgede yaşamlarını sürdüren canlılar için tehlike sınırlarını aştığı ortaya çıkmıştır.

4.2.2. Mersin Körfezi Sedimentindeki Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi

Çalışmanın yapıldığı Mersin Körfezi'nde yer alan Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarından örneklenen sediment örneklerinde mevsimsel anlamda mg/kg olarak bulunan ortalama ağır metal yoğunlukları Ek 10'da verilmiştir.

Sediment örneklerindeki Cd yoğunluğunun en yüksek mevsimsel ortalaması Mersin istasyonunda ve sonbahar mevsiminde 0.4253mg/kg olarak; en düşük ise Silifke istasyonda ve 0.236mg/kg olmak üzere kış mevsiminde bulunmuştur. İstasyon ortalamaları dikkate alındığında, Cd yoğunluğunun Mersin>Erdemli>Silifke istasyonu şeklinde bir sıralamanın gerçekleştiği görülmüştür. Tüm istasyonlar itibariyle en yüksek Cd değerinin sonbahar

mevsiminde olduğu tespit edilmiştir. Ancak sediment örneklerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, elde edilen yoğunlukların birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür (Ek 10).

Mersin Körfezi sedimentinde en yüksek Pb yoğunluğu Mersin istasyonunda 2.171mg/kg'lık değer ile kışın; en düşük ise Silifke istasyonunda ve 1.0523mg/kg ile yaz mevsiminde bulunmuştur. İstasyonların sedimentteki ortalama Pb yoğunluğu bakımından Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde sıralandığı tespit edilmiş olup; Mersin istasyonu sedimentindeki Pb yoğunluğunun diğer iki istasyonda saptanan yoğunluk değerlerinden oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm istasyonlarda en yüksek Pb değerinin ise kış mevsiminde olduğu tespit edilmiştir (Ek 10).

Sediment örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 12.653mg/kg'lık bir değer ile Mersin istasyonunda ve kış mevsiminde; en düşük olarak ise 2.8230mg/kg olarak Silifke istasyonunda ve ilkbaharda belirlenmiştir. Her üç istasyonda da en yüksek As yoğunluğunun kış mevsiminde olduğu görülmüştür (Ek 10). Ancak istasyonların ortalama metal derişimleri karşılaştırıldığında, Mersin istasyonunun diğer iki istasyona göre yaklaşık üç katından fazla oranda bir yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir.

Mersin Körfezi sediment örneklerinde mevsimler açısından en yüksek Zn yoğunluğunun 14.4557mg/kg'lık değerle Mersin istasyonunda ve kış mevsiminde; en düşük olarak ise 4.319mg/kg ile yaz mevsimde ve Silifke istasyonunda olduğu görülmüştür. İstasyonlar bakımından sedimentteki Zn yoğunluğu sıralamasının ise Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde gerçekleştiği bulunmuştur (Ek 10).

Sediment örneklerindeki mevsimsel Cu yoğunlukları en yüksek 8.6123mg/kg ile kış mevsiminde ve Mersin istasyonunda; en düşük ise 1.529mg/kg ile Silifke istasyonunda ve yaz mevsiminde olduğu bulunmuştur. İstasyonlar bakımından sedimentteki Cu yoğunluğu sıralamasının Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde gerçekleştiği belirlenmiştir (Ek 10).

Mersin körfezi sedimentlerinde krom açısından en yüksek mevsimsel ortalamanın 120.765mg/kg ile Mersin istasyonunda ve kış mevsiminde; en düşük yoğunluğun ise 44.1977mg/kg ile Silifke istasyonunda ve yaz mevsiminde olduğu saptanmıştır. İstasyonlar bakımından sedimentteki ortalama Cr yoğunluğu sıralamasının Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde oluştuğu görülmüştür (Ek 10).

Mersin Körfezi sediment örneklerinde tespit edilen ağır metal yoğunluklarındaki farklılıkların tüm metaller için istasyonlar arasında ($p<0,01$) ve Pb için ise mevsimler arasında önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Diğer metallerin mevsimler arasındaki ve tüm metallerin mevsim istasyon etkileşimlerinin istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmüştür.

İstasyonlarda tüm metaller için yoğunluk sıralaması Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde gerçekleşmiştir. Mersin Körfezi sedimentinde Cu ve Zn yoğunlukları Anonymous (2005b) tarafından Toprak Kirliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde toprak için verilen kabul edilebilir değerlerden oldukça düşük bulunmuştur. Cd ve As ise özellikle Mersin istasyonunda kabul edilebilir değerin %50'si civarında bulunmuştur. Diğer iki istasyonda ise daha düşük olduğu görülmüştür. Cr yoğunluğu Mersin istasyonunda 100mg/kg olan sınır değerden daha yüksek bulunmuş; diğer iki istasyonda da oldukça yüksek olduğu belirlenmiş ancak bu değerlerin sınır değerin altında kaldığı belirlenmiştir. Pb ise mevsimsel anlamda önemli bulunmuş olmakla birlikte ($p<0,05$); tespit edilen Pb yoğunluklarının oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bu durum da Mersin istasyonun diğer iki istasyona oranla çok daha yoğun bir sanayii ve nüfus kirliliğine maruz kalmasına; Erdemli istasyonunun ise Silifke istasyonuna oranla biraz daha fazla nüfus etkisinde olmasına bağlanmıştır. Sedimentte tüm metaller için istasyonlardaki yoğunluk farklılığının temel nedeni olarak da istasyonların farklı kirletici kaynaklar ve yoğunluklara maruz kalmaları düşünülmüştür.

4.3. Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus*)'ta Ağır Metal Düzeyleri

Çalışma dönemi boyunca mavi yengeçte ölçülen ağır metal düzeyleri önce aylık olarak ve devamında mevsimsel anlamda değerlendirilmiş olup; elde edilen sonuçlar devam eden bölümlerde verilmiştir.

4.3.1. Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus*)'ta Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi

Mavi yengecin kas doku yaş ağırlığında olmak üzere, Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarında mg/kg olarak belirlenen ağır metal düzeylerinin aylık değişimi sırasıyla Ek 11, Ek 12 ve Ek 13'te verilmiştir.

Mersin istasyonunda *C. sapidus*'ta yapılan ölçümlerde ele alınan tüm ağır metal düzeyleri Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü (Anonymous 2000), ve Türk Gıda Kodeksi (Anonymous 2002; 2008) tarafından verilen kabul edilebilir limitlerin altında bulunmuştur. Söz konusu edilen türdeki Cd yoğunluğu en yüksek 0.0085mg/kg'lık değer ile 2011 yılı Mayıs ayında; en düşük olarak ise 0.0015mg/kg'lık bir değerle 2010 yılı Ekim ayında belirlenmiştir (Ek 11). Bu tür için ortalama Cd yoğunluğu. 0.0046mg/kg olarak bulunmuştur. Dolayısıyla Mersin Körfezi'nde yer alan mavi yengeçlerde saptanan en yüksek Cd derişiminin dahi Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü (Anonymous 2000), ve Türk Gıda Kodeksi (Anonymous 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdikleri 0.5mg/kg'lık kabul edilebilir limitin sadece %1.7'lik düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Mavi yengeçte Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0417mg/kg'lık bir değerle 2011 Ocağında; en düşük olarak da 0.0209mg/kg ile 2010'un Aralığında belirlenmiştir. Mersin istasyonunda yaşamlarını sürdüren mavi yengeçlerdeki ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0335mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 11). Mersin Körfezi'ndeki mavi yengeçler için ölçülen 0.0417mg/kg'lık en yüksek değer ile Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in Pb için verdiği 0.5mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada ölçülen Pb derişiminin kabul edilebilir

değerin ancak %8'lik kısmını oluşturabildiği görülmüştür. Dolayısıyla Mersin Körfezi mavi yengeçlerindeki Pb yoğunluğunun çok düşük düzeylerde olduğu anlaşılmıştır.

Mersin istasyonunda dağılış gösteren *C. sapidus*'larda As yoğunluğu en yüksek 0.0928mg/kg'lık bir değerle 2010 yılının Aralığında; en düşük olarak ise 0.0353mg/kg ile aynı yılın Kasım ayında belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise Mersin istasyonu mavi yengeçleri için 0.0740mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 11). Mersin istasyonu mavi yengeçlerinde saptanan 0.0928mg/kg'lık en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 1mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada belirlenen yoğunluğun tolere edilebilir değerin sadece %9.3'üne denk geldiği görülmüştür. Böylece çalışma alanında dağılış gösteren mavi yengeçlerin henüz As derişimi yönünden dikkate değer bir tehlike altında olmadığı görülmüştür.

Zn yoğunluğu en yüksek 42.2311mg/kg ile 2010 yılının Aralığında; en düşük olarak ise 16.6314mg/kg ile 2011 yılının Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu 32.1470mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 11). Mersin istasyonu *C. sapidus*'larında okunan 42.2311mg/kg'lık en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in Zn için verdiği 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada saptanan en yüksek Zn değerinin söz konusu yoğunluğun yaklaşık %84'ü düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Başka bir deyişle Mersin istasyonunda yaşamlarını sürdüren mavi yengeçlerin Zn açısından kabul edilebilir limit değere oldukça yaklaştığı; ancak henüz dikkate değer bir tehlike arz etmediği bulunmuştur.

Cu yoğunluğu en yüksek 8.9049mg/kg ile 2010 yılının Kasımında ve en düşük 1.6083mg/kg ile 2011'in Ocağında belirlenmiştir. Ortalama Cu yoğunluğu ise 4.6313mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 11). Mersin istasyonunda okunan 8.9049mg/kg'lık en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, en yüksek Cu yoğunluğunun söz konusu değerin %44.5'ine

karşılık geldiği görülmüştür. En yüksek Cu derişimi göz önüne alınsa bile, Mersin istasyonunda dağılış gösteren mavi yengeçlerin Cu açısından kabul edilebilir limit değerin yarısından daha küçük olması nedeniyle önemli sayılabilecek herhangi bir tehdit altında olmadığı sonucuna varılmıştır.

Cr yoğunluğu en yüksek 0.1558mg/kg ile 2011'in Mayısında ve en düşük 0.0580mg/kg ile aynı yılın Mart ayında belirlenmiştir. Ortalama Cr yoğunluğu ise 0.1061mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 11).

Erdemli istasyonundaki *C. sapidus*'larda yapılan ölçümlerde ele alınan tüm ağır metal düzeyleri Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü (Anonymous 2000) ve Türk Gıda Kodeksi (Anonymous 2002; 2008)'in verdiği kabul edilebilir limitlerin altında bulunmuştur.

Söz konusu türdeki Erdemli istasyonu Cd yoğunluğu en yüksek 0.0081mg/kg'lık değer ile 2010'un Eylül ayında; en düşük olarak ise 0.0012mg/kg'lık bir değer ile aynı yılın Aralık ayında belirlenmiştir. Mavi yengeç için Erdemli istasyonu ortalama Cd yoğunluğu. 0.0030mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 12). Erdemli istasyonunda yer alan mavi yengeçlerde saptanan en yüksek Cd yoğunluğu dikkate alındığında bile; bu ağır metal için kabul edilebilir limit değer olan 0.5mg/kg'ın (Anonymous, 2000; 2002 ve 2008) yaklaşık %1.6'lık düzeyinde olduğu belirlenmiş olmaktadır.

Mavi yengeçte Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0449mg/kg'lık bir değerle 2010'un Eylülünde; en düşük olarak da 0.0144mg/kg ile 2011 yılının Ocak ayında belirlenmiştir. Erdemli istasyonundan elde edilen mavi yengeçlerdeki ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0257mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 12). Erdemli istasyonunda ölçülen 0.0449mg/kg'lık en yüksek değer ile Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 0.5mg/kg'lık limit değer karşılaştırıldığında, Pb yoğunluğunun kabul edilebilir değerin yaklaşık %9'u düzeyinde olduğu görülmüştür.

Erdemli istasyonu *C. sapidus*'larında As yoğunluğu en yüksek 0.0953mg/kg'lık bir değerle 2011 yılının Nisanında ve en düşük olarak

0.0640mg/kg ile aynı yılın Mayıs ayında tespit edilmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise Erdemli istasyonu mavi yengeçleri için 0.0835mg/kg olarak bulunmuştur. Erdemli istasyonu mavi yengeçlerinde okunan 0.0953mg/kg'lık en yüksek As yoğunluğunun, Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 1mg/kg'lık limit değerin sadece %9.5'ine denk geldiği belirlenmiştir.

Erdemli istasyonunda Zn yoğunluğu en yüksek 41.4244mg/kg ile 2010'un Kasımında; en düşük 31.0236mg/kg ile 2011 yılının Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 35.3264mg/kg olarak bulunmuştur. Bu istasyon *C. sapidus*'larında belirlenen 41.4244mg/kg'lık en yüksek Zn yoğunluğunun Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 50mg/kg'lık limit değerin yaklaşık %82'si düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Cu yoğunluğu en yüksek 6.1131mg/kg ile 2010 yılının Kasım ayında; en düşük olarak ise 2.7426mg/kg ile 2011'in Ocağında belirlenmiştir. Ortalama Cu yoğunluğu ise 4.1502mg/kg olarak saptanmıştır (Ek 12). Erdemli istasyonunda okunan 6.1131mg/kg'lık en yüksek Cu yoğunluğunun Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 20mg/kg'lık limit değerin yaklaşık %30.5'i seviyesinde olduğu görülmüştür.

Cr yoğunluğu en yüksek 0.1481mg/kg ile 2010 yılı Aralığında; en düşük ise okuma yapılan Atomik Absorbsiyon Cihazı'nın duyarlılık sınırlarının altında (<0.0005mg/kg) olmak üzere, 2011'in Ocak ayında tespit edilmiştir. Ortalama Cr yoğunluğu 0.0670mg/kg olarak bulunmuştur.

Erdemli istasyonunda elde edilen ve yukarıda açıklanmaya çalışılan tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, belirlenen en yüksek yoğunlukların bile, çalışılan ağır metaller açısından mavi yengeçler için tehlikeli boyutlarda olmadığı gözlenmiştir. Ancak okunan en yüksek Zn yoğunluğunun bu ağır metal için tolere edilebilir limit değere (Anonymous 2000; 2002 ve 2008) oldukça yaklaştığı; dolayısıyla Erdemli açıklarında yaşamlarını sürdüren mavi yengeçlerin ilk etapta Zn kirliliği açısından riskli sınıra yaklaştığı görülmüş olmaktadır.

C. sapidus'ta Silifke istasyonunda yapılan ölçümlerde ele alınan tüm ağır metal düzeyleri kabul edilebilir limitlerin (Anonymous, 2000; 2002 ve 2008) altında bulunmuştur. Silifke istasyonu mavi yengeç örneklerindeki Cd yoğunluğu en yüksek 0.0082mg/kg'lık değer ile 2011 yılının Mayıs ayında; en düşük olarak ise 0.0010mg/kg'lık bir değer ile 2010'un Aralık ayında belirlenmiştir. Silifke istasyonundaki mavi yengeçler için ortalama Cd yoğunluğu 0.0040mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 12). Bu istasyon itibariyle mavi yengeçlerde saptanan en yüksek Cd yoğunluğu dikkate alındığında bile; Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 0.5mg/kg'lık limit değerin yaklaşık %1.6'lık düzeyine denk geldiği bulunmuştur.

Silifke istasyonundan elde edilen mavi yengeçlerdeki Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0261mg/kg'lık bir değerle 2011 yılının Martında; en düşük olarak da 0.0066mg/kg ile yine aynı yılın Mayıs ayında belirlenmiştir. Bu istasyonda bulunan mavi yengeçlerdeki ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0189mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 13). Ölçülen en yüksek değer olan 0.0261mg/kg ile Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 0.5mg/kg'lık limit değer karşılaştırıldığında, Pb yoğunluğunun kabul edilebilir değerin yaklaşık %5'i düzeyinde olduğu görülmüştür.

Silifke istasyonundaki *C. sapidus*'larda As yoğunluğu en yüksek 0.0894mg/kg'lık bir değerle 2011 yılı Ocağında; en düşük ise 0.0190mg/kg ile 2010'un Ekim ayında tespit edilmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise 0.0599mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 13). Silifke istasyonu mavi yengeçlerinde okunan 0.0894mg/kg'lık en yüksek As yoğunluğunun Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 1mg/kg'lık limit değerin sadece %8.9'u düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Silifke istasyonunda Zn yoğunluğu en yüksek 40.5957mg/kg ile 2010 Haziranında; en düşük 30.0737mg/kg ile 2011 yılının Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 35.8416mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 13). Bu istasyonda yaşamlarını sürdüren *C. sapidus* örneklerinde okunan 40.5957mg/kg'lık

en yüksek Zn yoğunluğunun dahi 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değerin (Anonymous, 2000; 2002 ve 2008) altında olduğu; ancak bu değerin %81'i düzeyine ulaşması nedeniyle bu istasyon mavi yengeçlerinin Zn kirliliği açısından risk içermeye oldukça yaklaştığı görülmüştür.

Silifke istasyonu mavi yengeçlerindeki Cu yoğunluğu en yüksek 10.3555mg/kg ile 2010'un Ekiminde; en düşük 3.1067mg/kg ile 2011 yılının Ocak ayında saptanmıştır. Ortalama Cu yoğunluğu ise 5.5079mg/kg olarak belirlenmiştir (Ek 13). Silifke istasyonunda okunan 10.3555mg/kg'lık en yüksek Cu yoğunluğunun, Anonymous (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 20mg/kg'lık limit değerin yaklaşık %50.6'sına karşılık geldiği görülmüştür.

Silifke istasyonu mavi yengeçlerindeki Cr yoğunluğu en yüksek 0.1617mg/kg ile 2011 Nisanında; en düşük 0.0316mg/kg ile 2010 yılının Eylül ayında tespit edilmiştir. Ortalama Cr yoğunluğu ise 0.0739mg/kg olarak bulunmuştur.

Silifke istasyonu mavi yengeçlerinden elde edilen tüm yukarıda açıklanmaya çalışılan sonuçlar değerlendirildiğinde, bu türde saptanan en yüksek yoğunlukların bile çalışılan ağır metaller için Türkiye Cumhuriyeti tarafından izin verilen resmi sınırlar açısından tehlikeli boyutlarda olmadığı ortaya çıkmış durumdadır. Bu araştırmada elde edilen sonuçlar ile daha önce yapılan çalışmalarda rapor edilen sonuçlar ve izin verilen tolere edilebilir resmi sınırların karşılaştırmalı bir tablosu Ek 14'te verilmiştir.

Mutlu ve ark. (2011), Dörtyol Gölü ve kuzeydoğu Akdeniz'de bulunan Akyatan, Paradeniz ve Çamlık lagünlerindeki mavi yengeçleri kullanarak, bu türün kas dokusundaki Cd, Zn, Cu ve Cr düzeylerini araştırmışlardır. Söz konusu araştırmadaki Paradeniz Lagünü bu çalışmanın yapıldığı Mersin Körfezi'nin batı girişinde bulunması ve Silifke istasyonuna oldukça yakın olması nedeniyle değerlendirme yapılırken bu istasyon sonuçlarının kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Söz konusu araştırmada metal yoğunluk sıralaması Zn>Cu>>Cr>Cd olarak bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen metal yoğunluk

sıralamasının da aynı düzende olduğu saptanmıştır. Her iki çalışmada da Zn yoğunluğu en yüksek olmasına rağmen; bu çalışmada bulunan 34.4383mg/kg'lık Zn yoğunluğunun söz konusu araştırmadaki 13.9mg/kg'lık Zn yoğunluğundan neredeyse üç katı daha fazla olduğu görülmüştür. Cr ve Cu yoğunlukları her iki çalışmada da birbirine benzer düzeyde bulunmuştur. Cd'un ise her iki çalışma itibariyle en bariz yoğunluk farkının bulunduğu ağır metal olduğu görülmüştür. Mutlu ve ark. (2011) tarafından bulunan 0.03mg/kg'lık değerin bu çalışmada elde edilen 0.0038mg/kg'lık değerden yaklaşık sekiz kat daha fazla olduğu dikkati çekmiştir.

Türkmen ve ark. (2006) tarafından İskenderun Körfezi'nden örneklenen mavi yengeçlerde Cd, Pb, Zn, Cu, Cr ağır metalleri için tespit ettikleri yoğunluklar kuru ağırlıkta mg/kg olarak sırasıyla 1.768, 3.513, 9.074, 7.018, 4.527 şeklindedir. Bu çalışmada Mersin Körfezi'ndeki mavi yengeçlerden elde edilen değer ise, aynı metaller için yaş ağırlıkta mg/kg olarak sırasıyla 0.0038, 0.026, 34.4383, 4.7632, 0.0823 şeklindedir. Dolayısıyla Zn hariç İskenderun Körfezi'nden elde edilen diğer tüm ağır metal yoğunluk değerleri daha yüksek bulunmuştur. Bu değerler dikkate alındığında, Mersin Körfezi mavi yengeçlerinin İskenderun Körfezi'ndekilere oranla Cd, Pb, Cu ve Cr açısından daha az sağlık riski oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen Zn yoğunluğu mevcut değeriyle sağlık açısından her ne kadar herhangi bir olumsuzluk içermemiş olsa da; resmi makamlarca kabul edilebilir sınıra oldukça yaklaşılması sebebiyle kirlilik açısından riskli bir metal olmaya aday olduğu ileri sürülebilir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan Quinnipiac ve Connecticut nehirlerinin nehir ağızlarından elde edilen mavi yengeçlerde Jop ve ark. (1997) tarafından Cd, Pb, As, Zn ve Cu yoğunlukları araştırılmış olup; bu çalışmada elde ettikleri sonuçların hiçbirinin Türk Gıda Kodeksi (2008) tarafından verilen değerlerden daha yüksek olmadığı görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen değerler ile Jop ve ark. (1997) tarafından rapor edilen değerler kıyaslandığında, Zn ve As değerlerinin neredeyse aynı düzeyde olduğu; Cd, Pb ve Cu değerlerinin ise Mersin

Körfezi mavi yengeçlerinden elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu dikkat çekmiştir.

Gökoğlu ve Yerlikaya (2003), Antalya Körfezi'nde dağılış gösteren mavi yengeçlerin kas dokularındaki Zn ve Cu yoğunluklarını araştırmışlar ve bu ağır metal düzeylerinin sırasıyla 4.7mg/kg ve 31.3mg/kg olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise her iki metal düzeyinin de Gökoğlu ve Yerlikaya (2003)'ün rapor ettikleri değerlerden Cu değerinin daha Zn değerinin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı şekilde Ololade ve ark. (2008) tarafından Nijerya'nın Atlantik Okyanusu kıyılarındaki mavi yengeçlerin kas dokularında Zn ve Cu miktarları çalışılmış ve saptadıkları 34.33mg/kg'lık Zn yoğunluğunun bu çalışmada belirlenen ile neredeyse aynı düzeyde olduğu; 0.61mg/kg'lık Cu miktarının ise bu çalışmada saptanandan daha düşük seviyede olduğu rapor edilmiştir.

4.3.2. Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus*)'te Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi

Çalışmanın yapıldığı Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarından temin edilen *C. sapidus* örneklerinde mevsimsel olarak ölçülen ortalama ağır metal yoğunlukları Ek 15'te verilmiştir.

Mevsimsel ortalamalar göz önüne alındığında, Cd'un en yüksek ortalama değerinin Mersin istasyonunda ve ilkbahar mevsiminde yaş ağırlıkta 0.0060mg/kg olduğu gözlenmiştir. En düşük ise Erdemli istasyonunda ve yaz mevsiminde yaş ağırlıkta 0.0022mg/kg olarak bulunmuştur. İstasyonlarda saptanan yıl ortalamaları dikkate alındığında, Cd yoğunluğu Mersin>Silifke>Erdemli istasyonu şeklinde gerçekleşmiştir.

C. sapidus'ta yaş ağırlıkta ölçülen ortalama mevsimsel Pb yoğunluğu, en yüksek 0.0360mg/kg'lık değer ile Mersin istasyonunda sonbahar örneklerinde; en düşük 0.0162mg/kg'lık değer ile Silifke istasyonunda ve yaz mevsiminde belirlenmiştir. İstasyon bazında yıllık ortalama Pb yoğunluğunun Mersin>Erdemli>Silifke istasyonu şeklinde gerçekleştiği görülmüştür.

Mavi yengeç örneklerinin yaş ağırlığında mevsimsel anlamda ölçülen en yüksek ortalama As değeri 0.0891mg/kg olarak Erdemli istasyonunda ve yaz mevsiminde; en düşük ise, 0.0369mg/kg olarak Silifke istasyonunun sonbahar örneklerinde bulunmuştur. Yıllık ortalama As yoğunluğu bakımından istasyonlar Erdemli>Mersin>Silifke şeklinde sıralanmıştır.

C. sapidus'larda mevsimsel ortalama Zn düzeyleri incelendiğinde, en yüksek mevsimsel ortalama yoğunluk 38.8261mg/kg ile Silifke istasyonunda yaz mevsiminde; en düşük yoğunluk ise 29.2974mg/kg'lık ortalama değer ile Mersin istasyonunda ve kış mevsiminde bulunmuştur. İstasyonlar bakımından yıllık ortalama Zn yoğunluğu Silifke>Erdemli>Mersin şeklinde gerçekleşmiştir.

Mavi yengeç örneklerindeki ortalama Cu yoğunluğu en yüksek 7.5420mg/kg'lık değer ile Silifke istasyonunda sonbahar mevsiminde; en düşük ise, 2.9493mg/kg ile Mersin istasyonunda ve kış mevsiminde bulunmuştur. Tüm istasyonlarda en yüksek mevsim ortalamasının sonbaharda, en düşük değerin ise kış mevsiminde olduğu belirlenmiştir. Yıllık ortalama Cu yoğunluğu açısından istasyonlar Silifke>Mersin>Erdemli olarak sıralanmıştır.

Mavi yengeçlerde en yüksek Cr değerinin 0.1248mg/kg ile yaz mevsiminde Mersin istasyonunda, en düşük 0.0552mg/kg ile sonbaharda ve Erdemli istasyonunda olduğu bulunmuştur. Mersin istasyonunun diğer istasyonlara oranla daha yüksek Cr değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Mavi yengeç örneklerinden elde edilen Ağır metal yoğunluklarında istasyonlar arasındaki farklılıklar sadece Pb, As ve Cu açısından önemli olarak tespit edilmiş ($p<0.01$); diğer metaller açısından istatistiksel açıdan herhangi bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Yine mavi yengeçlerde hesaplanan metal yoğunluklarının mevsimsel farklılıkları ve mevsimler itibariyle istasyonlar arasındaki yoğunluk değişimlerinin istatistiksel anlamda önemli olmadığı anlaşılmıştır.

Mavi yengeç örneklerinde istasyonlar arasındaki yoğunluk farkları önemli bulunan kurşun yoğunluğunun ($p<0.01$); her üç istasyonunda birbirinden faklı

olduğu ve istasyon yoğunluk sıralamasının ise çoktan aza doğru Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu durum, Mersin istasyonunun sanayi tesislerine yakınlığı ve nüfus yoğunluğu gibi nedenlerle kurşun atıklarına daha fazla maruz kalmasına yorumlanmıştır. Gerçekten de aynı şekilde Erdemli istasyonu da Silifke istasyonuna oranla daha fazla sanayi ve nüfus yoğunluğuna maruz kalmaktadır.

Arsenik ve Cu bakımından Mersin istasyonu diğer iki istasyondan çok fazla farklılık göstermezken; Erdemli ve Silifke istasyonları istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermiştir. Ancak her ne kadar istasyonlar arasında As, Cu ve Pb açısından farklılıklar önemli bulunmuş olsa da; tüm metaller için mavi yengeçlerde saptanan yoğunlukların insan tüketimine izin verilen değerlerden oldukça düşük olması nedeniyle bu türün tüketilmesi sırasında metal kirliliğinin henüz tehlikeli olabilecek boyutlarda olmadığını göstermektedir.

4.4. Japon Karidesi (*Penaeus japonicus*)'ta Ağır Metal Düzeyleri

4.4.1. Japon Karidesi (*Penaeus japonicus*)'ta Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi

Japon karidesinin kas doku yaş ağırlığında olmak üzere, Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarında mg/kg olarak belirlenen ağır metal düzeylerinin aylık değişimi sırasıyla Ek 16; Ek 17 ve Ek 18'de verilmiştir.

Mersin istasyonu *P. japonicus*'larında Cd yoğunluğu en yüksek 0.0122mg/kg'lık değer ile 2011 yılının Ocak ayında; en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık düzeyinin altında (<0.0001mg/kg) olmak üzere, 2010'un Ekim ayında belirlenmiştir. Bu tür için ortalama Cd yoğunluğu 0.0062mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 16). Mersin istasyonu Japon karideslerinde saptanan en yüksek Cd derişimi Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü (Anonim 2000) ve Türk Gıda Kodeksi (Anonim 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdiği 0.5mg/kg'lık kabul edilebilir limitin %2.2'si düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Mersin istasyonu Japon karidesinde Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0265mg/kg'lık bir değerle 2010 Aralığında; en düşük olarak da 0.0049mg/kg ile 2011 yılının Şubat ayında belirlenmiştir. Mersin Körfezi'nde yaşamlarını sürdüren Japon karideslerinde ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0163mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 16). Bu istasyon itibariyle *P. japonicus*'ta ölçülen 0.0265mg/kg'lık en yüksek değer ile (Anonim 2000; 2002 ve 2008)'in verdiği 0.5mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada ölçülen Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık %5'i seviyesinde olduğu görülmüştür.

Mersin istasyonunda dağılış gösteren *P. japonicus*'ta As yoğunluğu en yüksek 0.0927mg/kg'lık bir değerle 2010'un Aralığında; en düşük olarak 0.0396mg/kg ile aynı yılın Ekim ayında belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise, Mersin istasyonu Japon karidesleri için 0.0642mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 16). Bu istasyon itibariyle Japon karidesi örneklerinde okunan 0.0927mg/kg'lık en yüksek As yoğunluğu ile Anonim (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada belirlenen yoğunluğun kabul edilebilir değerin %9.3'ü seviyesinde olduğu belirlenmiştir.

Japon karideslerinin Mersin istasyonu örneklerinde Zn yoğunluğu en yüksek 11.7056mg/kg ile 2010 yılının Kasımında; en düşük 2.6564mg/kg ile 2011'in Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 7.5754mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 16). Mersin istasyonu Japon karidesi örneklerinde okunan 11.7056mg/kg'lık en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonim (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, ölçülen en yüksek Zn yoğunluğunun söz konusu edilen değerin yaklaşık %23'ü civarında olduğu ortaya çıkmıştır.

Mersin istasyonu Japon karideslerinde Cu yoğunluğu en yüksek 4.0635mg/kg ile 2010'un Eylülünde; en düşük 0.6840mg/kg ile 2011 yılının Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Cu yoğunluğu ise 2.2403mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 16). Mersin istasyonunda okunan 4.0635mg/kg'lık en yüksek Cu yoğunluğu ile

Anonim (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, en yüksek Cu değerinin söz konusu değerin ancak %20'sine karşılık geldiği görülmüştür.

Mersin istasyonu Japon karideslerinde Cr yoğunluğu en yüksek 0.3142mg/kg ile 2011 yılının Nisanında; en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının (<0.001mg/kg) altında olmak üzere 2010 yılının Haziran, Temmuz, Eylül, Ekim ve Kasım ayları ile 2011'in Ocak, Şubat, Mart ve Mayıs aylarında belirlenmiştir. Bu istasyondaki Japon karideslerinde ortalama Cr yoğunluğu ise 0.0675mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 16).

Sonuç olarak Mersin istasyonu Japon karidesi örneklerinin tamamında tüm ağır metaller için okunan yoğunluk değerlerinin kabul edilebilir düzeyin altında olduğu görülmüş ve dolayısıyla bu istasyonda söz konusu ağır metaller açısından Japon karidesinde insan sağlığı yönünden herhangi bir tehlikenin olmadığı tespit edilmiştir.

Erdemli istasyonu Japon karidesi örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.0307mg/kg'lık değer ile 2010'un Ağustos ayında; en düşük olarak ise 0.0007mg/kg'lık bir değer ile aynı yılın Kasım ayında belirlenmiştir. Bu tür için ortalama Cd yoğunluğu 0.0134mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 17). Erdemli istasyonu Japon karideslerinde saptanan en yüksek Cd yoğunluğunun kabul edilebilir limitin (Anonim, 2000; 2002 ve 2008) %6'sı düzeyinde olduğu tespit edilmiştir.

Erdemli istasyonunda yaşamlarını sürdüren Japon karideslerinde Pb yoğunluğu, en yüksek olarak 0.0450mg/kg'lık bir değerle 2011'in Nisanında; en düşük olarak da 0.0043mg/kg ile 2010 yılının Kasım ayında belirlenmiştir. Bu istasyon Japon karideslerinde ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0316mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 17). Erdemli istasyonu *P. japonicus*'larında ölçülen 0.0450mg/kg'lık en yüksek değer ile Anonim (2000; 2002 ve 2008)'in verdiği 0.5mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, ölçülen en yüksek Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık %9'u seviyesinde olduğu görülmüştür.

Erdemli istasyonundan elde edilen *P. japonicus* örneklerinde As yoğunluğu, en yüksek 0.2284mg/kg'lık bir değerle 2011'in Martında; en düşük olarak 0.0312mg/kg ile aynı yılın Şubat ayında belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise Erdemli istasyonu Japon karidesleri için 0.1324mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 17). Bu istasyon Japon karidesi örneklerinde okunan 0.2284mg/kg'lık en yüksek As yoğunluğu ile Anonim (2000; 2002 ve 2008)'in verdiği 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bulunan değerin kabul edilebilir limit değerin ancak %22.8'i seviyesinde olduğu gözlenmiştir.

Erdemli istasyonunda yaşamlarını sürdüren Japon karideslerindeki Zn yoğunluğu en yüksek 11.3439mg/kg ile 2010 yılının Kasımında; en düşük 3.5775mg/kg ile 2011'in Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 7.9223mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 17). Erdemli istasyonu Japon karidesi örneklerinde okunan 11.3439mg/kg'lık en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonim (2000; 2002 ve 2008) tarafından verilen 50mg/kg'lık tolere edilebilir değer ele alındığında, bu çalışmada saptanan değerin resmi sınır değerinin ancak %22'si civarında olduğu belirlenmiştir.

Erdemli istasyonu Japon karidesindeki Cu yoğunluğu en yüksek 3.7083mg/kg ile 2010 yılının Ekiminde ve en düşük olarak 1.1536mg/kg ile 2011'in Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Cu yoğunluğu ise 2.3485mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 17). Erdemli istasyonu *P. japonicus* örneklerinde okunan 3.7083mg/kg'lık en yüksek Cu yoğunluğunun 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değerin (Anonim, 2000; 2002 ve 2008) sadece %18'ine karşılık geldiği görülmüştür.

Erdemli istasyonu itibariyle Japon karideslerindeki Cr yoğunluğu en yüksek 0.2860mg/kg ile 2010'un Kasımında; en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının altında olmak üzere (<0.001mg/kg), 2011 yılının Ocak, Nisan ve 2010'un Eylül ayında belirlenmiştir. Ortalama Cr yoğunluğu ise 0.0688mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 17).

Erdemli istasyonunda yaşamlarını sürdüren Japon karidesi örneklerinin tamamında ölçülen tüm ağır metal miktarlarının ele alınan ağır metal için kabul edilebilir düzeyin altında olduğu bulunmuştur. Söz konusu ağır metaller açısından Erdemli istasyonundaki Japon karidesleri ele alındığında, insan sağlığı için henüz herhangi bir tehlikenin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Silifke istasyonu *P. japonicus* örneklerinde Cd yoğunluğu, en yüksek 0.0425mg/kg'lık değer ile 2010 yılının Temmuz ayında; en düşük olarak ise 0.0020mg/kg'lık bir değer ile aynı yılın Kasım ayında belirlenmiştir. Silifke istasyonundaki bu tür için ortalama Cd yoğunluğu 0.0130mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 18). Silifke istasyonu Japon karideslerinde saptanan 0.0425mg/kg'lık en yüksek Cd derişimi, 0.5mg/kg'lık kabul edilebilir limitin (Anonim, 2000; 2002 ve 2008) sadece %8'i civarında olduğu bulunmuştur.

P. japonicus'ta Silifke istasyonu itibariyle Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0436mg/kg'lık bir değerle 2010 yılının Ağustosunda; en düşük olarak da AAS'nin duyarlılık sınırları altında olmak üzere (<0.0001mg/kg), aynı yılın Kasım ayında belirlenmiştir. Silifke istasyonunda yaşamlarını sürdüren Japon karideslerinde ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0336mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 18). Silifke istasyonunda *P. japonicus*'ta ölçülen 0.0436mg/kg'lık en yüksek değer ile Anonim (2000; 2002 ve 2008)'in verdiği 0.5mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, ölçülen 0.0436mg/kg'lık Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık %8'i seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Silifke istasyonu Japon karidesi örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 0.1293mg/kg'lık bir değerle 2010'un Ağustosunda; en düşük olarak 0.0226mg/kg ile aynı yılın Ekim ayında belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise Silifke istasyonu Japon karidesleri için 0.0779mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 18). Bu istasyon itibariyle Japon karidesi örneklerinde okunan en yüksek As yoğunluğu ile Anonim (2000; 2002 ve 2008)'in verdiği 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, ölçülen değerin kabul edilebilir limitin %13'ü seviyesinde olduğu görülmüştür.

Silifke istasyonundan sağlanan Japon karideslerindeki Zn yoğunluğu en yüksek 10.2874mg/kg ile 2010 yılının Ekiminde; en düşük 5.4679mg/kg ile 2011'in Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 8.3384mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 18). Silifke istasyonu Japon karidesi örneklerinde okunan en yüksek Zn yoğunluğunun Anonim (2000; 2002 ve 2008) tarafından rapor edilen 50mg/kg'lık tolere edilebilir değerin %20'sine karşılık geldiği görülmüştür.

Silifke istasyonu Japon karideslerinde Cu yoğunluğu en yüksek 4.1034mg/kg ile 2010 yılının Ekiminde, en düşük 1.1412mg/kg ile 2011'in Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Cu yoğunluğu ise 2.6070mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 18). Silifke istasyonu *P. japonicus* örneklerinde okunan en yüksek Cu yoğunluğunun Anonim (2000; 2002 ve 2008) tarafından verilen 20mg/kg'lık tolere edilebilir değerin yaklaşık %20'sini oluşturduğu belirlenmiştir.

Silifke istasyonu Japon karideslerindeki Cr yoğunluğu en yüksek 0.4356mg/kg ile 2010'un Kasımında; en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının (<0.001mg/kg) altında olmak üzere 2010 yılının Ağustos, Eylül, Ekimi ve 2011'in Ocak, Şubat ve Mart aylarında belirlenmiştir. Ortalama Cr yoğunluğu ise 0.0665mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 18).

Silifke istasyonu *P. japonicus* örneklerinin tamamında ölçülen ağır metal yoğunluk değerlerinin bu metaller için kabul edilebilir düzeyin altında olduğu saptanmış ve böylece bu istasyon Japon karideslerinde söz konusu ağır metaller açısından insan sağlığı için herhangi bir tehlikenin olmadığı sonucuna varılmıştır (Ek 19).

Ek 19'da Japon karidesinde yapılan, diğer ağır metal çalışmaları ve Türkiye'de tüketimine izin verilen ağır metal yoğunlukları verilmiştir.

Canlı ve ark. (2001)'in İskenderun ve Mersin Körfezi'ni de kapsayan çalışmalarında bu kesimde belirledikleri üç istasyondan temin ettikleri Japon karidesi örneklerinde Cd, Pb, Zn, Cu ve Cr yoğunluklarını araştırmışlar; incelemelerinde tespit ettikleri tüm metal yoğunluklarının bu çalışmada bulunan değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür (Ek 19). Bu çalışmada elde edilen

değerler ile 2001 yılında yapılan söz konusu çalışma sonuçları kıyaslandığında, Canlı ve ark. (2001) tarafından saptanan Cd, Pb ve Cu yoğunluklarının Anonymous (2008)'e göre, insan tüketimi için tehlike sınırlarını aştığı; ancak bu çalışmada elde edilen değerlerin insan tüketimi açısından herhangi bir problem teşkil etmediği görülmüştür.

Kargın ve ark. (2001) tarafından İskenderun Körfezi'nden örneklenen *P. semisulcatus*'un kas doku yaş ağırlığında ölçülen Cd, Pb, Zn ve Cu değerlerinin hem bu çalışmadan ve hem de Anonymous (2008) tarafından belirlenen değerlerden oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir.

Schuhmacher ve ark. (1990) İspanya'nın Akdeniz sahillerinde yaptıkları araştırmalarında *P. kerathurus*'tan elde ettikleri Cd (<0.002-0.0176mg/kg) değeri ile bu çalışmada elde edilen 0.0109mg/kg'lık değerin birbirlerine yakın ve dolayısıyla her iki çalışmadan elde edilen sonuçların birbirleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Söz konusu araştırmada çalışılan *P. kerathurus* örneklerindeki Pb yoğunluğu <0.015-0.9387mg/kg arasında bulunmuştur. Anonymous (2008)'de verilen 0.5mg/kg'lık tolere edilebilir değer ile Schuhmacher ve ark. (1990)'ın bulduğu değerler karşılaştırıldığında, sözü edilen araştırıcıların ölçtükleri aralıkta yer alan bazı yoğunlukların yüksek olduğu görülmüş; ancak bu çalışmada kullanılan Japon karideslerinden elde edilen hiçbir değerin 0.5mg/kg'lık tolere edilebilir değerin üstünde olmadığı saptanmıştır.

Wu ve Yang (2011)'in Pasifik Okyanusu'nda dağılış gösteren bir karides türü olan *Litopenaeus vannamei*'yi kullanarak yaptıkları çalışmalarında Cd, Pb, Zn, Cu ve Cr yoğunluklarını araştırmışlardır. Bu araştırmacılar Cd ve Pb yoğunluklarını kullandıkları ölçüm cihazının Cd ve Pb için 0.009 ve 0.3mg/kg'lık tespit edilebilir limit değerlerinden daha düşük bulmuşlardır. Zn, Cu ve Cr ise *L. vannamei*'nin kas doku kuru ağırlığında sırasıyla 98.71, 30.37 ve 18.43mg/kg olarak saptanmış olup; bu yoğunlukların bu çalışmada ölçülen yoğunluklardan ve Cr hariç insan tüketimi için izin verilen değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

İskenderun Körfezi'nde *P. semiculatus*'ta Pb, Zn, Cu ve Cr yoğunluklarını araştıran Yılmaz ve Yılmaz (2007), Kurşunu 0.2-0.6mg/kg, Çinkoyu 4.3-10.3mg/kg, Bakırı 14.9-42.4mg/kg ve Kromu ise <0.05-13.1mg/kg olarak bulmuşlardır. Bu araştırmada ölçülen Pb, Zn ve Cr değerlerinin Yılmaz ve Yılmaz (2007) tarafından rapor edilen değerler arasında yer aldığı ve dolayısıyla sözü edilen sonuçlarla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Ancak metaller içerisinde Cu değerinin daha düşük olduğu görülmüştür.

Yılmaz ve Yılmaz (2007) tarafından İskenderun Körfezi'nde *P. semisulcatus* örneklenerek yapılan araştırmada Cr yoğunluk sıralamasının Ocak>Ekim>Temmuz>Nisan şeklinde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada bulunan sıralamanın ise istasyonlara göre farklılık gösterdiği, ancak mevsimsel anlamda bir benzerliğin olmadığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada Pb yoğunluklarının çalışılan dört farklı ayda da birbirine yakın seviyede olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada da Pb miktarlarının tüm mevsimlerde yakın değerlerde ve mevsimlerden bağımsız bir değişim sergilediği bulunmuştur. Yılmaz ve Yılmaz (2007), Cu yoğunluğunu çalıştıkları farklı mevsimlere ait dört ay için erkek ve dişilerde farklı sıralama ve yoğunluklarda bulmuşlardır. Bu durumun bu çalışmada elde edilen sonbahar sonuçlarının daha yüksek bulunması ile benzer olmadığı görülmüştür. Aynı çalışmada elde edilen Zn miktarlarının hem erkek ve hem de dişi *P. semisulcatus*'larda Ocak ayında yüksek olduğu görülmüştür. Ancak bu çalışmada sonbahar mevsimindeki Japon karidesi örneklerinin daha yüksek Zn yoğunluğuna sahip olması şeklinde gerçekleşmiştir.

Ergül ve Aksan (2013) Marmara Denizi'nde yaptıkları çalışmalarında *Peneaus* sp. örneklerinde Cd, Pb, As, Zn, Cu ve Cr yoğunluklarını araştırmışlar; incelemelerinde tespit ettikleri tüm metal yoğunluklarının bu çalışmada bulunan değerlerden oldukça yüksek olduğu görülmüştür (Ek 19). Bu çalışmada elde edilen değerler ile Ergül ve Aksan tarafından 2013 yılında yapılan çalışma kıyaslandığında, Ergül ve Aksan (2013) tarafından bulunan As ve Cu yoğunluklarının Anonymous (2008)'e göre, insan tüketimi için tehlike sınırlarını

aştığı; ancak bu çalışmada elde edilen değerlerin insan tüketimi açısından herhangi bir problem oluşturmadığı saptanmıştır.

4.4.2. Japon Karidesi (*Penaeus japonicus*)'ta Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi

Çalışmanın yapıldığı Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarından temin edilen Japon karidesi örneklerinin kas doku yaş ağırlığında mevsimsel olarak ölçülen ortalama ağır metal yoğunlukları Ek 20'de verilmiştir.

Japon karidesinde kadmiyumun en yüksek mevsimsel ortalaması Erdemli istasyonunda ve yaz mevsiminde 0.0197mg/kg olarak belirlenmiştir. Mevsimlere göre en düşük Cd ortalaması ise Mersin istasyonunda, sonbahar mevsiminde 0,0040mg/kg olarak bulunmuştur. *P. japonicus* örneklerinde kadmiyumun mevsimsel değişimi incelendiğinde, her üç istasyonda da sonbaharda elde edilen Cd yoğunluğunun diğer mevsimlerde saptanan yoğunluklardan daha düşük olduğu görülmüştür. İstasyon ortalamaları dikkate alındığında, Cd yoğunluğu Erdemli>Silifke>Mersin istasyonu şeklinde bir değişim şablonu gerçekleşmiştir.

P. japonicus'tan mevsimsel olarak elde edilen ortalama Pb yoğunluğunun en yüksek 0,0397mg/kg'lık değer ile Silifke istasyonunda ve yaz örneklerinde; en düşük 0,0102mg/kg'lık değeri ile Mersin istasyonunda ve sonbahar mevsiminde olduğu belirlenmiştir. İstasyon bazında ortalama Pb yoğunluklarının ise sırasıyla Silifke>Erdemli>Mersin istasyonu şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

Japon karideslerinde mevsimsel olarak ölçülen en yüksek ortalama As değeri 0.1568mg/kg olarak Erdemli istasyonunda ve ilkbaharda; en düşük ise 0.0418mg/kg ile sonbaharda olmak üzere Mersin istasyonunda bulunmuştur. Ortalama As yoğunlukları bakımından istasyonların sırasıyla Erdemli>Silifke>Mersin şeklinde yer aldıkları görülmüştür.

P. japonicus örneklerinden mevsimsel olarak elde edilen ortalama Zn yoğunlukları içerisinde en yüksek mevsimsel ortalama yoğunluğun 10.2418mg/kg ile Mersin istasyonunda ve sonbaharda; en düşük yoğunluğun ise 6.2221mg/kg'lık

ortalama değer ile Mersin istasyonunda ve yaz mevsiminde olduğu görülmüştür. İstasyonlar bakımından Zn yoğunluğunun Silifke>Erdemli>Mersin şeklinde bir dizilimin olduğu belirlenmiştir.

Japon karideslerinde Cu açısından en yüksek mevsimsel ortalama değerin 3.6376mg/kg ile Mersin istasyonunda ve sonbaharda; en düşük yoğunluğun ise 1.4615mg/kg'lık ortalama değer ile Mersin istasyonunda ve yaz mevsiminde olduğu bulunmuştur. İstasyonlar bakımından ortalama Cu yoğunluğunun Silifke>Erdemli>Mersin şeklinde bir sıralanmasının olduğu görülmüştür.

Mevsimler açısından en yüksek Cr yoğunluğunun Silifke istasyonunda ve 2010 yılının sonbaharında 0.1452mg/kg'lık değerde iken; aynı yılın ve yine aynı mevsiminde Mersin istasyonunda hiçbir örnekte AAS'nin tespit düzeyinde Cr değerine rastlanmamıştır. İstasyonlar açısından Cr yoğunluk sıralaması Erdemli>Mersin>Silifke şeklinde gerçekleşmiştir.

Mersin Körfezi Japon karidesi örneklerinden elde edilen ağır metal yoğunlukları ele alındığında, istasyonlar arasındaki Cd, Pb ve As yoğunluğu açısından farklılıklar istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Cd ve As için istasyon sıralaması Erdemli>Silifke>Mersin ve Pb için ise Silifke>Erdemli>Mersin istasyonu şeklinde bulunmuştur. Her üç metal için bulunan değerler insan tüketimi için izin verilen değerlerden oldukça düşük bulunmuştur.

Mersin Körfezi Japon karideslerinin kas doku yaş ağırlığında saptanan ortalama mevsimsel yoğunluklar arası farklılık istatistiksel açıdan Cd için önemli bulunmuş olup ($p<0.01$); aynı ağır metal yoğunluğu açısından mevsim istasyon etkileşimi ele alındığında ise Mersin Körfezi Japon karideslerinde yine Cd için istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Cd yoğunluğu her üç istasyonda da yaz mevsiminde daha yüksek bulunmuş olup; bu durumun Japon karideslerinin üreme döneminin sonbahar-kış mevsimleri olması (Başçınar, 2004) nedeniyle yıl içerisindeki en büyük boyutlarına ulaşmaları ve yıl boyunca vücutlarında ağır metalleri biriktirmelerinden kaynaklanabileceğine yorumlanmıştır.

4.5. Dil Balığı (*Solea solea*)'da Ağır Metal Düzeyleri

4.5.1. Dil Balığı (*Solea solea*)'da Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi

Dil balığının kas doku yaş ağırlığında olmak üzere, Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarında mg/kg olarak okunan ağır metal düzeylerinin aylık değişimleri sırasıyla Ek 21; Ek 22 ve Ek 23'te verilmiştir.

Mersin istasyonundan elde edilen *S. solea* örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.0032mg/kg'lık değer ile 2010 yılının Temmuz ayında; en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının altında (<0.0001mg/kg) olmak üzere, 2010'un Aralık ayında belirlenmiştir. Bu tür için Mersin istasyonunda ortalama Cd yoğunluğu 0.0018mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 21). Mersin istasyonu dil balıklarında saptanan 0.0032mg/kg'lık en yüksek Cd derişimi ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdikleri 0.1mg/kg'lık kabul edilebilir limit yoğunluk ele alındığında, bu çalışmada saptanan en yüksek değerin tolere edilebilir yoğunluk değerinin sadece %3'ü düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Mersin istasyonu dil balıklarında Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0401mg/kg'lık bir değerle 2010'un Kasımında; en düşük olarak da 0.0097mg/kg ile aynı yılın Aralık ayında belirlenmiştir. Mersin istasyonunda yaşamlarını sürdüren *S. solea*'lardaki ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0234mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 21). Bu istasyonda *S. solea*'da ölçülen en yüksek değer ile Anonymous (2002; 2008)'in verdiği 0.3mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, mevcut araştırmada ölçülen Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık %13'ü seviyesinde olduğu görülmüştür.

Mersin istasyonunda dağılış gösteren *S. solea*'da As yoğunluğu en yüksek 0.2133mg/kg'lık bir değerle 2011 yılının Nisanında; en düşük olarak 0.0627mg/kg ile aynı yılın Mayıs ayında belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise Mersin istasyonu dil balıkları için 0.1361mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 21). Mersin istasyonu dil balığı örneklerinde okunan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdikleri 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir

limit değer karşılaştırıldığında, bu araştırmada elde edilen en yüksek As yoğunluğunun kabul edilebilir değerin %19'u seviyelerinde kaldığı bulunmuştur.

Mersin istasyonu dil balıklarındaki Zn yoğunluğunun en yüksek 13.2479mg/kg ile 2010'un Ekim ayında, en düşük 5.4475mg/kg ile 2011 yılının Nisan ayında olduğu görülmüştür. Bu istasyon itibariyle ortalama Zn yoğunluğu ise 8.7484mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 21). Mersin istasyonu dil balığı örneklerinde okunan en yüksek Zn yoğunluğu ile Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü (Anonim 2000) ve Türk Gıda Kodeksi (Anonim 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdiği 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, okunan en yüksek Zn değerinin söz konusu değerin yaklaşık %26'sı civarında kaldığı belirlenmiştir.

Mersin istasyonunda dağılış gösteren dil balıklarında Cu yoğunluğu en yüksek 0.9263mg/kg ile 2010 yılının Kasımında ve en düşük olarak ise 0.4327mg/kg ile 2011'in Nisan ayında belirlenmiştir. Bu istasyon itibariyle ortalama Cu yoğunluğunun 0.7053mg/kg olduğu bulunmuştur (Ek 21). Mersin istasyonu dil balıklarında okunan en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdikleri 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada elde edilen 0.9263mg/kg'lık Cu yoğunluğunun söz konusu limit değerin yaklaşık olarak sadece %5'ine denk geldiği görülmüştür.

Mersin istasyonu dil balıklarında Cr yoğunluğu en yüksek 2.2242mg/kg ile 2010 yılının Eylülünde, en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının (<0.001mg/kg) altında olmak üzere, 2010'un Mayısı ile 2011 yılının Ocak ayında belirlenmiştir. Bu istasyondaki ortalama Cr yoğunluğu ise, 0.8064mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 21).

Mersin istasyonu dil balığı örneklerinin tamamında saptanan ağır metal derişim değerlerinin tüm ağır metaller için kabul edilebilir düzeyin altında olduğu bulunmuştur. Dolayısıyla bu istasyonda yaşamlarını sürdüren dil balıklarının insan

sağlığı için söz konusu ağır metaller açısından herhangi bir tehlike oluşturmadığı sonucuna varılmıştır.

Erdemli istasyonu dil balığı örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.0074mg/kg'lık değer ile 2010 yılının Temmuz ayında; en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının altında (<0.0001mg/kg) olmak üzere, 2010'un Kasım ayında belirlenmiştir. Bu tür için Erdemli istasyonunda ortalama Cd yoğunluğu 0.0016mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 22). Erdemli istasyonu dil balıklarında saptanan en yüksek Cd derişimi ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdikleri 0.1mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer ele alındığında, en yüksek olarak saptanan 0.0074mg/kg'lık Cd yoğunluğunun kabul edilebilir limit değerin sadece %7.4'ü düzeyinde olduğu tespit edilmiştir.

Erdemli istasyonundaki dil balıklarında Pb yoğunluğunun en yüksek olarak 0.0716mg/kg'lık bir değerle 2010'un Temmuzunda; en düşük olarak da 0.0214mg/kg ile 2011 yılının Mayıs ayında olduğu belirlenmiştir. Erdemli istasyonunda yaşamlarını sürdüren dil balıklarında ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0308mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 22). Erdemli istasyonunda *S. solea*'da ölçülen en yüksek değer ile Anonymous (2008)'in verdiği 0.3mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada saptanan Pb yoğunluğunun kabul edilebilir yoğunluğun yaklaşık %24'ü seviyesinde kaldığı görülmüştür.

Erdemli istasyonundan elde edilen *S. solea* örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 0.4213mg/kg'lık bir değerle 2010 yılının Haziranında; en düşük olarak 0.0520mg/kg ile aynı yılın Kasım ayında belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise Erdemli istasyonu dil balıkları için 0.1564mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 22). Erdemli istasyonu dil balığı örneklerinde okunan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in As için verdikleri 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu araştırmada bulunan en yüksek As yoğunluğunun kabul edilebilir limit değerin %42'si seviyelerinde olduğu gözlenmiştir.

Erdemli istasyonu *S. solea* örneklerinde Zn yoğunluğu en yüksek 8.2559mg/kg ile 2010'un Aralık ayında, en düşük 0.9033mg/kg ile aynı yılın Temmuz ayında belirlenmiştir. Bu istasyon itibariyle ortalama Zn yoğunluğu ise 5.3865mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 22). Erdemli istasyonu dil balığı örneklerinde belirlenen en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdikleri 50mg/kg'lık değer ele alındığında, bu çalışmada saptanan 8.2559mg/kg'lık yoğunluk değerinin kabul edilebilir limit değerin yaklaşık %16'sı civarında olduğu anlaşılmıştır.

Erdemli istasyonu itibariyle dil balıklarında Cu yoğunluğu en yüksek 0.5982mg/kg ile 2010 yılının Aralık ayında, en düşük 0.3167mg/kg ile 2011'in Mayısında belirlenmiştir. Bu istasyondaki ortalama Cu yoğunluğu ise 0.4473mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 22). Erdemli istasyonu *S. solea* örneklerinde okunan en yüksek Cu yoğunluğunun Anonymous (2000; 2002; 2008) tarafından verilen 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değerin sadece %3'ü seviyesinde olduğu görülmüştür.

Erdemli istasyonundan elde edilen *S. solea* örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 1.0396mg/kg ile 2010'un Kasım ayında; en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının (<0.001mg/kg) altında olmak üzere, 2010 yılının Eylül ayı ile 2011 yılının Ocak, Nisan ve Mayıs aylarında belirlenmiştir. Bu istasyondaki dil balıklarında ortalama Cr yoğunluğu ise 0.2566mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 22).

Erdemli istasyonu dil balığı örneklerinin tamamında okunan ağır metal yoğunluklarının ilgili ağır metal için kabul edilebilir değerden daha düşük olduğu bulunmuştur. Böylece Erdemli istasyonunda dağılış gösteren dil balıkları itibariyle söz konusu tüm ağır metallerin insan sağlığı açısından herhangi bir tehlike arz etmediği sonucuna varılmıştır.

Silifke istasyonu *S. solea* örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.0043mg/kg'lık değer ile 2010'un Ekim ayında; en düşük olarak ise 0.0018mg/kg'lık bir değer ile aynı yılın Aralık ayında belirlenmiştir. Bu tür için ortalama Cd yoğunluğu 0.0025mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 23). Silifke

istasyonu dil balıklarında saptanan 0.0043mg/kg'lık en yüksek Cd derişimi ile Anonymous (2000; 2002; 2008) tarafından Cd için verdikleri 0.1mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer ele alındığında, en yüksek olarak saptanan Cd yoğunluğunun kabul edilebilir limit değerin sadece %4'ü düzeyinde olduğu bulunmuştur.

Silifke istasyonu *S. solea*'larında Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0673mg/kg'lık bir değerle 2010 yılının Kasımında; en düşük olarak da 0.0267mg/kg ile aynı yılın Aralık ayında belirlenmiştir. Silifke istasyonunda yaşamlarını sürdüren dil balıklarında ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0438mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 23). Silifke istasyonunda *S. solea*'da ölçülen en yüksek değer ile Anonymous (2008) tarafından verilen 0.3mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada saptanan 0.0673mg/kg'lık Pb yoğunluğunun kabul edilebilir değerin yaklaşık %24'ü seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Silifke istasyonu dil balıklarında As yoğunluğu en yüksek 0.1322mg/kg'lık bir değerle 2010'un Temmuzunda; en düşük olarak 0.0490mg/kg ile 2011 yılının Nisan ayında belirlenmiştir. Bu istasyondaki dil balıkları için ortalama As yoğunluğu ise 0.0857mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 23). Silifke istasyonu itibariyle dil balığı örneklerinde saptanan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008) tarafından salık verilen 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu araştırmada bulunan 0.1339mg/kg'lık en yüksek As yoğunluğunun kabul edilebilir limit değerin ancak %13'ü seviyesinde olduğu belirlenmiştir.

Silifke istasyonu *S. solea*'larında Zn yoğunluğu en yüksek 7.7405mg/kg ile 2010 yılının Aralık ayında, en düşük 0.5765mg/kg ile aynı yılın Temmuzunda belirlenmiş olup; ortalama Zn yoğunluğu ise 4.6140mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 23). Silifke istasyonu dil balığı örneklerinde okunan en yüksek Zn yoğunluğu değerinin Anonymous (2000; 2002; 2008) tarafından önerilen 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değerin yaklaşık %15'i civarında kaldığı bulunmuştur.

Silifke istasyonu *S. solea* örneklerinde Cu yoğunluğu en yüksek 0.6180mg/kg ile 2010'un Aralık ayında, en düşük 0.2744mg/kg ile 2011 yılının Ocağında belirlenmiş; ortalama Cu yoğunluğu ise 0.4438mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 23). Silifke istasyonu dil balığı örneklerinde okunan en yüksek Cu yoğunluğunun ise Anonymous (2000; 2002; 2008) tarafından verilen 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değerin sadece %3'üne denk geldiği görülmüştür.

Silifke istasyonu dil balığı örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 0.4017mg/kg ile 2010 yılının Kasım ayında, en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının altında (<0.001mg/kg) olmak üzere, aynı yılın Haziran ve Ekim aylarında belirlenmiştir. Bu istasyondaki *S. Solea*'lar için ortalama Cr yoğunluğu ise 0.1004mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 23).

Silifke istasyonu *S. solea* örneklerinde okunan tüm ağır metal derişimlerinin kabul edilebilir düzeyin altında kaldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Silifke istasyonu dil balıklarında saptanan söz konusu ağır metallerin insan sağlığı açısından herhangi bir sorun teşkil etmediği tespit edilmiş olmaktadır (Ek 23).

Dil balığının kas dokusunda yapılan diğer ağır metal çalışmaları ile Türkiye'de tüketimine izin verilen ağır metal yoğunlukları Ek 24'te verilmiştir.

Dil balığının kas dokusu kullanılarak yapılan çalışmalarda mg/kg olarak elde edilen Cd değerleri Ersoy ve Çelik (2010) 0.08, Keskin ve ark. (2007) 0.022, Özden ve ark. (2010) 0.032, Schuhmacher ve ark. (1990) <0.002-0.296, Roth ve Hornung (1977) 0.2, Ergül ve Aksan (2013) 0.02mg/kg şeklinde olup; bu değerlerin tamamının mevcut çalışmada elde edilen 0.0020mg/kg'lık ortalama Cd değerinden oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada bulunan Cd yoğunluğu, dil balığı için Anonymous (2008) tarafından 0.1mg/kg olarak verilen kabul edilebilir en yüksek yoğunluk değerinden daha düşük bulunmuştur. Bahsi geçen çalışmalara bakıldığında, Schuhmacher ve ark. (1990) tarafından elde edilen en yüksek değer hariç, diğer tüm araştırmalardan elde edilen sonuçların bu

çalışmada tespit edilen Cd değerinde olduğu gibi, dil balığı tüketimi için izin verilen 0.1mg/kg'lık limit değerden daha düşük bulunmuştur.

Dil balığı örneklerinin kas dokusunda yapılan ölçümlerde mg/kg olarak Pb yoğunluklarını Ersoy ve Çelik (2010) 0.23, Keskin ve ark. (2007) 0.133, Özden ve ark. (2010) 0.391, Schuhmacher ve ark. (1990) 0.096-0.476, Roth ve Hornung (1997) 0.3 ve Ergül ve Aksan (2013) ise 0.03mg/kg olarak bulmuşlardır. Bu araştırmada ise dil balığındaki ortalama Pb değeri 0.0327mg/kg olarak saptanmıştır. Anonymous (2008) tarafından verilen dil balığı için insan tüketimi açısından kabul edilen en yüksek değer 0.3mg/kg'dır. Bu çalışmada ve yukarıda bahsi geçen çalışmalardan Schuhmacher ve ark. (1990) ve Özden ve ark. (2010) tarafından yapılan araştırmalar hariç diğer tüm çalışmalardaki Pb yoğunlukları Anonymous (2008) tarafından verilen değerden daha düşük bulunmuştur. Kadmiyumda olduğu gibi, Pb yoğunluklarında da yapılan söz konusu çalışmalarda bu çalışmadan daha yüksek yoğunlukların tespit edildiği belirlenmiş durumdadır.

As yoğunluklarına bakıldığında, Özden ve ark. (2010)'un İstanbul balıkçı halinden örnekledikleri dil balıklarında 0.333mg/kg, Ergül ve Aksan (2013)'ün Karadeniz'den elde ettikleri dil balıklarında 11mg/kg'lık bir yoğunluk buldukları görülmektedir. Özden ve ark. (2010) tarafından rapor edilen değer bu çalışmada elde edilen 0.1361mg/kg'lık değerden fazla olsa da; her iki çalışmadan elde edilen yoğunlukların Anonymous (2008) tarafından verilen 1mg/kg'lık kabul edilebilir değerden daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Ergül ve Aksan (2013) tarafından elde edilen değer ise hem bu çalışmadan hem de Anonymous (2008) tarafından verilen 1mg/kg'lık kabul edilebilir değerden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Dil balıklarının kas dokusunda Zn yoğunluğu çalışan Ersoy ve Çelik (2010) 2.45mg/kg yaş ağırlık, Özden ve ark. (2010) 18.927mg/kg yaş ağırlık, Roth ve Hornung (1997) 22.1mg/kg kuru ağırlık ve Ergül ve Aksan (2013) 18.4mg/kg kuru ağırlık değerlerini bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise Zn değerinin 6.2496mg/kg yaş ağırlık olarak bulunduğu ve bu değerin Ersoy ve Çelik (2010) tarafından rapor edilen değer hariç diğerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür.

Ancak araştırmalarda bulunan hiçbir Zn derişiminin dil balığı için Anonymous (2008)'in Zn tüketim değeri itibariyle üst limit olarak verdiği 50mg/kg'lık değeri aşmadığı görülmüştür.

Ek 24'te verilen çalışmalardan da görüldüğü gibi, dil balığının kas dokundaki Cu yoğunluğunu Ersoy ve Çelik (2010) 1.285, Keskin ve ark. (2007) 0.370, Özden ve ark. (2010) 1.062, Roth ve Hornung (1997) 1.4, Ergül ve Aksan (2013) ise 2.05mg/kg olarak rapor etmişlerdir. Bu çalışmada dil balığı örneklerindeki ortalama Cu miktarı 0.5321mg/kg olarak tespit edilmiş olup; bu değerin Keskin ve ark. (2007) hariç, diğer çalışmalarda bildirilen yoğunluklardan daha düşük olduğu görülmüştür. Ancak dil balığında Cu için Anonymous (2008) tarafından verilen üst limit değerin 20mg/kg olduğu düşünüldüğünde, dil balığında söz konusu çalışmalarda elde edilen tüm değerlerin bu limit değerden oldukça düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

Akdeniz sular sisteminde dağılış gösteren *S. solea* örneklerinde yapılan Cr çalışmalarında Ersoy ve Çelik (2010) 0.04, Özden ve ark. (2010) 1.297, Roth ve Hornung (1997) 1.1, Ergül ve Aksan (2013) ise 1.44mg/kg'lık sonuçları rapor etmişlerdir. Bu çalışmada ortalama Cr yoğunluğunun 0.3878mg/kg düzeyinde olduğu görülmüş ve dolayısıyla bu sonuç Ersoy ve Çelik (2010) tarafından rapor edilen sonuçtan daha yüksek olmakla birlikte; diğer çalışmalarda elde edilen değerlerden daha düşük olduğu dikkati çekmiştir.

4.5.2. Dil Balığı (*Solea solea*)'da Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi

Çalışmanın yapıldığı Mersin Körfezi'nde yer alan Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarından örneklenen *S. solea* bireylerinde mevsimsel olarak hesaplanan ortalama ağır metal yoğunlukları Ek 25'te verilmiştir.

Dil balığı örneklerindeki Kadmiyumun en yüksek mevsimsel ortalamasına Erdemli istasyonunda ve yaz mevsiminde 0.0036mg/kg olarak; en düşük yoğunluğa ise yine aynı istasyonda AAS duyarlılık sınırının altında olmak üzere (<0.005), sonbahar mevsiminde rastlanmıştır. İstasyon ortalamaları dikkate

alındığında, Cd yoğunluğunun Silifke>Mersin>Erdemli istasyonu şeklinde bir sıralamanın gerçekleştiği görülmüştür.

Dil balığı bireylerinde en yüksek Pb yoğunluğu Silifke istasyonunda 0.0501mg/kg'lık değer ile sonbaharda; en düşük Pb yoğunluğu ise Mersin istasyonunda ve 0.0197mg/kg ile kış mevsiminde bulunmuştur. Ortalama Pb yoğunluğu bakımından istasyonların Silifke>Erdemli>Mersin şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir.

Dil balığı örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 0.2167mg/kg'lık bir değer ile Erdemli istasyonunda ve yaz mevsiminde; en düşük olarak 0.0679mg/kg'lık değer ile Silifke istasyonunda ve ilkbaharda belirlenmiştir. İstasyon bazında ortalama As yoğunluğunun Erdemli>Mersin>Silifke istasyonu şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir.

S. solea örneklerinde mevsimler açısından en yüksek Zn yoğunluğuna Mersin istasyonunda ve sonbaharda 10.4177mg/kg'lık değerle; en düşük olarak ise, yaz mevsimde ve Silifke istasyonunda 3.3401mg/kg olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar itibariyle en yüksek Zn değerinin sonbahar mevsiminde olduğu tespit edilmiştir. İstasyonlar bakımından Zn yoğunluğu sıralamasının Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde gerçekleştiği bulunmuştur.

Dil balığında en yüksek Cu değerinin 0.7925mg/kg ile sonbahar mevsiminde ve Mersin istasyonunda; en düşük değerin ise, 0.3435mg/kg ile Erdemli istasyonunda ve ilkbaharda olduğu bulunmuştur. İstasyonlar bakımından Cu yoğunluğu sıralamasının Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Krom açısından en yüksek mevsimsel ortalamanın 1.0884mg/kg ile Mersin istasyonunda ve sonbaharda; en düşük yoğunluğun ise 0.0079mg/kg ile Silifke istasyonunda ve ilkbahar mevsiminde olduğu belirlenmiştir. İstasyonlar bakımından ortalama Cr yoğunluğu sıralamasının Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde oluştuğu görülmüştür.

Mersin Körfezi dil balığı örneklerinde yapılan istatistiksel analiz sonucunda Pb, Zn ve Cu yoğunlukları açısından istasyonlar arasındaki farkın önemli olduğu ($p>0,01$); Cu yoğunlukları açısından ise mevsimler arasındaki farkın önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,01$).

İstasyonlar açısından önemli bulunan metallerden Silifke>Erdemli>Mersin sıralaması olan Pb hariç diğer iki metalde istasyon sıralamasının Mersin>Erdemli>Silifke şeklinde olduğu belirlenmiştir. Pb hariç diğer iki metal sıralamasının sanayi ve nüfus kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Bakırdaki mevsimsel farklılıkların ise yoğunluğun oldukça düşük olması sebebiyle doğal olarak kabul edilebileceği öngörülmüştür.

4.6. Mırmır (*Lithognathus mormyrus*)'ta Ağır Metal Düzeyleri

4.6.1. Mırmır (*Lithognathus mormyrus*)'ta Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi

Mırmırın kas doku yaş ağırlığında olmak üzere, Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarında mg/kg olarak okunan ağır metal düzeylerinin aylık değişimi sırasıyla Ek 26; Ek 27 ve Ek 28'de verilmiştir.

Mersin istasyonundaki *L. mormyrus*'ta Cd yoğunluğu en yüksek 0.0489mg/kg'lık değer ile 2010 yılının Eylül ayında; en düşük olarak ise 0.0009mg/kg'lık bir değer ile aynı yılın Ekim ayında belirlenmiştir. Bu tür için ortalama Cd yoğunluğu 0.0107mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 26). Mersin istasyonu mırmırlarında saptanan en yüksek Cd derişiminin Türk Gıda Kodeksi (Anonymus, 2008)'in bu ağır metal için verdiği 0.05mg/kg'lık kabul edilebilir limitin %98'i düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Mersin istasyonu mırmırlarında Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0765mg/kg'lık bir değerle 2010'un Ağustosunda; en düşük olarak da 0.0288mg/kg ile aynı yılın Aralık ayında belirlenmiştir. Mersin istasyonunda yaşamlarını sürdüren mırmırlardaki ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0516mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 26). Bu istasyon itibariyle *L. mormyrus*'ta ölçülen

0.0765mg/kg'lık en yüksek değer ile Türk Gıda Kodeksi (Anonim, 2008)'in verdiği 0.3mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada ölçülen Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık %10'u seviyesinde olduğu görülmüştür.

Mersin istasyonunda dağılış gösteren *L. mormyrus*'ta As yoğunluğu en yüksek 0.0797mg/kg'lık bir değerle 2010'un Ağustosunda; en düşük olarak ise 0.0579mg/kg ile 2010 yılının Kasım ayında belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu Mersin istasyonu mırmırları için 0.0679mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 26). Bu istasyondaki mırmır örneklerinde okunan en yüksek As yoğunluğu ile Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü (Anonymus 2000) ve Türk Gıda Kodeksi (Anonymus 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdiği 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada belirlenen yoğunluğun kabul edilebilir değerin sadece %8'i seviyesinde olduğu görülmüştür.

Mersin istasyonu mırmırlarındaki Zn yoğunluğu en yüksek 18.3539mg/kg ile 2010 yılı Kasımında, en düşük 1.1047mg/kg ile aynı yılın Temmuz ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 9.1888mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 26). Mersin istasyonu mırmır örneklerinde okunan en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymus (2000; 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdiği 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, en yüksek Zn yoğunluğunun söz konusu değerin yaklaşık %36'sı civarında olduğu belirlenmiştir.

Mersin istasyonunda yaşamlarını sürdüren mırmırlarda Cu yoğunluğu en yüksek 1.1198mg/kg ile 2010'un Ağustosunda, en düşük 0.7736mg/kg ile yine aynı yılın Aralık ayında belirlenmiştir. Ortalama Cu yoğunluğu ise 0.8460mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 26). Mersin istasyonu mırmır örneklerinde okunan en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymus (2000; 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdiği 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, en yüksek Cu yoğunluğunun söz konusu değerin sadece %4'üne denk geldiği görülmüştür.

Mersin istasyonu mırmırlarındaki Cr yoğunluğu en yüksek 0.2654mg/kg ile 2010 yılı Ağustos ayında, en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının altında olmak üzere (<0.0005mg/kg), 2010 yılının Ekim ve Aralık ayları ile 2011'in Ocak, Şubat ve Mayıs aylarında belirlenmiştir. Ortalama Cr yoğunluğu ise 0.0853mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 26).

Mersin istasyonu mırmır örnekleri içerisinde sadece 2010 yılı Eylül ayı örneklerinden birindeki Cd yoğunluğu kabul edilebilir limitin üzerinde bulunmuştur. Ancak diğer bütün örneklerden elde edilen sonuçların tüm ağır metaller için kabul edilebilir düzeyin altında olduğu belirlenmiştir.

Erdemli istasyonu mırmır örneklerinde Cd yoğunluğu, en yüksek 0.0786mg/kg'lık değer ile 2010'un Eylülünde; en düşük olarak ise 0.0006mg/kg'lık bir değer ile aynı yılın Ekim ayında belirlenmiştir. Bu tür için Erdemli istasyonu itibariyle ortalama Cd yoğunluğu 0.0127mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 27). Erdemli istasyonu mırmırlarında saptanan 0.0786mg/kg'lık en yüksek Cd derişimi ile Anonymus (2008)'in bu metal için verdiği 0.05mg/kg'lık kabul edilebilir limit karşılaştırıldığında, saptanan değerin tolere edilebilir yoğunluğun neredeyse %156'sı düzeyinde olduğu saptanmıştır.

Erdemli istasyonu mırmırlarında Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.1850mg/kg'lık bir değerle 2011'in Ocağında; en düşük olarak da 0.0088mg/kg ile 2010 yılının Ekim ayında belirlenmiştir. Erdemli istasyonunda yaşamlarını sürdüren mırmırlarda ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0834mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 27). Erdemli istasyonunda *L. mormyrus*'ta ölçülen en yüksek değer ile Anonymus (2008)'in Pb için verdiği 0.3mg/kg'lık kabul edilebilir limit karşılaştırıldığında, belirlenen Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık %60'ı seviyesinde kaldığı görülmüştür.

Erdemli istasyonundan elde edilen *L. mormyrus* örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 0.0810mg/kg'lık bir değerle 2010 yılının Temmuzunda; en düşük olarak 0.0496mg/kg ile 2011'in Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise Mersin istasyonu mırmırları için 0.0640mg/kg olarak saptanmıştır

(Ek 27). Mırmır örneklerinde Erdemli istasyonunda saptanan 0.0810mg/kg'lık en yüksek As yoğunluğu ile Anonymus (2000; 2002 ve 2008)'in As için verdiği 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, saptanan yoğunluğun kabul edilebilir limit yoğunluğun sadece %8.1'i seviyelerinde olduğu gözlenmiştir.

Erdemli istasyonu *L. mormyrus* örneklerinde Zn yoğunluğu en yüksek 13.9259mg/kg ile 2010 yılının Kasım ayında ve en düşük 1.2264mg/kg ile aynı yılın Temmuz ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 7.3449mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 27). Erdemli istasyonu mırmır örneklerinde okunan 13.9259mg/kg'lık en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymus (2000; 2002; 2008)'in verdiği 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, belirlenen en yüksek Zn yoğunluğunun kabul edilebilir limit değerin %28'ini oluşturduğu anlaşılmıştır.

Erdemli istasyonundaki mırmırlarda Cu yoğunluğu en yüksek 1.0206mg/kg ile 2010 yılı Kasımında; en düşük olarak ise 0.2331mg/kg ile 2011'in Ocak ayında saptanmıştır. Ortalama Cu yoğunluğu 0.6274mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 27). Erdemli istasyonu *L. mormyrus* örneklerinde okunan en yüksek 1.0206mg/kg'lık Cu yoğunluğu ile Anonymus (2000; 2002; 2008) tarafından verilen 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, en yüksek değer olarak saptanan bu Cu yoğunluğunun bile kabul edilebilir limit değerin ancak %5'i seviyesinde kaldığı görülmüştür.

Erdemli istasyonunda yaşamlarını sürdüren mırmırlarda Cr yoğunluğu en yüksek 0.3037mg/kg ile 2010'un Ekiminde; en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının altında olmak üzere (<0.0005mg/kg), 2010 yılının Aralık ayında ölçülmüştür. Ortalama Cr yoğunluğu ise 0.1821mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 27).

Erdemli istasyonu mırmır örnekleri içerisinde 2010 yılı Eylül ayı örneklerinin tamamı ve 2011 yılı Mayıs ayı örneklerinin birinde saptanan Cd değerinin Anonymus (2008)'in bu metal için verdiği 0.05mg/kg'lık kabul edilebilir limit değerin üzerinde olduğu bulunmuştur. Ancak diğer bütün örneklerde

belirlenen derişim değerleri, tüm ağır metaller için kabul edilebilir düzeyin altında bulunmuştur.

Silifke istasyonu *L. mormyrus*'larında Cd yoğunluğu en yüksek 0.0479mg/kg'lık değer ile 2010 yılı Eylülünde; en düşük olarak ise 0.0017mg/kg'lık bir değer ile 2011 yılının Ocak ayında belirlenmiştir. Bu tür için Silifke istasyonu mırmırlarındaki ortalama Cd yoğunluğu 0.0108mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 28). Silifke istasyonu mırmırlarında saptanan 0.0479mg/kg'lık en yüksek Cd derişimi ile Anonymus (2008)'in bu metal için verdiği 0.05mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, belirlenen bu en yüksek değerin kabul edilebilir limitin %96'sı düzeyinde olduğu bulunmuştur.

Silifke istasyonu *L. mormyrus*'larında Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.1407mg/kg'lık bir değerle 2011 yılı Ocağında; en düşük olarak da 0.0361mg/kg ile 2010'un Ağustos ayında belirlenmiştir. Silifke istasyonunda yaşamlarını sürdüren mırmırlarda ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0658mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 28). Silifke istasyonu *L. mormyrus*'larında ölçülen en yüksek değer ile Anonymus (2008)'in Pb için verdiği 0.3mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, ölçülen Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık %47'si seviyesinde olduğu görülmüştür.

Silifke istasyonu mırmır örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 0.0933mg/kg'lık bir değerle 2010'un Kasımında; en düşük olarak 0.0495mg/kg ile 2011 yılının Şubat ayında belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise Silifke istasyonu mırmırları için 0.0681mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 28). Silifke istasyonundaki mırmır örneklerinde okunan 0.0933mg/kg'lık en yüksek As yoğunluğu ile Anonymus (2000; 2002 ve 2008)'in bu ağır metal için verdiği 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bulunan değerin kabul edilebilir limitin %9.3'ü seviyesinde kaldığı saptanmıştır.

Silifke istasyonunda yaşamlarını sürdüren mırmırlarda Zn yoğunluğu en yüksek 12.3790mg/kg ile 2010 yılının Aralık ayında, en düşük olarak 1.1277mg/kg'lık değer ile aynı yılın Temmuz ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn

yoğunluğu ise 8.4766mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 28). Silifke istasyonu mırmır örneklerinde okunan en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymus (2000; 2002; 2008)'in Zn için verdiği 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, belirlenen en yüksek Zn yoğunluğunun kabul edilebilir tolere değerin yaklaşık %25'i seviyesinde olduğu anlaşılmıştır.

Silifke istasyonunda mırmır örneklerinde Cu yoğunluğu en yüksek 1.2732mg/kg ile 2010'un Ekiminde, en düşük 0.5061mg/kg ile 2011'in Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Cu yoğunluğu ise 0.8744mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 28). Silifke istasyonu *L. mormyrus* örneklerinde saptanan en yüksek Cu yoğunluğunun ise Anonymus (2000; 2002; 2008)'in belirttiği 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değerin yaklaşık %6'sına denk geldiği görülmüştür.

Silifke istasyonu *L. mormyrus* örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 0.2912mg/kg ile 2010 yılının Ekim ayında; en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının altında olmak üzere (<0.0005mg/kg), 2010'un Temmuz, Aralık ve 2011 yılının Ocağında ölçülmüştür. Ortalama Cr yoğunluğu ise 0.1426mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 28).

Silifke istasyonu *L. mormyrus*'larına ait Eylül ayı örneklerinin birinde Cd yoğunluğu, Anonymus (2008)'in bu metal için verdiği 0.05mg/kg'lık kabul edilebilir limit değerin üzerinde bulunmuştur. Ancak diğer bütün örneklerde saptanan ağır metal yoğunluklarının tüm ağır metaller için kabul edilebilir düzeyin altında olduğu belirlenmiştir (Ek 29).

Mırmırda kas doku kullanılarak yapılan diğer ağır metal düzeyi belirleme çalışmaları ile bu çalışma sonuçları ve Türkiye'de insan sağlığı için izin verilen ağır metal yoğunlukları Ek 29'da verilmiştir.

Uysal ve ark. (2008), Antalya Beymelek Lagünü'nden elde ettikleri mırmır örneklerinin kas doku yaş ağırlığında Zn, Cu ve Cr yoğunluklarını araştırarak, Zn yoğunluğunu 5.83mg/kg, Cu düzeyini ise 1.54mg/kg olarak bulmuşlardır. Cr derişiminin ise ölçülebilir değerin altında olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada elde edilen ağır metal yoğunlukları ile Uysal ve ark. (2008)'in rapor ettikleri değerler

karşılaştırıldığında, her iki çalışmanın sonuçlarının birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Tepe (2009) Kuzey Ege Denizi, Antalya Körfezi ve İskenderun Körfezi'nden elde ettiği mırmır örneklerinde Cd, Cr, Cu, Pb, Zn ve diğer bazı ağır metallerin yoğunluklarını araştırmıştır. Sözü edilen araştırıcının elde ettiği sonuçlar ile bu çalışmada saptanan değerler karşılaştırıldığında, Tepe (2009) tarafından çalışılan tüm metallerin yoğunluklarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Söz konusu çalışmada Antalya Körfezi ve İskenderun Körfezi mırmırlarındaki Cd yoğunlukları ve İskenderun Körfezi ve Kuzey Ege Denizi örneklerinde bulunan Pb değerleri Anonymus (2008)'de insan tüketimi için izin verilen değerlerden de daha yüksek bulunmuştur.

Kress ve ark. (1999), İsrail'in Hayfa Körfezi'nden elde ettikleri mımır örneklerinde Cd, Cu ve Zn yoğunluklarını araştırmışlar ve Cd hariç diğer iki ağır metalin düzeyini bu çalışmadan daha düşük bulmuşlardır.

Abdallah (2008)'in Mısır'ın İskenderiye kıyılarından örneklediği mırmır balıklarında Pb, Cd, Zn, Cu ve Cr yoğunluklarını araştırmış ve Cr hariç tüm metaller bu çalışmadan daha yüksek bulunmuştur. Söz konusu çalışmada tespit edilen Pb ve Cd düzeylerini hem bu çalışmadan elde edilen hem de Anonim (2008) tarafından verilen kabul edilebilir düzeylerden oldukça yüksek bulmuştur.

Külcü ve ark. (2014) Mersin Körfezi'nde yaptıkları çalışmada mırmır için Cd yoğunluğunu 5.6 mg/kg, Zn yoğunluğunu 26.91mg/kg, Cu yoğunluğunu ise 1.09mg/kg ile bu çalışmada tespit edilen Zn ve Cu yoğunluklarından daha fazla bulmuşlardır.

Yabanlı ve Alparslan (2015)'in Güney Ege'de yaptıkları çalışmalarında mırmırda Cd, Pb, Cu ve Cr yoğunluklarını araştırmışlardır. Söz konusu çalışmada Cu hariç tüm ağır metaller bu çalışmadakinden daha yüksek bulunmuştur.

4.6.2. Mırmır (*Lithognathus mormyrus*)'ta Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi

Çalışmanın yapıldığı Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarından temin edilen *L. mormyrus* örneklerinin kas doku yaş ağırlığında istasyon bazında ve mevsimsel olarak ölçülen ortalama ağır metal yoğunlukları Ek 30'da verilmiştir.

L. mormyrus'ta saptanan Kadmiyumun en yüksek mevsimsel ortalaması Erdemli istasyonunda ve sonbahar mevsiminde 0.0272mg/kg olarak belirlenmiştir. Mevsimlere göre en düşük Cd ortalaması ise Erdemli istasyonunda olmak üzere, kış mevsiminde 0.0016mg/kg düzeyinde bulunmuştur. İstasyon ortalamaları dikkate alındığında, Cd yoğunluğunun Erdemli>Mersin>Silifke istasyonu şeklinde bir diziliş şablonu sergilediği görülmüştür. Mırmır örneklerinde kadmiyumun mevsimsel değişimi incelendiğinde, her üç istasyonda da sonbaharda elde edilen Cd yoğunluğunun diğer yoğunluk değerlerine oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kışın elde edilen örneklerdeki Cd derişiminin ise, diğer mevsimlerde saptananlara göre daha düşük olduğu bulunmuştur. İstasyonlar açısından Erdemli istasyonu örneklerinin diğer iki istasyondakilere göre daha yüksek yoğunlukta Cd içerdiği tespit edilmiştir.

L. mormyrus'larda en yüksek ve en düşük Pb yoğunluğu Erdemli istasyonunda olmak üzere, sırasıyla 0.1262mg/kg'lık bir değer ile kış mevsiminde ve 0.0394mg/kg'lık değerle de sonbaharda bulunmuştur. Ortalama Pb yoğunluğu bakımından istasyonların Erdemli>Silifke>Mersin şeklinde sıralandığı görülmüştür.

Mırmır örneklerindeki As yoğunluğu en yüksek 0.0781mg/kg'lık değer ile Silifke istasyonunda ve sonbahar örneklerinde; en düşük 0.0590mg/kg'lık değer ile Erdemli istasyonunda ve kış mevsiminde belirlenmiştir. İstasyon bazında ortalama As yoğunluğunun Silifke>Mersin>Erdemli istasyonu şeklinde sıralandığı belirlenmiştir.

Mırmır örneklerinde mevsimler itibariyle en yüksek Zn yoğunluğunun Mersin istasyonunda ve sonbaharda 13.8129mg/kg'lık değere sahip olduğu; en

düşük olarak ise yaz mevsimde ve Erdemli istasyonunda 3.5638mg/kg'lık düzeyde olduğu bulunmuştur. Tüm istasyonlarda en yüksek Zn değerinin sonbaharda; en düşük değerin ise yaz mevsiminde olduğu tespit edilmiştir.

L. mormyrus örneklerinde mevsimsel olarak en yüksek Cu değerinin 1.0544mg/kg ile sonbaharda ve Silifke istasyonunda; en düşük değerin ise 0.4192mg/kg ile Erdemli istasyonunda ve kış mevsiminde olduğu bulunmuştur. İstasyonlar bakımından Cu yoğunluğu sıralamasının Silifke>Mersin>Erdemli şeklinde gerçekleştiği görülmüştür.

Mırmırda okunan Cr sonuçları incelendiğinde, Cr yoğunluğu açısından en yüksek mevsimsel ortalama değere 0.2684mg/kg ile Erdemli istasyonunda ve sonbaharda; en düşük yoğunluk değerine ise AAS'nin okuma aralığının altında olmak üzere, Mersin istasyonunda ve kışın rastlanmıştır. İstasyonlar bakımından ortalama Cr yoğunluğunun Erdemli>Silifke>Mersin şeklinde oluştuğu belirlenmiştir.

Mersin Körfezi mırmır balıklarındaki metal yoğunluklarının istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, Cu ve Cr için mırmır ve istasyonlar arasındaki etkileşimin ($P<0.01$) düzeyinde; Zn ve Cu için ise mırmır ve mevsimler arasındaki etkileşimin ($P<0.05$) düzeyinde, Cd ve Cr için ise ($P<0.01$) düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Diğer metal ve parametrelerde ise istatistiksel açıdan önemli olan herhangi bir etkileşim gözlenmemiştir.

İstatistiksel açıdan önemli bulunan yoğunluklar incelendiğinde, mevsimsel yoğunlukların en fazla sonbahar aylarında olduğu gözlenmiştir. Bu durum tarımsal kimyasalların daha fazla kullanılmasına bağlanabilir. Söz konusu kimyasalların yağışla birlikte denize ulaştırılması sonucu bu artışın meydana geldiği tahmin edilmiştir.

Bakır açısından istasyonlar arasındaki farklılıklara bakıldığında, Erdemli istasyonunda diğer iki istasyona göre daha düşük olduğu görülmüştür. Krom açsından ise Mersin istasyonu diğer iki istasyona oranla daha düşük bulunmuştur. Ancak istatistiksel açıdan farklılıkları önemli bulunan her iki metalin yoğunluğu,

izin verilen değerlerin oldukça altında bulunduğundan, mırmırın tüketimi ve yaşam koşulları açısından herhangi bir tehlike arz etmediği söylenebilir.

4.7. Keserbaş Barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus. 1758)'de Ağır Metal Düzeyleri

4.7.1. Keserbaş Barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus. 1758)'de Ağır Metal Düzeylerinin Aylık Değişimi

M. barbatus'un kas doku yaş ağırlığında olmak üzere, Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarında mg/kg olarak belirlenen ağır metal düzeylerinin aylık değişimleri sırasıyla Ek 31; Ek 32 ve Ek 33'te verilmiştir.

Mersin istasyonu *M. barbatus*'larında Cd yoğunluğu en yüksek 0.0065mg/kg'lık değer ile 2010'un Eylül ayında; en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının (<0.0001mg/kg) altında olmak üzere, aynı yılın Kasım ayında belirlenmiştir. Bu tür için ortalama Cd yoğunluğu 0.0019mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 31). Mersin istasyonu keserbaş barbunyalarında saptanan en yüksek Cd derişiminin Anonymous (2000; 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdikleri 0.05mg/kg'lık kabul edilebilir limitin %13'ü düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Mersin istasyonu keserbaş barbunyalarında Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0467mg/kg'lık bir değerle 2010'un Kasımında; en düşük olarak da 0.0311mg/kg ile aynı yılın Ağustos ayında belirlenmiştir. Mersin Körfezi'nde yaşamlarını sürdüren keserbaş barbunyalarda ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0385mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 31). Mersin istasyonu itibariyle keserbaş barbunyalarda ölçülen en yüksek değer ile Türk Gıda Kodeksi (Anonymous, 2008)'in verdiği 0.3mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada ölçülen Pb yoğunluğunun kabul edilebilir değerin yaklaşık %16'sı seviyesinde olduğu görülmüştür.

Mersin istasyonunda dağılış gösteren keserbaş barbunyalarda As yoğunluğu en yüksek 0.1147mg/kg'lık bir değerle 2011 yılının Ağustosunda; en düşük olarak 0.0247mg/kg ile aynı yılın Kasım ayında belirlenmiştir. Ortalama As

yoğunluğu ise Mersin istasyonundaki keserbaş barbunyaları için 0.0812mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 31). Bu istasyon itibariyle Keserbaş barbunya örneklerinde okunan 0.1147mg/kg'lık en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in As için verdikleri 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit yoğunluk karşılaştırıldığında, bu çalışmada belirlenen yoğunluğun kabul edilebilir değerin %11.4'ü seviyesinde olduğu görülmüştür.

Mersin istasyonu *M. barbatus*'larında Zn yoğunluğu en yüksek 8.6395mg/kg ile 2010 yılının Kasım ayında, en düşük 1.5217mg/kg ile 2011'in Ocak ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 6.1995mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 31). Mersin istasyonu keserbaş barbunya örneklerinde okunan en yüksek 8.6395mg/kg'lık Zn yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdiği 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, en yüksek Zn değerinin dahi söz konusu değerin yaklaşık %17'si civarında olduğu ortaya çıkmıştır.

Mersin istasyonu keserbaş barbunyalarında Cu yoğunluğu en yüksek 0.9913mg/kg ile 2010'un Haziranında; en düşük olarak 0.8620mg/kg ile aynı yılın Kasım ayında belirlenmiştir. Ortalama Cu yoğunluğu ise 0.9249mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 31). Mersin istasyonundaki keserbaş barbunyalarda belirlenen 0.9913mg/kg'lık en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in Cu için verdiği 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, en yüksek Cu yoğunluğunun söz konusu değerin yaklaşık olarak ancak %5'ine denk gelebildiği görülmüştür.

Mersin istasyonundaki keserbaş barbunyalarda Cr yoğunluğu en yüksek 0.4574mg/kg ile 2010 yılının Aralığında, en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının (<0.001mg/kg) altında olmak üzere 2010'un Hazian, Ekim ve Kasım ayları ile 2011 yılının Şubat, Mart ve Mayıs aylarında belirlenmiştir. Ortalama Cr yoğunluğu ise 0.0734mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 31).

Mersin istasyonu keserbaş barbunya örneklerinin tamamında saptanan ağır metal yoğunluklarının tüm ağır metaller için kabul edilebilir düzeyin altında olduğu

bulunmuştur. Böylece söz konusu ağır metaller açısından Mersin istasyonu keserbaş barbunyaları için insan sağlığı açısından herhangi bir tehlikenin olmadığı tespit edilmiş olmaktadır.

Erdemli istasyonu keserbaş barbunya örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.0083mg/kg'lık değer ile 2010'un Eylül ayında; en düşük olarak ise 0.0007mg/kg'lık bir değer ile aynı yılın Ekim ayında belirlenmiştir. Bu tür için ortalama Cd yoğunluğu. 0.0035mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 32). Erdemli istasyonu keserbaş barbunyalarında saptanan 0.0083mg/kg'lık en yüksek Cd derişimi ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in bu ağır metal için verdikleri 0.05mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, saptanan en yüksek yoğunluk değerinin kabul edilebilir limit yoğunluğun sadece %16'sını teşkil ettiği tespit edilmiştir.

Erdemli istasyonundaki keserbaş barbunyalarında Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0536mg/kg'lık bir değerle 2010'un Aralık ayında; en düşük olarak da 0.0003mg/kg ile aynı yılın Ekim ayında belirlenmiştir. Erdemli istasyonunda yaşamlarını sürdüren keserbaş barbunyalarda ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0339mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 32). Erdemli istasyonunda *M. barbatus*'ta ölçülen en yüksek yoğunluk değeri ile Anonymous (2008)'in verdiği 0.3mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, ölçülen Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık %18'i seviyesinde kaldığı anlaşılmıştır.

Erdemli istasyonundan elde edilen *M. barbatus* örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 0.3420mg/kg'lık bir değerle 2010 yılının Ekiminde; en düşük olarak 0.0395mg/kg ile aynı yılın Temmuzunda belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise bu istasyondaki keserbaş barbunyalar için 0.1070mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 32). Keserbaş barbunya örneklerinde Erdemli istasyonunda okunan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'de rapor edilen As için verdikleri 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada bulunan yoğunluğun kabul edilebilir limit değerin %10.1'i seviyesinde olduğu gözlenmiştir.

Erdemli istasyonundaki *M. barbatus*'larda Zn yoğunluğu en yüksek 7.5754mg/kg ile 2011 yılının Mayısında, en düşük 0.4018mg/kg ile 2010'un Temmuz ayında belirlenmiştir. Ortalama Zn yoğunluğu ise 4.6548mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 32). Erdemli istasyonu keserbaş barbunya örneklerinde saptanan 7.5754mg/kg'lık en yüksek Zn yoğunluğu ile Anonymus (2000; 2002; 2008)'in Zn için verdiği 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer ele alındığında, bu çalışmada belirlenen en yüksek Zn yoğunluğunun tolere edilebilir değerin yaklaşık %15'i seviyesinde olduğu bulunmuştur.

Erdemli istasyonu keserbaş barbunyalarında Cu yoğunluğu en yüksek olarak 1.3424mg/kg ile 2010'un Eylülünde; en düşük olarak ise 0.4190mg/kg ile 2011 yılının Ocak ayında belirlenmiştir. Erdemli istasyonu keserbaş barbunyalarındaki ortalama Cu yoğunluğunun 0.7848mg/kg olduğu belirlenmiştir (Ek 32). Erdemli istasyonu *M. barbatus* örneklerinde okunan en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in Cu için verdikleri 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, belirlenmiş olan en yüksek yoğunluğun tolere edilebilir değerin ancak %6.5'ine denk geldiği görülmüştür.

Erdemli istasyonundan elde edilen *M. barbatus* örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 0.3048mg/kg ile 2010'un Kasımında, en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının altında (<0.001mg/kg) olmak üzere, 2011 yılının Ocak ayında belirlenmiştir. Bu istasyondaki *M. barbatus*'larda ortalama Cr yoğunluğunun ise 0.1410mg/kg olduğu bulunmuştur (Ek 32).

Erdemli istasyonu keserbaş barbunya örneklerinde belirlenen ağır metal derişimlerinin tamamı kabul edilebilir değerlerden daha düşük bulunmuş olup; söz konusu edilen ağır metaller açısından insan sağlığı için henüz tehlike arz eden herhangi bir değere rastlanmamıştır.

Silifke istasyonu *M. barbatus* örneklerinde Cd yoğunluğu en yüksek 0.0072mg/kg'lık değer ile 2010 yılının Eylül ayında; en düşük olarak ise 0.0025mg/kg'lık bir değer ile 2011'in Ocak ve Mart aylarında belirlenmiştir. Bu tür için ortalama Cd yoğunluğu 0.0041mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 33). Silifke

istasyonu keserbaş barbunyalarında saptanan en yüksek Cd derişimi, Anonymous (2000; 2002; 2008) tarafından verilen 0.05mg/kg'lık kabul edilebilir limitin %14'ü düzeyinde bulunmuştur.

Silifke istasyonu itibariyle *M. barbatus*'un kas doku yaş ağırlığındaki Pb yoğunluğu en yüksek olarak 0.0488mg/kg'lık bir değerle 2011'in Mayısında; en düşük olarak ise 0.0344mg/kg ile 2010 yılının Ekim ayında belirlenmiştir. Silifke istasyonunda yaşamlarını sürdüren keserbaş barbunyalarda ortalama Pb yoğunluğu ise 0.0413mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 33). Silifke istasyonunda *M. barbatus*'ta ölçülen 0.0488mg/kg'lık en yüksek yoğunluk değeri ile Anonymous (2008) tarafından verilen 0.3mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, ölçülen Pb derişiminin kabul edilebilir değerin yaklaşık %14'ü seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Silifke istasyonu keserbaş barbunya örneklerinde As yoğunluğu en yüksek 0.1714mg/kg'lık bir değerle 2010 yılının Kasımında; en düşük olarak 0.0464mg/kg ile aynı yılın Temmuz ayında belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu ise Mersin istasyonu keserbaş barbunyaları için 0.1041mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 33). Keserbaş barbunya örneklerinde okunan en yüksek As yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in As için verdikleri 1.0mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bulunan en yüksek değerin dahi kabul edilebilir limitin %17'si seviyesinde olduğu belirlenmiştir.

Silifke istasyonu *M. barbatus* örneklerinde Zn yoğunluğu en yüksek 6.1820mg/kg ile 2010'un Aralığında, en düşük olarak ise 0.2808mg/kg ile aynı yılın Temmuz ayında belirlenmiştir. Bu istasyonda ortalama Zn yoğunluğunun 4.1880mg/kg olduğu bulunmuştur (Ek 33). Silifke istasyonu keserbaş barbunya örneklerinde bulunan 6.1820mg/kg'lık en yüksek Zn yoğunluğunun Anonymous (2000; 2002; 2008)'in Zn için verdiği 50mg/kg'lık kabul edilebilir limit değerin yaklaşık %12'si civarında yer aldığı bulunmuştur.

Silifke istasyonu keserbaş barbunyalarında Cu yoğunluğu en yüksek 1.4588mg/kg ile 2010 yılının Eylül ayında, en düşük olarak 0.7462mg/kg ile

2011'in Ocağında belirlenmiştir. Ortalama Cu yoğunluğu ise 1.1244mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 33). Silifke istasyonu *M. barbatus* örneklerinde saptanan 1.4588mg/kg'lık en yüksek Cu yoğunluğu ile Anonymous (2000; 2002; 2008)'in bu metal için verdiği 20mg/kg'lık kabul edilebilir limit değer karşılaştırıldığında, bu çalışmada belirlenen en yüksek yoğunluk değerinin tolere edilebilir limit değerin ancak %7'si seviyesinde olduğu görülmüştür.

Silifke istasyonu *M. barbatus* örneklerinde Cr yoğunluğu en yüksek 0.0798mg/kg ile 2010'un Kasımında, en düşük olarak ise AAS'nin duyarlılık sınırının altında (<0.001mg/kg) olmak üzere, 2010 yılının Temmuz, Eylül ve Aralık ayları ile 2011 yılının Ocak, Şubat ve Nisan aylarında belirlenmiştir. Bu istasyondaki ortalama Cr yoğunluğu ise 0.0212mg/kg olarak bulunmuştur (Ek 33).

Silifke istasyonu *M. barbatus* örneklerinde okunan tüm ağır metal derişim değerlerinin resmi makamlarca kabul edilebilir düzeyin altında olduğu bulunmuş olup; dolayısıyla keserbaş barbunyadaki söz konusu ağır metal düzeyleri itibariyle insan sağılığı açısından herhangi bir sorunun olmadığı tespit edilmiştir (Ek 34).

Keserbaş barbunyanın kas dokusunda ağır metal düzeylerini saptamak amacıyla yapılan diğer çalışmalar ve Türkiye'de insan tüketimine izin verilen ağır metal yoğunlukları Ek 34'te verilmiştir.

M. barbatus'un kas dokusu ele alınarak Turan ve ark. (2009), Kalay ve ark. (1999), Gaspic ve ark. (2002), Storelli ve Marcotrigiaono (2005), Küçüksezgin ve ark. (2006), Uluözlü ve ark. (2007), Topçuoğlu ve ark. (2004), Küçüksezgin ve ark. (2011), Mendil ve ark. (2010), Tüzen (2009), Copat ve ark. (2013), Özden ve ark. (2010) ile Ergül ve Aksan (2013) tarafından yapılan araştırmalarda elde edilen Cd değerleri sırasıyla 0.208-0.494, 1.03-1.43, 0.0076-0.0289, 0.17-0.80, 0.0001-0.010, 0.45, <0.02, 0.0001-0.010, 0.23, 0.17, 0.0004, 0.05 ve 0.02mg/kg olarak rapor edilmiştir (Ek 34). Bu çalışmada elde edilen ortalama Cd yoğunluğu ise 0.0032mg/kg olarak saptanmıştır. Bu çalışmada belirlenen Cd yoğunluğu Anonymous (2008) tarafından keserbaş barbunya tüketimi için verilen en yüksek kabul edilebilir değer olan 0.05mg/kg'dan daha düşük bulunmuştur. Ek 34'teki

çalışmalar ele alındığında, Gaspic ve ark. (2002), Küçüksezgin ve ark. (2006), Topçuoğlu ve ark. (2004), Küçüksezgin ve ark. (2011), Copat ve ark. (2013), Özden ve ark. (2010)'a ek olarak Ergül ve Aksan (2013) tarafından yapılan araştırmalarda elde edilen Cd yoğunlukları ile bu incelemede elde edilen yoğunluğun oldukça yakın olduğu ve keserbaş barbunya tüketimi itibariyle bu metal için izin verilen 0.05mg/kg'lık değerden daha düşük olduğu bulunmuştur. Keserbaş barbunyanın kas dokusunda yapılan diğer bütün çalışmalarda elde edilen yoğunluk değerleri ise bu araştırmadan elde edilen değerden oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

Akdeniz ve Türkiye'nin kıyı verdiği denizlerde keserbaş barbunya kas dokusunda yapılan çalışmalarda Turan ve ark. (2009) 0.559-0.724, Kalay ve ark. (1999) 5.34-9.11, Gaspic ve ark. (2002) 0.057-0.158, Storelli ve Marcotrigiaono (2005) <0.05-0.32, Küçüksezgin ve ark. (2006) 0.001-0.491, Uluözlü ve ark. (2007) 0.84, Topçuoğlu ve ark. (2004) <0.01, Küçüksezgin ve ark. (2011) 0.0026-0.478, Mendil ve ark. (2010) 0.40, Tüzen (2009) 0.36, Copat ve ark. (2013) 0.005, Özden ve ark. (2010) 0.154 ve Ergül ve Aksan (2013) 0.02mg/kg düzeyinde Pb yoğunluğuna rastladıklarını rapor etmişlerdir. Anonymous (2008)'de tüketime uygun keserbaş barbunyalarda Pb yoğunluk düzeyinin 0.3mg/kg'dan daha az olması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışmada elde edilen Pb yoğunluk değeri olan 0.0379mg/kg'ın, Gaspic ve ark. (2002), Topçuoğlu ve ark. (2004), Copat ve ark. (2013), Özden ve ark. (2010) ve Ergül ve Aksan (2013) tarafından yapılan araştırma sonuçlarında bildirdikleri değerler gibi, yasal kabul edilebilir limit değerin altında ve dolayısıyla uygun olduğu tespit edilmiştir. Diğer araştırmacılar tarafından bulunan değerlerin ise, bu araştırmada elde edilen yoğunluğa göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada keserbaş barbunyada tespit edilen ortalama As yoğunluğu 0.0974mg/kg olarak bulunmuştur. Daha önce ***M. barbatus***'un kas dokusunda As yoğunluğunu araştıran Tüzen (2009) 0.11, Özden ve ark. (2010) 0.439, Copat ve ark. (2013) 11.024, Ergül ve Aksan (2013) ise 12.7mg/kg olarak rapor etmişlerdir.

As için Anonymous (2008) tarafından insan tüketimi için belirtilen en yüksek yoğunluk değeri ise 1mg/kg'dır. Bu çalışmada elde edilen yoğunluk değerinin Tüzen (2009) ile Özden ve ark. (2010) tarafından bulunan değerlere oldukça yakın olduğu ve söz konusu çalışmalarda bildirilen As yoğunluklarının izin verilen limitlerden daha düşük olduğu görülmüştür. Copat ve ark (2013) ile Ergül ve Aksan (2013) tarafından belirlenen As yoğunluğunun ise, diğer çalışmalardan ve Anonymous (2008)'de belirtilen değerden oldukça yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Akdeniz sular sisteminde dağılış gösteren ***M. barbatus***'ta daha önce yapılan çalışmalardan Turan ve ark. (2009) 5.87-7.573, Kalay ve ark. (1999) 16.1-25.8, Uluözlü ve ark. (2007) 106, Topçuoğlu ve ark. (2004) 17.1, Küçüksezgin ve ark. (2011) 2.157-3.832, Mendil ve ark. (2010) 17.8, Tüzen (2009) 75.5, Copat ve ark. (2013) 3.418, Özden ve ark. (2010) 15.916, Çiçek ve ark. (2008) 18.23, Manaşırlı ve ark. (2015) 15.91-33.17, Ergül ve Aksan (2013) ise 14mg/kg düzeyinde Zn yoğunluğu bulduklarını rapor etmişlerdir. Anonymous (2008)'de insan tüketiminde kullanılacak keserbaş barbunyada Zn için belirtilen üst limit yoğunluk değeri ise 50mg/kg'dır. Bu çalışmada ortalama Zn yoğunluğunun 5.0141mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Sözü edilen bu Zn yoğunluk değerinin Copat ve ark.(2013) ile Küçüksezgin ve ark. (2011) hariç diğer çalışmalarda rapor edilen değerlerin tamamından daha düşük olduğu bulunmuştur. Uluözlü ve ark. (2007) ile Tüzen (2009) dışında, bu çalışma da dahil olmak üzere, bütün araştırmalarda keserbaş barbunya kas dokusundan elde edilen Zn yoğunluğunun Anonymous (2008)'e uygun olduğu görülmüştür.

Keserbaş barbunyanın kas dokusunda yapılan çalışmalardaki Cu yoğunluğu; Kalay ve ark. (1999) 2.26-5.88, Uluözlü ve ark. (2007) 0.98, Topçuoğlu ve ark. (2004) 1.5, Küçüksezgin ve ark. (2011) 0.178-0.568, Mendil ve ark. (2010) 1.4, Tüzen (2009) 0.96, Özden ve ark. (2010) 0.956, Çiçek ve ark. (2008) 1.10, Manaşırlı ve ark. (2015) 0.37-2.62, Ergül ve Aksan (2013) tarafından ise 1mg/kg seviyelerinde bulunmuştur. Bu çalışmada bulunan keserbaş barbunyadaki Cu değeri ise 0.9447mg/kg olarak gerçekleşmiştir. Anonymous

(2008)'de belirtilen, 20mg/kg'lık insan tüketimine izin verilen en yüksek değere oranla bu çalışma ve diğer bütün çalışmalarda elde edilen Cu değerlerinin oldukça düşük olduğu ve *M. barbatus* tüketiminde Cu açısından Mersin körfezi itibariyle insan sağlığına zarar verici herhangi bir sorunun tespit edilmediği görülmüştür.

M. barbatus'ta yapılan Cr çalışmalarında; Turan ve ark. (2009) 1.055-1.893, Kalay ve ark. (1999) 1.06-1.91, Storelli ve Marcotrigiaono (2005) 0.21-0.31, Uluözlü ve ark. (2007) 1.63, Topçuoğlu ve ark. (2004) <0.06, Küçüksezgin ve ark. (2011) 0.021-0.270, Mendil ve ark. (2010) 0.99, Tüzen (2009) 1.35, Copat ve ark. (2013) 0.009, Özden ve ark. (2010) 1.834, Ergül ve Aksan (2013) ise 0.33mg/kg değerlerini rapor etmişlerdir. Mersin Körfezi keserbaş barbunyaları itibariyle bu çalışmada elde edilen Cr yoğunluğu ise 0.0785mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu araştırma ve diğer çalışmalarda rapor edilen Cr değerleri 0.009mg/kg ile 1.91mg/kg aralığında yer almış ve dolayısıyla söz konusu Cr yoğunluklarının birbirlerine oldukça yakın değerlerde olduğu görülmüştür.

4.7.2. Keserbaş Barbunya (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758)'de Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi

Çalışmanın yapıldığı Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarından örneklenen *M. barbatus*'ların kas doku yaş ağırlığında istasyon bazında ve mevsimsel olarak ölçülen ortalama ağır metal yoğunlukları Ek 35'te verilmiştir.

Keserbaş barbunya örneklerinin mevsimsel ortalama değerleri içinde en yüksek Cd değeri Silike istasyonunda ve sonbahar mevsiminde 0.0048mg/kg olarak bulunmuştur. En düşük yoğunluğa ise Mersin istasyonunda, yaz mevsiminde 0,0012mg/kg olarak rastlanmıştır. İstasyon ortalamaları dikkate alındığında, Cd yoğunluğunun Silifke>Erdemli>Mersin istasyonu şeklinde gerçekleştiği görülmüştür.

Keserbaş barbunyada en yüksek Pb yoğunluğu 0.0441mg/kg'lık değer ile Erdemli istasyonu kış örneklerinde; en düşük olarak ise, 0.0223mg/kg'lık değer ile aynı istasyonda ve sonbaharda belirlenmiştir. İstasyon bazında ortalama Pb

yoğunluğunun Silifke>Mersin>Erdemli istasyonu şeklinde gerçekleştiği belirlenmiştir.

M. barbatus örneklerinde en yüksek mevsimsel ortalama As yoğunluğunun 0.1697mg/kg'lık değer ile Erdemli istasyonunda ve sonbahar mevsiminde; en düşük değerin ise 0.0673mg/kg ile Mersin istasyonunda ve sonbahar mevsiminde olduğu belirlenmiştir. Ortalama As yoğunluğu bakımından istasyonların Erdemli>Silifke>Mersin şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir.

Keserbaş barbunyada Zn yoğunluğunun en yüksek 8.0216mg/kg ile Mersin istasyonunda ve sonbaharda; en düşük ise 3.2102mg/kg ile Erdemli istasyonunda ve yaz mevsiminde olduğu bulunmuştur. Zn yoğunluğu açısından istasyonların Mersin>Erdemli>Silifke olarak sıralandığı belirlenmiştir.

Keserbaş barbunyada bakır açısından en yüksek mevsimsel ortalama değerin 1.2298mg/kg ile Erdemli istasyonunda ve yaz mevsiminde; en düşük yoğunluk ise 0.6438mg/kg'lık ortalama değer ile aynı istasyonda fakat kış mevsiminde bulunmuştur. İstasyonlar ele alındığında, Cu yoğunluğunun Silifke>Mersin>Erdemli şeklinde bir sıralanma sergilediği görülmüştür.

M. barbatus örneklerinde en yüksek Cr yoğunluğunun 0.2501mg/kg ile sonbaharda Erdemli istasyonunda; en düşüğün ise atomik absorbsiyon cihazının okuma aralığının altında olmak üzere, Silifke istasyonunda ve kış örneklerinde olduğu görülmüştür. Krom yoğunluğu bakımından istasyonların Erdemli>Mersin>Silifke şeklinde sıralandığı görülmüştür.

Mersin Körfezi keserbaş barbunya örneklerinde sadece istasyonlar arasındaki Cd, Zn, Cu ve Cr farklılıklarının istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Diğer tüm metal ve parametreler arasındaki farklılığın ise istatistiksel anlamda önemli olmadığı belirlenmiştir.

Keserbaş barbunya örneklerinde farklılıkları önemli tespit edilen ağır metallerden Cd ve Zn'de Mersin istasyonu, Cu ve Cr'de ise Silifke istasyonu diğerlerinden farklı çıkmıştır. Ancak tespit edilen metal düzeyleri izin verilen limitlerin oldukça altında bulunmuştur.

Mendil ve ark. (2010), Türkiye'nin Karadeniz kıyılarında belirledikleri dört istasyondan mevsimsel olarak örnekledikleri keserbaş barbunyalarda Pb, Cr, Cu, Zn ve Cd düzeylerini araştırmışlar ve bu araştırmacılar çalışmalarını gerçekleştirdikleri tüm istasyonlarda en yüksek Zn yoğunluğunu sonbaharda; en düşük değeri ise kış mevsiminde tespit etmişlerdir. Bu araştırmada da en yüksek mevsimsel Zn yoğunluğunun sonbaharda olduğu belirlenmiş olmasına rağmen; Mendil ve ark. (2010) Pb, Cr, Cu ve Cd için en yüksek mevsim ortalamasına yazın rastladıklarını bildirmişlerdir.

Özden ve ark. (2010), İstanbullu balıkçılardan temin ettikleri keserbaş barbunyalarda yaptıkları araştırmalarında Cu, As ve Kromun kış mevsiminde; Pb ve Çinkonun sonbaharda ve Kadmiyumun ise ilkbaharda daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Çiçek ve ark. (2008), İskenderun Körfezi'nin batı kıyılarında yer alan Yumurtalık açıklarından temin ettikleri keserbeş barbunyaların kas dokularında yaptıkları okumalarda en yüksek Zn değerlerinin ilkbaharda, en düşük Zn yoğunluğunun ise kış mevsiminde olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise söz konusu metallerin mevsimsel yoğunluklarının istasyonlara göre farklılık gösterdiği ve herhangi bir mevsim itibariyle belirgin bir yoğunluk fazlalığından bahsedilemeyeceği saptanmış durumdadır.

4.8. Mersin Körfezi Deniz Suyu, Sediment ve Beş Canlı Türündeki Ağır Metal Düzeylerinin Karşılaştırılması

Mersin Körfezi'nde 2010 yılı Haziran ayı ile 2011 yılının Mayısı arasında Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarından temin edilen deniz suyu, sediment, mavi yengeç, Japon karidesi, mırmır, keserbaş barbunya ve dil balığı örneklerinde okunan yıllık ortalama ağır metal düzeyleri Ek 36'da verilmiştir.

Mersin Körfezi'nde çalışılan tüm metal yoğunlukları en yüksek sedimentte, en düşük ise suda tespit edilmiştir. Canlı örnekler arasında ise en yüksek ve en düşük olmak üzere metal yoğunlukları sırasıyla Cd için mırmır ve dil balığı, Pb için mırmır ve mavi yengeç, As için dil balığı ve mırmır, Zn için mavi yengeç ve

keserbaş barbunya, Cu için mavi yengeç ve dil balığı, Cr için ise dil balığı ve Japon karidesinde belirlenmiştir.

Tüm metallerin canlı örneklerden elde edilen yoğunluklar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Yapılan analizler sonucunda Cd açısından Japon karidesi ve mırmırın, Pb açısından mırmırın, As açısından keserbaş barbunya ve dil balığının, Zn açısından mavi yengecin, Cu açısından mavi yengeç ve Japon karidesinin, Cr ele alındığında ise dil balığının diğer türlerden istatistiksel açıdan farklı olduğu ortaya çıkmıştır.

Çalışılan canlılar ve deniz suyunda tespit edilen metal yoğunluklarının birbirleriyle etkileşimleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş; bu bağlamdan olmak üzere, mavi yengeç ve deniz suyunun Pb yoğunlukları açısından birbirlerine bağlı olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Yine aynı şekilde Japon karidesinde Pb ve Cd, mırmır ile Cr yoğunlukları arasında önemli bir etkileşim olduğu tespit edilmiştir ($p<0.01$). Ayrıca keserbaş barbunyada Cd ve Zn; dil balığında ise Pb yoğunlukları arasındaki etkileşimin de istatistiksel anlamda önemli olduğu görülmüştür ($p<0.01$). Bu durumda kurşunun sudaki yoğunluğunun yükselmesi mavi yengeç, Japon karidesi ve dil balığının kas dokusundaki yoğunluklarında da artışa neden olabileceği söylenebilir. Aynı durumun Cd açısından keserbaş barbunya ve Japon karidesinde; Zn açısından keserbaş barbunyada ve Cr açısından ise mırmırda geçerli olduğu görülmektedir.

Suda olduğu üzere sedimentte de metal yoğunlukları açısından çalışılan canlılar ile ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. Sedimentteki ağır metal düzeyleri ile mavi yengeçte Zn ve Cr için ($p<0.05$)'de; Japon karidesinde Pb için ($p<0.01$) ve As için ($p<0,05$)'de, mırmırda Cr için ($p<0.05$)'te, keserbaş barbunyada Zn için ($p<0.05$)'de ve dil balığında ise Cu için ($p<0,01$) ve Cr için ($p<0.01$)'de istatistiksel anlamda önemli bir etkileşimin olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla çalışılan canlılar açısından Cd hariç diğer tüm metallerin sedimentteki birikiminin canlılardaki metal yoğunluğunun artmasına neden olduğu ortaya çıkmış olmaktadır.

Türler arasında metal yoğunlukları açısından diğer türlerden farklı bulunanlar ve bu durumun nedenleri devam eden bölümlerde tartışılmıştır. Bu bağlamdan olmak üzere, Cd açısından Japon karidesi ve mırmır farklı bulunmuştur. Her iki türün söz konusu metal açısından su ve sediment ile etkileşimi incelendiğinde, sadece Japon karidesi ve su arasında pozitif yönde bir etkileşimin olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda, Japon karideslerindeki Cd yoğunluğunun sudaki miktarına bağlı olabileceği ileri sürülebilir. Ancak mırmırdaki Cd yoğunluğunun su ve sediment kaynaklı olmadığı tespit edildiğinden; bu durumun mırmırın en önemli besin kaynaklarından birini oluşturan Japon karidesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Pb açısından ise Mırmır diğer türlerden ayrışmıştır. Bu durumun kaynağı Mırmır açısından sediment ve su olmadığı anlaşıldığından söz konusu durumun kadmiyumda olduğu gibi beslenme kaynaklı olabileceği kanaatine varılmıştır.

As açısından keserbaş barbunya ve dil balığı diğer türlerden farklılık göstermiştir. Her iki tür açısından da bu durum su ve sediment kaynaklı olmadığından mırmır Pb etkilşiminde olduğu üzere, beslenme kaynaklı olabileceği düşünülmüştür.

Zn yoğunlukları bakımından türler incelendiğinde mavi yengeç diğerlerinden farklılık göstermektedir. Bu durum Zn açısından sediment ile mavi yengeç arasındaki etkileşimin tespit edilmesi nedeniyle sediment kaynaklı olabileceği düşüncesini doğurmaktadır. Ancak mavi yengeçlerdeki Zn miktarı sedimenttekinin üç katından daha fazla olması nedeniyle bu durumun sadece sediment kaynaklı olmadığı; aynı zamanda mavi yengeçler açısından çinkonun önemli bir esansiyel element olması nedeniyle doğal olarak oluşabileceği düşünülmüştür.

Bakır yoğunlukları açısından mavi yengeç ve Japon karidesi diğer türlerden farklılık göstermiştir. Ancak her iki türde de bu durumun kaynağının su veya sediment olduğuna dair bir bulguya rastlanmamıştır. Mavi yengeç ve Japon karideslerinde daha yoğun olarak Cu bulunmasının nedeninin beslenme ve bu

metalin her iki tür açısından da yaşamsal faaliyetlerinin devamı açısından önemli olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Dil balıklarının diğer türlere oranla daha fazla Cr içerdiği görülmüştür. Bu durumun Cr açısından sediment ile dil balığı arasındaki etkilşimden kaynaklandığına karar verilmiştir.

Tüm metaller açısından gerek çalışılan türler ve gerekse su ve sediment açısından tespit edilen 12 aylık ortalama metal yoğunlukları resmi makamlarca izin verilen limitlerden düşük bulunmuştur. Ancak su ve sediment kaynaklı metal yoğunluk artışının canlılarda artışa neden olabileceğinden dolayı çalışılan bazı türlerde metal yoğunluğunun kabul edilebilir sınırları aştığı belirlenmiştir. Bu nedenle canlıların birbirlerinin besini olması nedeniyle besin zincirinin üst tabakalarına doğru metal birikiminin artacağı dikkate alındığında, Mersin Körfezi'nde su, sediment ve canlılardaki ağır metallerin izleme programı şeklinde takip edilmesinin faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Türkiye'nin Akdeniz kıyı şeridinin önemli bir kısmını içine alan Mersin Körfezi'ndeki Mersin, Erdemli ve Silifke istasyonlarından temin edilen deniz suyu, sediment, *C. sapidus*, *P. japonicus*, *S. solea*, *L. mormyrus* ve *M. barbatus*'ta ağır metallerden Cd, Pb, As, Zn, Cu ve Cr yoğunlukları araştırılmıştır.

Mersin Körfezi deniz suyundaki Cd: 0.1149±0.0128, Pb: 0.2442±0.0161, As: 13.5152±1.0948, Zn: 3.8912±0.1327, Cu: 2.9649±0.0678 ve Cr: 4.3413±0.1227µg/l olarak saptanmıştır. Sedimentte kuru ağırlıkta Cd: 0.3104±0.0110, Pb: 1.4765±0.2816, As: 6.1891±0.6871, Zn: 8.8964±0.5695, Cu: 4.8406±0.4457 ve Cr: 74.5203±5.1041mg/kg şeklinde olduğu bulunmuştur. İncelenen canlı türleri itibariyle *C. sapidus*'un kas doku yaş ağırlığında Cd: 0.0038± 0.0004, Pb: 0.0260±0.002, As: 0.0725±0.003, Zn: 34.4383±0.8, Cu: 4.7632±0.283 ve Cr: 0.0823±0.007 mg/kg; *P. japonicus*'ta Cd: 0.0109±0.002, Pb: 0.0272±0.002, As: 0.0915±0.008, Zn: 7.9454±0.33, Cu: 2.3986±0.16 ve Cr: 0.0676±0.18 mg/kg; *S. solea*'da için Cd: 0.0020±0.0002, Pb: 0.0327±0.002, As: 0.1261±0.0014, Zn: 6.2496±0.45, Cu: 0.5321±0.028 ve Cr: 0.3878±0.095mg/kg; *L. mormyrus*'ta Cd: 0.0114±0.003, Pb: 0.0669±0.007, As: 0.0667±0.002, Zn: 8.3368±0.64, Cu: 0.7826±0.035 ve Cr: 0.1367±0.018mg/kg; ayrıca *M. barbatus*'un kas doku yaş ağırlığında ise Cd: 0.0032±0.0003, Pb: 0.0379±0.002, As: 0.0973±0.009, Zn: 5.0141±0.36, Cu: 0.9447±0.037 ve Cr 0.0785±0.018mg/kg düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Mersin Körfezi'nde gerçekleştirilen bu araştırmada aşağıda sıralanan sonuç ve öneriler elde edilmiştir:

1. Çalışmada kullanılan türlerin kas dokuları itibariyle yukarıda verilen ağır metal yoğunlukları neredeyse tüm örneklerde kabul edilebilir sınırların altında bulunmuştur. Dolayısıyla bu türlerin tüketiminin herhangi bir sakınca teşkil etmediği önerilmiştir.

2. Diğer taraftan mırmır örneklerinden birkaçında kabul edilebilir değerden yüksek oranda Cd bulunması, bölgenin potansiyel Cd kirliliği açısından risk altında olduğunu göstermiştir. Cd açısından Japon karidesi ve mırmır diğer türlerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Her iki türün söz konusu metal açısından su ve sediment ile etkileşimi incelendiğinde, sadece Japon karidesi ve su arasında pozitif yönde bir etkileşimin olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda, Japon karideslerindeki Cd yoğunluğunun sudaki miktarına bağlı olabileceği ileri sürülebilir. Ancak mırmırdaki Cd yoğunluğunun su ve sediment kaynaklı olmadığı tespit edildiğinden; bu durumun mırmırın en önemli besin kaynaklarından birini oluşturan Japon karidesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Dolayısıyla bu durumun, mırmır gibi bazı balıklarda metal birikiminin artması sonucu balık sağlığı ve insan tüketimi açısından problem oluşturabileceği için, takip edilmesinin faydalı olacağı önerilmiştir.
3. Kas dokulardaki ağır metal yoğunlukları çalışılan metalin cinsine, incelenen canlı türüne, istasyona ve örnekleme mevsimlerine bağlı olarak bazı farklılıklar göstermiştir. Çalışılan canlılardaki en yüksek yoğunluğa sahip metallerin sırasıyla Zn ve Cu olduğu görülmüştür. Zn ve Cu açısından en yüksek ortalama yoğunluk mavi yengeçte tespit edilmiştir. İstatistiksel karşılaştırmalar sonucunda mavi yengeçlerdeki bu metal yoğunlukları ile sediment arasında bir ilişki olduğu bulunmuştur. Ancak her ne kadar bu metaller sediment kaynaklı bulunmuş olsa da; Zn açısından mavi yengeç örneklerinin tamamında, Japon karidesi ve dil balığında ise bazı örneklerde sedimentten daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Bakır sonuçlarında ise bazı mavi yengeçlerin sedimentteki Cu ortalamasından daha yüksek yoğunluğa sahip olduğu görülmüştür. Hem çinko hem de bakırın canlılar için esansiyel element olmaları (Kruger 2002; Turan ve ark., 2009), sedimentte birikme eğiliminde olmaları (Shrivastava ve ark., 2003) ve besin zinciri yoluyla vücutta birikim yapmaları gibi nedenlerden

dolayı (Davies ve ark., 2006), söz konusu metallerin canlılarda sedimenttekine oranla biraz daha yüksek bulunduğu düşünülmüştür. Ancak mavi yengeç örneklerinde Zn yoğunluğunun izin verilen limitin %80'inden daha fazla bulunmasının bu türün tüketimi açısından ilerleyen yıllarda risk oluşturabileceği ileri sürülmüştür. Dolayısıyla özellikle mavi yengeçlerin Zn açısından izlenmesinin faydalı olacağı önerilmiştir.

4. Çalışılan tüm su örnekleri Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği açısından kabul edilebilir düzeyde bulunmasına rağmen; As ve Cu yoğunluğunun biraz daha artmasının gelecekte Mersin Körfezi açısından risk teşkil edebileceği kanaatine varılmıştır. Dolayısıyla söz konusu metaller açısından Körfezin ilerleyen yıllarda izlenmesinin faydalı olacağı düşünülmüştür.
5. Sediment örneklerinde Cr yoğunlukları Mersin istasyonunda izin verilen değerlerin üzerinde, diğer istasyonlarda ise söz konusu değerlerin yarısı düzeyinde tespit edilmiştir. As yoğunlukları açısından ise sediment örnekleri Mersin istasyonunda izin verilen değerlerin yarısı düzeyinde bulunmuştur. Bu durumun söz konusu metallerin sedimente bağımlı yaşayan canlılar ve bu canlıları tüketen insanlar açısından risk teşkil edeceği düşünülmüştür. Dolayısıyla özellikle Mersin istasyonu olmak üzere, Körfezin tamamının sanayi, tarım ve nüfus kaynaklı atıklara karşı korunması amacıyla gerekli tedbirlerin alınması önerilmiştir.
6. Mersin Körfezi'nden elde edilen canlı örneklerdeki mevsimsel metal yoğunlukları istatistiksel açıdan incelendiğinde, bazı canlı ve metallerde istatistiksel anlamda önemli olabilecek farklılıklara rastlanmıştır. Japon karideslerinde Cd yoğunluğu her üç istasyonda da yaz mevsiminde daha yüksek bulunmuştur. Aynı durum Kargın ve ark. (2001) tarafından İskenderun Körfezi'de yapıan çalışmada iki farklı karides türünde de tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu durumu yaz ayarında tarımsal gübre ve pestisitlerin daha yoğun kullanılmasına ve insan faaliyetlerinin artmasına

bağlamışlardır. Kahvecioğlu ve ark. (2003) fosfatlı gübreler ve deterjanların önemli Cd kaynakları olduğunu beyan etmişlerdir. Bu nedenle söz konusu metal düzeyindeki yükselmenin tarımda kullanılan kimyasallar ve insan faaliyetinde yaz aylarında meydana gelen artıştan kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Bunun yanında Japon karideslerinin üreme döneminin sonbahar-kış mevsimlerinde olması (Başçınar, 2004) nedeniyle yıl içerisindeki en büyük boyutlarına ulaşmaları ve yıl boyunca vücutlarında ağır metalleri biriktirmelerinden de kaynaklanabileceği göz ardı edilmemelidir. Yani Japon karideslerindeki kas doku Cd düzeyinin izlenmesinin gerekli olduğu açıkça ortaya çıkmış olmaktadır.

7. Deniz suyu örneklerindeki As hariç diğer bütün su ve sediment örneklerinde Mersin istasyonunun diğer istasyonların yaklaşık iki katı daha fazla metal yoğunluğuna sahip olduğu görülmüştür. Mersin istasyonu metal yoğunluğunun diğer iki istasyona oranla fazla olmasının ise istasyonun çevresinde yer alan kalabalık nüfus ve ağır sanayi tesislerinin neden olabileceği düşünülmüştür. Dolayısıyla bu kesim itibariyle denize boşaltılan atık su kaynaklarının en azından arıtıldıktan sonra salıverilmesinin gerekli olduğu ileri sürülmüştür.
8. Deniz suyunda arseniğin istasyon sıralamasının diğer metallerin aksine Silifke>Erdemli>Mersin şeklinde olduğu görülmüştür. Bu durumun ise, arseniğin akarsu ve yağmur suları ile gelen karasal toprak kaynaklı olabileceğini ön plana çıkarmıştır. Dolayısıyla özellikle Silifke istasyonunun olduğu bölgeye dökülen en büyük akarsu olan Göksu Nehrinin takip edilmesinin ve arseniğin toprak kaynaklı bir metal olması sebebiyle özellikle Silifke ilçesi civarındaki içme sularının As yönünden izlenmesinin gerekli olduğu önerilmiştir.
9. Mevsimsel ortalamalar açısından su, sediment ve canlı örneklerin bazılarında mevsimsel farklılıklar önemli bulunmuş olup; bu durumun genellikle yağışlarla birlikte taşınan toprak, tarımsal kimyasallar veya

canlıların yapısal özelliklerinden kaynaklanmış olabileceği sonucuna varılmıştır.

10. Su ve canlılardaki metal yoğunluklarının etkileşimleri ele alındığında, bazı metallerde canlı ve su arasında istatistiksel açıdan bir etkileşimin olduğu belirlenmiştir. Ancak suda tespit edilen metal düzeylerinin bu araştırmada oldukça düşük çıkmış olması nedeniyle bu durumun hali hazırda bir risk teşkil etmediği düşünülmüştür. Ancak suda bulunan metal yoğunluklarının artmasının canlılarda da artışa neden olabileceğinden (Çalışkan, 2005), bu riskin dikkate alınmasının gerekli olduğu önerilmiştir.
11. Sediment ve canlılardaki metal yoğunluğu arasındaki etkileşime bakıldığında; mavi yengeçte çinko ve kromun ($p<0.05$)'de, Japon karidesinde kurşunun ($p<0.01$) ve arseniğin ($p<0.05$)'de, mırmırda kromun ($p<0.05$)'te, keserbaş barbunyada çinkonun (<0.05)'te ve dil balığında ise Cu ve kromun ($p<0.01$)'de etkileşimin önemli olduğu tespit edilmiştir. Sedimentteki Cd hariç diğer tüm metallerin çalışılan canlı türlerinden en azından biri ile etkileşim halinde olması, sedimentteki metal düzeylerinde meydana gelebilecek bir artışın söz konusu canlıları ve insanları olumsuz yönde etkileyebileceğini göstermiştir. Bu nedenle sedimentte daha önce bahsedilen ve izlenmesi faydalı bulunan metaller başta olmak üzere, çalışılan tüm metaller açısından Mersin Körfezi sedimentinin ve sedimente bağımlı yaşayan canlıların takip edilmesinin sucul ekosistemin ve insanların sağlığı açısından gerekli olduğu önerilmiştir.
12. Tüm metallerin canlı örneklerden elde edilen yoğunlukları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Yapılan analizler sonucunda Cd açısından Japon karidesi ve mırmırın, Pb açısından mırmırın, As açısından keserbaş barbunya ve dil balığının, Zn açısından mavi yengecin, Cu açısından mavi yengeç ve Japon karidesinin, Cr ele alındığında ise dil balığının diğer türlerden istatistiksel açıdan farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Söz konusu farklılıkların canlıların su ve sediment ile

ilişkileri, beslenme alışkanlıkları, bahsi geçen metallerin bazı canlılar için esansiyel element olmaları gibi nedenlerden kaynaklannabileceği düşünülmüştür. Önümüzdeki dönemlerde Mersin Körfezi'nde yapılması önerilen izleme çalışmalarında bahsi geçen türlerde farklı bulunan metallerin araştırılmasının önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak tüm bu nedenlerden dolayı Mersin Körfezi su, sediment ve canlılarının ağır metal kirliliği açısından takip edilmesinin, diğer bir deyişle izleme çalışmalarının gelecekte ekosistem ve insan sağlığının riske girmemesi açısından gerekli olduğu kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

Abdallah, M.A.M., 2008. Trace Element Accumulatıon in Some Commercially Valuable Fish Species from Coastal Waters, Southeastern Mediterranean Sea, Egypt. Journal of Marine Systems, 73 (1-2): 114-122

Ağbaş, E., Erdem, Ü., G.Atasoy, E., Türeli, C., Duysak, Ö., 2008. Köyceğiz Lagün Sisteminde Bulunan Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896)'in bazı Morfometrik Özellikleri ile Et Kompozisyonu. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9 (1): 65-71.

Akçay, S., 2011. İzmir Körfezi'nin Farklı Bölgelerinde Avlanan Bazı Demersal Balık Türlerinin Kimyasal Değişimlerinin Mevsimsel Olarak Araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. 91s. (yayınlanmamış)

Aksu, A., Taşkın, Ö.S., 2012. Organochlorine Residue and Toxic Metal (Pb, Cd and Cr) Levels in the Surface Sediments of the Marmara Sea and the Coast of Istanbul, Turkey. Marine Pollution Bulletin, 64: 1060-1062.

Alonso Castilla, M.L., Sanchez Trujillo, I., Vereda Alonso, E., Garcia De Torres, A., Cano Pavon, J.M., 2013. Bioavailability of Heavy Metals in Water and Sediments from a Typical Mediterranean Bay (Málaga Bay, Region of Andalucía, Southern Spain). Marine Pollution Bulletin, 76: 427-434.

Anderson, K.A., Hillwalker, W.E., 2008. Bioavailability (S.E. JØRGENSEN editör). Encyclopedia of Ecology, First Edition, Vol:1, 348-357pp.

Anonymous, 2000. Su Ürünleri Kalite Kontrol El Kitabı. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara. 229s.

Anonymous, 2001. Ansiklopedik Çevre Sözlüğü. Türkiye Çevre Vakfı. Önder Matbaası, Ankara, 407s.

Anonymous, 2002. Türk Gıda Kodeksi: Gıda Maddelerindeki Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ. Tebliğ No: 2002/63 T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı ve T.C. Sağlık Bakanlığı 23.09.2002 tarih ve 24885 sayılı Resmi Gazete.

Anonymous, 2004a. Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı 11.06.2004 tarih ve 25489 sayılı Resmi Gazete.

Anonymous, 2004b. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.

Anonymous, 2005a. Mineral Tolerance of Animals. Committee on Minerals and Toxic Substances in Diets and Water for Animals, Board on Agriculture and Natural Resources, Division on Earth and Life Studies. Second Rev. Edition, National Academies Press, Washington DC, 496s.

Anonymous, 2005b. Toprak Kiriliği Yönetmeiği. 31.05.2005 Tarih ve 25831 Sayılı Resmi Gazete. 9s.

Anonymous, 008. Türk Gıda Kodeksi: Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ. Tebliğ No: 2008/26 T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı 17.05.2008 tarih ve 26879 sayılı Resmi Gazete.

Anonymous, 2013. Casarett and Doull's toxicology : the Basic Science of Poisons (Curtis D. Klaassen. Editör). 8. Edition, McGraw-Hill Education-Medical, New York, 1454s.

Ayas, D., Kalay, M., Sangün, M. K., 2009. Mersin Körfezi'nden Örneklenen Yüzey Suyu ve Patella Türlerindeki Cr, Cd ve Pb Düzeylerinin Belirlenmesi. Çevre Koruma Dergisi, 18 (70): 32-37.

Aydoğdu, S., Yakut,A., Yarar, C., Ürer, S., Karataş, Z., 2008. Menkes Hastalığı: Bir Vaka Takdimi. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 51: 220-224.

Başçınar, N.S., 2004. Karides. SÜMAE Yunus Araştırma Bülteni, 4:3s.

Burrell, D.C., 1980. Atomic Spectrometric Analysis of Heavy-Metal Pollutants in Water. Ann Arbor, Michigan. 331p.

Can, A., Bilecenoğlu, M., 2005. Türkiye Denizleri'nin Dip Balıkları Atlası. Arkadaş Yayınevi, Ankara. 224s.

Canlı, M., Kalay, M., Ay, Ö., 2001. Metal (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Cr, Ni) Concentrations in Tissues of a Fish *Sardina pilchardus* and a Prawn *Penaeus japonicus* from Three Stations on the Mediterranean Sea. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 67: 75-82.

Carpenter, K.E., Smith-Vaniz, W.F., De Bruyne, G., De Morais, L., 2015. *Mullus barbatus*, Red Mullet. The IUCN Red List of Threatened Species. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T198673A42691799.en Erişim Tarihi: 07.11.2017

Copat, C., Arena, G., Fiore, M., Ledda, C., Fallico, R., Sciacca, S., Ferrante, M., 2013. Heavy Metals Concentrations in Fish and Shellfish from Eastern Mediterranean Sea: Consumption Advisories. Food and Chemical Toxicology, 53: 33–37.

Chenery, M.A., 2002. Population Dynamics of Blue Crab (*Callinectes sapidus*) in the Hudson River, New York. Master of Science Thesiss, Maryland University, Maryland, 178s (yayınlanmamış).

Ciminli, C. S., 2005. Gölbaşı Gölü'nde Su ve Bazı Organizmalarda Ağır Metal Birikimi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Hatay. 103s (yayınlanmamış).

Çalışkan, E., 2005. Asi Nehri'nde Su, Sediment ve Karabalık (*Clarias gariepinus* BURCHELL, 1822)'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Hatay. 75s (yayınlanmamış).

Çiçek, E., Avşar, D., Yeldan, H., Manaşırlı, M., 2008. Heavy Metal Concentrations in Fish (*Mullus barbatus*, *Pagellus erythrinus* and *saurida undosquamis*) from İskenderun Bay, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 17(9a): 1251-1256.

Dalman, Ö., Demirak, A., Balcı, A., 2006. Determination of Heavy Metals (Cd, Pb) and Trace Elements (Cu, Zn) in Sediments and Fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by Atomic Absorption Spectrometry. Food Chemistry, 95: 157–162.

Davies, O. A., Allison, M. E., Uyi, H. S., 2006. Bioaccumulation of Heavy Metals in Water, Sediment and Periwinkle (*Tympanotus fuscatus* var *radula*) from the Elechi Creek, Niger Delta. African Journal of Biotechnology, 5: 968-973.

DelValls, T. A., Blasco, J., Sarasquete, M. C., Forja, J. M., Gomez-Parra, A., 1998. Evaluation of Heavy Metal Sediment Toxicity in Littoral Ecosystems Using Juveniles of the Fish *Sparus aurata*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 41: 157-167.

Di Giulio, R.T., Hinton, D.E., 2008. The Toxicology of Fishes. CRC Press. Boca Raton, Florida, 1071p.

Doğan-Sağamtimur, N., Kumbur, H., 2010. Metals (Hg, Pb, Cu, and Zn) Bioaccumulation in Sediment, Fish, and Human Scalp Hair: A Case Study from the City of Mersin Along the Southern Coast of Turkey. Biological Trace Element Research, 136: 55-70.

Duman, M., Küçüksezgin, F., Atalar, M., Akcalı, 2012. Geochemistry of the Northern Cyprus (NE Mediterranean) Shelf Sediments: Implications for Anthropogenic and Lithogenic İmpact. Marine Pollution Bulletin, 64: 2245–2250.

Dural, M., Göksu, M.Z.L., Özak, A.A., Derici, B., 2006. Bioaccumulation of Some Heavy Metals in Different Tissues of *Dicentrarchus labrax* L, 1758, *Sparus aurata* L, 1758 and *Mugil cephalus* L, 1758 from the Çamlık Lagoon of the Eastern Coast of Mediterranean (Turkey). Environmental Monitoring and Assessment, 118: 65–74.

Dural, M., Göksu, M.Z.L., Özak, A.A., 2007. Investigation of Heavy Metal Levels in Economically Important Fish Species Captured from the Tuzla Lagoon. Food Chemistry, 102: 415–421.

Dündar, Y., Aslan, R., 2005. Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri. Kocatepe Tıp Dergisi, 6: 1-5.

Ergül, H.A., Aksan, S., 2013. Evaluation of Non-essential Element and Micronutrient Concentrations in Seafood from the Marmara and Black Seas. Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment, 19(3): 312-331.

Ersoy, B., 2006. Kuzeydoğu Akdeniz (Adana/Karataş) Bölgesinde Avlanma Mevsiminde Tüketilen Balıkların Besin Kompozisyonu ve Ağır Metal İçerikleri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana. 155s (yayınlanmamış)

Ersoy, B., Çelik, M., 2010. The Essential and Toxic Elements in Tissues of Six Commercial Demersal Fish from Eastern Mediterranean Sea. Food and Chemical Toxicology, 48: 1377–1382.

Evirgen, A., 2007. Fotoğraflarla Türkiye Deniz Balıkları. Promar Deniz Malzemeleri, İstanbul. 312s.

FAO, 2017a. Fisheries & Aquaculture - Species Fact Sheets - *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) http://www.fao.org/fishery/species/2632/en Erişim Tarihi: 07.11.2017

FAO, 2017b. Fisheries & Aquaculture - Species Fact Sheets - *Penaeus japonicus* (Bate, 1888) http://www.fao.org/fishery/species/2584/en Erişim Tarihi: 07.11.2017

FAO, 2017c. Fisheries & Aquaculture - Species Fact Sheets – *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758) http://www.fao.org/fishery/species/3208/en Erişim Tarihi: 07.11.2017

FAO, 2017d. Fisheries & Aquaculture - Species Fact Sheets – *Solea solea* (Quensel, 1806) http://www.fao.org/fishery/species/3367/en Erişim Tarihi: 07.11.2017

Fatoki, O. S., Mathabatha, S., 2001. An Assessment of Heavy Metal Pollution in the East London and Port Elizabeth Harbours. Water S. A., 27 (2): 233-240.

Gaspic, Z.K., Zvonaric, T., Vrgoc, N., Odzak, N., Baric, A., 2002. Cadmium and Lead in Selected Tissues of Two Commercially İmportant Fish Species from the Adriatic Sea. Water Research, 36: 5023–5028.

Gencer, Ö., 2014. Mavi Yengeç (*Callinectes Sapidus* Rathbun, 1896)'in Biyolojisi ve Güney Ege'de Toprak Havuzlarda Yetiştiriciliği. Yüksek Lisan Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 83s (yayınlanmamış).

Gey, H., Mordoğan, H., 1988. İzmir Körfezi'ndeki Bazı Deniz Organizmalarında ve İç Körfezin Sahil Kenarı Sedimentlerinde Çeşitli Ağır Metallerin Derişimleri. Doğa T. U. Zooloji D., 216-224.

Golani, D., Öztürk, B., Başusta, N., 2006. Fishes of the Eastern Mediterranean. Türk Deniz Araştırmaları Vakfı, İstanbul. 259s.

Gökoğlu, N., Yerlikaya, P., 2003. Determination of Proximate Composition and Mineral Contents of Blue Crab (*Callinetes sapidus*) and Swim Crab (*Portunus pelagicus*) Cought off the Gulf of Antalya. Food Chemistry, 80: 495-498.

Gümgüm, B., Ünlü, E., Tez, Z., Gülsün, Z., 1994. Heavy Metal Pollution in Water, Sediment and Fish from the Tigris River in Turkey. Chemosphere, 29 (1): 111-116.

Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Timur, S., 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-III. Metalurji Dergisi, 138: 64-71.

Hammond, C.R., 2007. The Element (Lide, D.R. Editör). CRC Handbook of Chemistry and Physics, 88. Edition , CRC Press, 4:1-42.

Holthuis, L.B., 1980. Shrimps and Prawns of the World. An Annotated Catalogue of Species of Interest to Fisheries. FAO Fisheries Synopsis, 125 (1): 46p.

Jewett S.C., Naidu, S., 2000. Assessment of Heavy Metals in Red King Crabs Following Offshore Placer Gold Mining. Marine Pollution Bulletin, 40-6: 478-490.

Jop, K.M., Biever, R.C., Hoberg, J.R., Shepherd, S.P., 1997. Analysis of Metals in Blue Crabs, *Callinectes sapidus*, from Two Connecticut Estuaries. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 58:311-317.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-I. Metalurji Dergisi, 136: 47-53.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-II. Metalurji Dergisi, 137: 46-51.

Kalay, M., Ay, Ö., Canlı, M., 1999. Heavy Metal Concentrations in Fish Tissues from the Northeast Mediterranean Sea. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 63: 673-681.

Kargın, F., Dönmez, A., Çoğun, H.Y., 2001. Distribution of Heavy Metals in Different Tissues of the Shrimp *Penaeus semiculatus* and *Metapenaeus moncerus* from the İskenderun Gulf Turkey: Seasonal Variations. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 66:102-109

Kaynak Giray, A., Taşdemir, Y., 2003. Anaerobik Stabilizasyon Havuzlarında Ağır Metal Giderimi: Bursa Örneği. Çevre Koruma Dergisi, 12 (46): 1-7.

Keskin, Y., Başkaya, R., özyaral, O., Yurdun, T., Lüleci, N.E., Hayran, O., 2007. Cadmium, Lead, Mercury and Copper in Fish from the Marmara Sea, Turkey. Bull Environ Contam Toxicol,78: 258–261.

Kress, N., Herut, B., Shefer, A., 1999. Trace Element Levels in Fish from Clean and Polluted Coastal Marine Sites in the Mediterranean Sea, Red Sea and North Sea. Helgoland Marine Research, 53: 1653-170.

Kruger, T., 2002. Effects of Zinc, Copper and Cadmium on *Oreochromis mossambicus* Free-Embryos and Randomly Selected Mosquito Larvae as Biological İndicators During Acute Toxicity Testing. Master of Science Thesiss, Rand Afrikaans University, Faculty of Science, Johannesburg S.A., 156p. (yayınlanmamış)

Kurtul, I., 2013. Gülbahçe Koyu'nda (Ege Denizi/İzmir Körfezi) Dağılım Gösteren Barbun Balığı'nın (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) Bazı Büyüme Parametreleri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir. 77s. (yayınlanmamış)

Küçüksezgin, F., Kontas, A., Altay, O., Uluturhan, E., Darılmaz, E., 2006. Assessment of Marine Pollution in Izmir Bay: Nutrient, Heavy Metal and Total Hydrocarbon Concentrations. Environment International, 32: 41–51.

Küçüksezgin, F., Kontas, A., Uluturhan, E., 2011. Evaluations of Heavy Metal Pollution in Sediment and *Mullus barbatus* from the Izmir Bay (Eastern Aegean) during 1997–2009. Marine Pollution Bulletin, 62: 1562–1571.

Külcü, A.M., Ayas, D., Köşker, A.R., Yatkın, K., 2014. The Investigation of Metal and Mineral Levels of Some Marine Species from the Northeastern Mediterranean Sea. Journal of Marine Biology & Oceanography, 3 (2): 4s.

Manaşırlı, M., Avşar, D., Yeldan, H., Mavruk, S., 2015. Trace Element (Fe, Cu and Zn) Accumulation in the Muscle Tissues of *Saurida undosquamis*, *Pagellus erythrinus* and *Mullus barbatus* in the Iskenderun Bay, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin Vol:24, No: 5, 1601-1606.

Mendil, D., Demirci, Z., Tüzen, M., Soylak, M., 2010. Seasonal İnvestigation of Trace Element Contents in Commercially Valuable Fish Species from the Black Sea, Turkey. Food and Chemical Toxicology, 48: 865–870.

Mutlu, C., Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., 2011 Comparison of Metal Concentrations in Tissues of Blue Crab, *Callinectes sapidus* from Mediterranean Lagoons. Bull Environ Contam Toxicol, 87: 282–286.

Ololade, I.A., Lajide, L., Amoo, I.A., Oladoja, N.A., 2008. İnvestigation of Heavy Metals Contamination of Edible Marine Seafood. African Journal of Pure and Applied Chemistry, 2(12): 121-131.

Özden, Ö., Erkan, N., Ulusoy, Ş., 2010. Determination of Mineral Composition in Three Commercia Fish Species (*Solea solea, Mullus surmelutus, Merlangius merlangus*) Environmental Monitoring and Assessment, 170:353-363.

Özyurt, C.E., Kiyağa, Y.B., Mavruk, S., Perker, M., 2011. Observation the Changing of Reproductive Seasons of Fishes Depend on Climatic Changes and Modifying to the Fishery Menagement. UNDP-MDGF Enhancing the Capacity of Turkey to Adapt to Climate Change Programme, Final Report, 51p.

Patniak, P., 2010. Handbook of Environmental Analysis. Chemical Pollutants in Air, Water, Soil and Solid Wastes. Second Adition, CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton, 770p.

Petrusevski, B., Sharma, S., Schippers, J.C., Shordt, K., 2007. Arsenic in Drinking Water (McIntyre, P. Editör). IRC International Water and Sanitation Centre, CW Delft, Nederland, 61p.

Piratheepa, S., Chitravadivelu, K., Edrisinghe, U., 2016. Taxonomic Study and Identification Key to the Species of the Shrimps, Particularly the Family Penaeidae in Kakkaithivu Coastal Waters, Jaffna, Sri Lanka. İnternational Journal of Scientific and Research Publications, 6(5): 424-432.

R Core Team, 2016. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Reed, L.A., Pennington, P.L., Wırth, E., 2010. A Survey of Trace Element Distribution in Tissues of Stone Crabs (*Menippe mercenaria*) from South Carolina Coastal Waters. Marine Pollution Bulletin, 60: 2297-2302.

Riedel, G.F., 2008. Copper (S.E. Jørgensen editör). Encyclopedia of Ecology, First Edition, Vol:1, Spain, 778-783.

Roth, I., Hornung, H., 1977. Heavy Metal Concentration in Water, Sediments, and Fish from Mediterranean Coastal Area, İsrael. Environmental Science and Technology, 11: 265-269.

Russell, B., Carpenter,K.E., Pollard, D., Mann, B.Q., Buxton, C.D., 2014. *Lithognathus mormyrus*. The IUCN Red List of Threatened Species. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T170160A1284573.en Erişim Tarihi: 07.11.2017

Sağlamtimur, B,. Cicik, B., Erdem, C., 2003. Farklı Ortam Derişimlerinin Etkisinde Bakır ve Bakır (+) Kadmiyum Karışımının Tatlısu Çipurası'nın (*Oreochromis niluticus*, L.) Solungaç, Karaciğer, Böbrek ve Kas Dokularındaki Bakır Bikrimi Üzerine Etkileri. Turk. J. Vet. Anim. Sci., 27: 813-820.

Sandorini, V., Smith, C.M.M., 2002. Microwave Digestion of Sludge, Soil and Sediment Samples for Metal Analysis by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry. Analytica Chimica Acta, 468:335-344.

Schuhmacher, M., Bosque, M.A., Domingo, J.L., Corbella, J., 1990. Lead and Cadmium Concentrations in Marine Organisms from the Terragona Coastal Waters, Spain. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 44: 784-789.

Sert, S.C., 2008. Ağ Kafeslerde Alternatif Sparidae Türlerinin; Sinagrit (*Dentex Dentex* L.,1758), Sivriburun Karagöz (*Diplodus puntazzo* Cetti,1777), Kırma Mercan (*Pagellus erythrinus* L., 1758), Mırmır (*Lithognathus mormyrus* L., 1758), Çipura 'ya (*Sparus aurata* L., 1758) Göre Gelişim Parametrelerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 62s. (yayınlanmamış)

Shrivastava, P., Saxena, A., Swarup, A., 2003. Heavy Metal Pollution in a Sewage-fed Lake of Bhopal. Lakes & Resevoirs: Research and Management, 8:1-4.

Sorensen, E.M.B., 2000. Metal Poisining in Fish. CRC Press, Boca Raton, Florida, 374p.

Storelli, M.M., Marcotrigiano, G.O., 2005. Bioindicator Organism: Heavy Metal Pollution Evaluation in the Ionian Sea (Mediterranean Sea-Italy). Environmental Monitoring and Assessment, 102: 159–166.

Tepe, Y., 2009. Metal concantrations in Eight Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas. Environmental Monitoring and Assessment, 96: 183–189.

Tezcan, R., Tezcan, H., 2007. Metaller Kimyası. Nobel Yayınevi, Ankara, 288s

Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç., Yılmaz, Y.Z., 2004. Heavy Metal Levels in Biota and Sediments in the Northern Coast of the Marmara Sea. Environmental Monitoring and Assessment, 96: 183–189.

Tous, P., Sidibe, A., Mbye, E., De Morais, L., Camara, Y.H., Adeofe, T.A., Monroe, T., Camara,K., Cissoko, K., Djiman, R., Sagna, A., Sylla, M., 2015. *Solea solea* Southport Sole. The IUCN Red List of Threatened Species. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T198739A15595369.en Erişim Tarihi: 07.11.2017

TSE, 1997. Sular-İçme ve Kullanma Suları, Standart No: 266 Ankara, 27s.

TÜİK, 2017. Türkiye Sularındaki Bazı Balık Türlerinin Yıllar İtibarıyla Avlanma Üretim Bilgileri. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr Erişim Tarihi: 07.11.2017

Tuncel, S.G., Tuğrul, S., Topal, T., 2007. A Case Study on Trace Metals in Surface Sediments and Dissolved Inorganic Nutrients in Surface Water of Ölüdeniz Lagoon-Mediterranean, Turkey. Water Research, 41: 365-372.

Turan, C., Dural, M., Öksüz, A., Öztürk, B., 2009. Levels of Heavy Metals in Some Commercial Fish Species Captured from the Black Sea and Mediterranean Cosat of Turkey. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 82:601-604.

Türeli, C., 1999. İskenderun Körfezi'ndeki mavi Yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896)'in Bazı Biyolojik Özellikleri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, 176s. (yayınlanmamış)

Türeli, C,. Çelik, M,. Erdem, Ü., 2000. İskendurun Körfez'indeki Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) ve Kum Yengeçleri (*Portunus pelagicus* Linnaeus,1758)'de Et Kompozisyonu ile Veriminin Araştırılması. Turk J. Vet. Sci., 24: 195-203.

Türeli, C,. Erdem, Ü., Çelik, M., 2002. Kuzeydoğu Akdeniz, İskendurun Körfez'inde Bulunan Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896)'in Et Kompozisyonu ve Mevsimsel Değişimi. Turk J. Vet. Sci., 26: 1435-1439.

Türkmen, A., 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridye'sinde (*Spondylus spinosus* Schreibers, 1793) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum, 168s (yayınlanmamış)

Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Mazlum, Y., Oymael, S., 2006. Metal Concentrations in Blue Crab (*Callinectes sapidus*) and Mullet (*Mugil cephalus*) in İskenderun Bay, Northern east Mediterranean, Turkey. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 77: 186-193.

Türkmen, G., 2000. Farklı Stok Yoğunluklarında Kuruma Karidesi(*Penaeus japonicus* Bate, 1988)'nin Toprak Havuzlarda Gelişimi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 165s. (yayınlanmamış)

Türkmen, M., 2000a. İskenderun Körfezinde Yaşayan Çizgili Mercan-Mırmır, *Lithognathus mormyrus* L., 1758, Türünün Üreme Biyolojisi. Doğu Anadolu Bölgesi IV. Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum. 14s.

Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Ateş, A., Gökkuş, K., 2008. Determination of Metal Contaminations in Sea Foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: Twelve Fish Species. Food Chemistry, 108: 794–800.

Tüzen, M., 2009. Toxic and Essential Trace Elemental Contents in Fish Species from the Black Sea, Turkey. Food and Chemical Toxicology, 47: 1785–1790.

USEPA, 2006 Edition of The Drinking Water Standarts and Health Advisories. Office of Water. Washington, DC. USA. 18p.

Uluçlu, M.U., 2007. İlk Bulgusu Ekstrapiramidal Semptom Olan Wilson Hastalığı: Olgu Sunumu. Dicle Tıp Dergisi, 34(2): 127-130.

Uluözlü, Ö.D., Tüzen, M., Mendil, D., Soylak, M., 2007. Trace Metal Content in Nine Species of Fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. Food Chemistry, 104: 835–840.

Uysal, K., Emre, Y., Köse, E., 2008. The Determination of Heavy Metal Accumulation Ratios in Muscle, Skin and Gills of Some Migratory Fish Species by İnductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey). Microchemical Journal, 90: 67-70.

Ünlü, H., Gümgüm, B., 1993. Concentrations of Copper and Zinc in Fish and Sediments from the Tigris River in Turkey. Chemosphere, 26 (11): 2055-2061.

Ünsalan, G., 2014. Ağ Kafeslerde Yapılan Orkinos (*Thunnus thynnus*, Linnaeus, 1758) Besiciliğinin Sedimentte Oluşturduğu Ağır Metal (Kurşun, Bakır, Demir, Çinko) Birikim Düzeylerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir. 148s. (yayınlanmamış)

Vahter, M., Berlung, M., Âkesson, A., Lidèn, C., 2002. Metals and Women's Health. Environmental Research Section A, 88: 145-155.

WHO, 2003a. Zinc in Drinking-water: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO Press, Geneva, Switzerland, 10p.

WHO, 2003b. Chromium in Drinking-water: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO Press, Geneva, Switzerland, 13p.

WHO, 2004. Copper in Drinking-water: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO Press, Geneva, Switzerland, 31p.

WHO, 2011a. Lead in Drinking-water: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO Press, Geneva, Switzerland, 26p.

WHO, 2011b. Arsenic in Drinking-water: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO Press, Geneva, Switzerland, 24p.

WHO, 2017. Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition İncorporating the First Addendum. WHO Press, Geneva, Switzerland, 631p.

Wildi, W., Dominik, J., Thomas, R. L., Favarger, P., Haller, L., Perrud, A., Peytremann, C., 2004. River, Reservoir and Lake Sediment Contamination by Heavy Metals Downstream from Urban Areas of Switzerland. Lakes & Reservoirs: Research and Management, 9: 75-87.

Wu, X., Yang, Y., 2011. Heavy Metal (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn and Zn) Concentrations in Harvest-size White Shrimp *Litopenaeus vannamei* Tissues from Aquaculture and Wild Source. Journal of Food Composition and Analysis, 24: 62–65.

Yabanlı, M., Alparslan, Y., 2015. Potential Health Hazard Assessment in Terms of Some Heavy Metals Determined in Demersal Fishes Caught in Eastern Aegean Sea. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 95: 494-498.

Yılmaz, A.B., 2005. Comparison of Heavy Metal Levels of Grey Mullet (*Mugil cephalus* L.) and Sea Bream (*Sparus aurata* L.) Caught in İskenderun Bay (Turkey). Turk J. Vet. Anim. Sci., 29: 257-262.

Yılmaz, A.B., Yılmaz, L., 2007. Influences of Sex and Seasons on Levels of Heavy Metals in Tissues of Green Tiger Shrimp (*Penaeus semisulcatus* de Hann, 1844) Food Chemistry, 101: 1664–1669.

Yılmaz, H., 2014. İskenderun Körfezi'nde Yakalanan Mırmır (*Lithognathus mormyrus* L.,1758)'ın Bazı Üreme Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bililimleri Enstitüsü, Adana, 59s (yayınlanmamış).

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Mersin'in Erdemli ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini burada tamamladıktan sonra 1998 yılında Malatya Ziraat Meslek Lisesinden mezun oldu. 2002 yılında İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ni bitirdi. 2008 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesinde Yüksek Lisansını tamamladı. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı'nda Doktora eğitimine başladı. 2000-2012 yılları arasında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı bünyesindeki Kayseri, Van ve Mersin Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüklerinde teknisyen, mühendis ve şef olarak çalıştı. 2012 yılından itibaren aynı bakanlık bünyesinde bulunan Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu'nda uzman olarak görev yapmaktadır. Evli ve 2 çocuk babasıdır.

EKLER

Ek 1. Mersin İstasyonu İtibariyle Deniz Suyunda Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (µg/l)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.1180	0.3460	8.7390	4.3760	2.8060	4.1690
	TEMMUZ	0.1630	0.3170	8.4210	4.7680	2.8650	4.3370
	AĞUSTOS	0.1270	0.3090	8.0270	4.3510	2.6790	4.6740
	EYLÜL	0.1470	0.3860	9.3480	4.9920	2.3860	4.4460
	EKİM	0.2640	0.4180	9.6610	5.0080	2.8920	4.9620
	KASIM	0.1950	0.4760	9.8830	5.1790	3.3720	4.8370
	ARALIK	0.2110	0.4220	10.056	5.2960	3.6640	5.3430
2011	OCAK	0.2760	0.3790	10.655	4.9770	3.1590	5.7380
	ŞUBAT	0.2950	0.3110	9.6610	4.9820	3.7470	5.2680
	MART	0.1960	0.2970	9.8770	4.6700	2.9690	5.9730
	NİSAN	0.1730	0.3080	9.5450	4.3840	3.6680	5.6620
	MAYIS	0.2080	0.3380	9.3770	4.0680	2.8450	5.9460
ORTALAMA		**0.1978±0,0165**	**0.3589±0,0165**	**9.4375±0,2112**	**4.7543±0,1107**	**3.0877±0,1258**	**5.1129±0,1832**

Ek 2. Erdemli İstasyonu İtibariyle Deniz Suyunda Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (µg/l)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0680	0.1920	8.7350	3.6920	2.7910	3.8480
	TEMMUZ	0.0980	0.2170	9.1380	3.7660	2.9680	3.9550
	AĞUSTOS	0.0640	0.2640	8.0630	3.4930	2.8880	3.7660
	EYLÜL	0.1510	0.2960	10.3360	3.9920	2.9150	4.0060
	EKİM	0.1220	0.1800	12.7430	4.3840	3.0090	4.1770
	KASIM	0.0940	0.1760	12.6710	4.0060	3.1200	4.3380
	ARALIK	0.1000	0.2490	13.3670	4.2200	2.9330	4.2960
2011	OCAK	0.0790	0.2770	12.0330	3.8110	3.0070	4.7710
	ŞUBAT	0.1920	0.1660	11.3640	3.9440	3.2790	4.3370
	MART	0.0690	0.1950	9.6710	4.1270	3.4240	4.2820
	NİSAN	0.0370	0.2060	11.3940	4.0080	3.0080	3.9460
	MAYIS	0.0820	0.1830	10.3770	3.8840	3.6470	3.9970
ORTALAMA		**0.0964±0,0121**	**0.2168±0,0126**	**10.8244±0,4942**	**3.9439±0,0693**	**3.0824±0,0717**	**4.1433±0,0806**

Ek 3. Silifke İstasyonu İtibariyle Deniz Suyunda Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (µg/l)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	<0.005	0.1640	9.6220	2.5540	1.9310	3.3720
	TEMMUZ	0.0240	0.1220	11.8310	2.7460	2.0300	3.6690
	AĞUSTOS	0.1180	0.1940	13.9270	2.8640	2.5490	3.7420
	EYLÜL	0.0620	0.0980	12.3960	2.9370	2.7780	3.3660
	EKİM	0.0180	0.1510	17.8340	3.3600	2.6940	3.9770
	KASIM	0.0540	0.1720	25.6340	3.4920	3.0180	4.0080
	ARALIK	0.0090	0.1640	28.0800	2.9670	2.9570	4.1470
2011	OCAK	0.0670	0.2050	32.7560	3.3180	3.1190	4.5910
	ŞUBAT	0.0920	0.1740	25.1970	2.6770	3.2570	4.1440
	MART	0.0460	0.1040	27.6380	2.8880	3.0040	3.8160
	NİSAN	0.0240	0.1910	22.1370	3.0610	2.9810	3.3340
	MAYIS	0.0940	0.1430	16.3540	2.8420	2.3760	3.0460
ORTALAMA		**0.0507±0,0108**	**0.1568±0,0100**	**20.2838±2,1947**	**2.9755±0,0825**	**2.7245±0,1228**	**3.7677±0,1263**

Ek 4. Mersin Körfezi Sularında Yıl Bazında Saptanan Ortalama Ağır Metal Düzeylerinin Diğer Çalışmalar ve Resmi Değerlerle Karşılaştırılması

Kaynak	Çalışma Sahası	Birim	AĞIR METAL					
			Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
Bu Çalışma	Mersin	µg/l	0.1978	0.3589	9.4375	4.7543	3.0877	5.1129
	Erdemli		0.0963	0.2168	10.8243	3.9439	3.0824	4.1433
	Silifke		0.0507	0.1568	20.2838	2.9755	2.7245	3.7677
	Mersin Körfezi		0.1149	0.2442	13.5152	3.8912	2.9649	4.3413
Alonso Castilla ve ark. (2013)	İspanya Malaga Körfezi	µg/l	N.D.-0.48	N.D.-6.8	---	---	N.D.-2.92	N.D.-1.73
Roth ve Hornung (1977)	Akdeniz (Kuzey İsrail Açıkları)	µg/l	0.94	6.4	---	38.3	3.7	---
Ayas ve ark. (2009)	Mersin	µg/l	0.15-0.44	2.24-14.2	---	---	---	2.63-6.13
Anonymous, (2004b)	---	µg/l	10	100	100	100	10	100

*(N.D: Okumanın Yapıldığı Cihazın Duyarlılık Sınırının Altındaki Değer)

Ek 5. Mersin Körfezi Su Örneklerinde µg/l Olarak Ölçülen Ağır Metal Düzeylerinin Mevsim ve İstasyonlara Göre Dağılımı (Benzer harfler istatistik açıdan benzer grupları göstermektedir.)

Metal	İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Cd	Mersin	0.1360±0.0137^{abc}	0.2020±0.0340^{cd}	0.2607±0.0254^{d}	0.1923±0.0103^{bcd}	**0.1978±0.0165^{B}**
	Erdemli	0.0767±0.0107^{ab}	0.1223±0.0165^{abc}	0.1237±0.0347^{abc}	0.0627±0.0134^{a}	**0.0964±0.0121^{A}**
	Silifke	0.0473±0.036^{a}	0.0447±0.0135^{a}	0.0560±0.0246^{a}	0.0547±0.0207^{a}	**0.0507±0.0108^{A}**
	Ortalama	**0.0867±0.0174**	**0.1230±0.0255**	**0.1468±0.0333**	**0.1032±0.0236**	**0.1149±0.0128**
Pb	Mersin	0.3240±0.0112^{cd}	0.4267±0.0263^{d}	0.3707±0.0323^{d}	0.3143±0.0123^{bcd}	**0.3589±0.0165^{C}**
	Erdemli	0.2243±0.0211^{abc}	0.2173±0.0394^{abc}	0.2307±0.0333^{abc}	0.1947±0.0066^{ab}	**0.2168±0.0126^{B}**
	Silifke	0.1600±0.0209^{a}	0.1403±0.0220^{a}	0.1810±0.0123^{a}	0.1460±0.0252^{a}	**0.1568±0.0100^{A}**
	Ortalama	**0.2361**±0.0256	**0.2614±0.0454**	**0.2608±0.0316**	**0.2183±0.0263**	**0.2442±0.0161**
As	Mersin	8.3957±0.2059^{a}	9.6307±0.1552^{a}	10.1240±0.2890^{a}	9.5997±0.1469^{a}	**9.4375±0.2112^{A}**
	Erdemli	8.6453±0.3135^{a}	11.9167±0.7906^{ab}	12.2547±0.5887^{ab}	10.4807±0.5001^{ab}	**10.8244±0.4942^{A}**
	Silifke	11.7933±1.2429^{ab}	18.6213±3.8417^{bc}	28.6777±2.2025^{d}	22.0430±3.2577^{cd}	**20.2838±2.1947^{B}**
	Ortalama	**9.6114±0.6628$^{\beta}$**	**13.3896±1.7617$^{\beta\circ}$**	**17.0188±3.0050°**	**14.0411±2.2193$^{\beta\circ}$**	**13.5152±1.0948**
Zn	Mersin	4.4983±0.1350^{de}	5.0597±0.0598^{e}	5.0850±0.1055^{e}	4.3740±0.1739^{d}	**4.7543±0.1107^{C}**
	Erdemli	3.6503±0.0815^{bc}	4.1273±0.1284^{cd}	3.9917±0.1204^{cd}	4.0063±0.0702^{cd}	**3.9439±0.0693^{B}**
	Silifke	2.7213±0.0903^{a}	3.2630±0.1674^{ab}	2.9873±0.1853^{a}	2.9303±0.0667^{a}	**2.9755±0.0825^{A}**
	Ortalama	**3.6233±0.2619**	**4.1500±0.2670**	**4.0213±0.3110**	**3.7702±0.2241**	**3.8912±0.1327**
Cu	Mersin	2.7833±0.0549^{ab}	2.8833±0.2847^{ab}	3.5233±0.1837^{b}	3.1607±0.2562^{b}	**3.0877±0.1258**
	Erdemli	2.8823±0.0512^{ab}	3.0147±0.0592^{ab}	3.0730±0.1052^{b}	3.3597±0.1872^{b}	**3.0824±0.0717**
	Silifke	2.1700±0.1916^{a}	2.8300±0.0971^{ab}	3.1110±0.0867^{b}	2.7870±0.2056^{ab}	**2.7245±0.1228**
	Ortalama	**2.6119±0.1262$^{\beta}$**	**2.9093±0.0926$^{\beta\circ}$**	**3.2358±0.0978°**	**3.1025±0.1377°**	**2.9649±0.0678**
Cr	Mersin	4.3933±0.1485^{cd}	4.7483±0.1554^{de}	5.4497±0.1458^{ef}	5.8603±0.0995^{f}	**5.1129±0.1832^{B}**
	Erdemli	3.8563±0.0547^{ac}	4.1740±0.0959^{bcd}	4.4680±0.1520^{cd}	4.0750±0.1045^{ad}	**4.1433±0.0806^{A}**
	Silifke	3.5943±0.1131^{ab}	3.7837±0.2090^{ac}	4.2940±0.1485^{bcd}	3.3987±0.2246^{a}	**3.7677±0.1263^{A}**
	Ortalama	**3.9480±0.1303$^{\beta}$**	**4.2352±0.1614$^{\beta\circ}$**	**4.7372±0.1946°**	**4.4447±0.3751$^{\beta\circ}$**	**4.3413±0.1227**

Ek 6. Mersin İstasyonu İtibariyle Sedimentte Kuru Ağırlık Olarak Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.3620	1.7880	12.4630	12.1200	8.6420	111.8460
	TEMMUZ	0.3080	1.8340	11.2570	12.4640	7.6920	113.9420
	AĞUSTOS	0.4330	1.7970	11.8620	13.0040	6.5660	112.6730
	EYLÜL	0.4170	1.5550	10.3540	12.9420	7.1940	118.5240
	EKİM	0.3960	1.9670	10.7860	13.3330	7.8830	114.6270
	KASIM	0.4630	1.8410	12.8440	13.6910	8.1170	116.3540
	ARALIK	0.4210	2.1770	12.3710	14.6270	7.9070	119.8820
2011	OCAK	0.4070	1.9920	11.9460	14.0090	8.9220	120.0270
	ŞUBAT	0.3550	2.3440	13.6420	14.7280	9.0080	122.3860
	MART	0.3170	1.7760	12.5170	13.6150	8.3540	118.6270
	NİSAN	0.3490	1.8420	10.6830	12.6620	8.7610	117.3840
	MAYIS	0.3990	1.9180	11.4440	11.3470	7.9830	112.6770
ORTALAMA		**0.3856±0,0137**	**1.9026±0,0588**	**11.8474±0,2816**	**13.2118±0,2892**	**8.0858±0,2084**	**116.5791±0,9880**

Ek 7. Erdemli İstasyonu İtibariyle Sedimentte Kuru Ağırlık Olarak Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.2840	1.1880	2.7030	6.3640	2.2960	52.6840
	TEMMUZ	0.2290	1.2030	2.8510	7.2940	2.4920	56.8420
	AĞUSTOS	0.2930	1.2760	3.5790	9.7360	4.7740	62.3940
	EYLÜL	0.3270	1.4510	2.9640	9.3640	6.6820	58.2660
	EKİM	0.3180	1.3670	3.4750	8.7170	4.9610	53.8920
	KASIM	0.2610	1.3840	3.6810	6.2980	5.0030	61.0060
	ARALIK	0.2770	1.4920	3.8450	8.3870	4.6490	59.1880
2011	OCAK	0.2720	1.5070	4.0440	9.8720	5.8000	66.7000
	ŞUBAT	0.3410	1.5600	3.9120	7.5550	3.8110	54.8220
	MART	0.3220	1.5430	4.1390	6.3290	5.4270	55.0460
	NİSAN	0.2980	1.3040	3.2770	7.8810	3.9900	51.9330
	MAYIS	0.2640	1.2510	3.6130	6.9790	2.6680	58.6170
ORTALAMA		**0.2905±0,0094**	**1.3772±0,0384**	**3.5069±0,1359**	**7.8980±0,3798**	**4.3794±0,3958**	**57.6159±1,2500**

Ek 8. Silifke İstasyonu İtibariyle Sedimentte Kuru Ağırlık Olarak Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.2650	1.0700	3.2330	4.3190	1.5290	42.5550
	TEMMUZ	0.2860	1.0350	3.1680	4.3460	1.3650	45.6680
	AĞUSTOS	0.2540	1.0520	3.4530	4.2920	1.6930	44.3700
	EYLÜL	0.3010	1.1570	2.9300	4.9020	1.9530	44.6690
	EKİM	0.2490	1.0580	3.5280	5.3690	1.7790	49.7850
	KASIM	0.2670	1.2010	2.8970	5.9290	2.0080	51.0350
	ARALIK	0.2280	1.1720	3.1320	7.6920	2.2380	53.6740
2011	OCAK	0.2350	1.2320	5.1780	6.5540	2.4000	56.5500
	ŞUBAT	0.2450	1.2700	2.5680	6.2640	2.4910	55.6810
	MART	0.2820	1.2690	3.2970	5.7890	2.6550	52.9990
	NİSAN	0.2340	1.0830	2.5150	6.0050	2.5720	48.6650
	MAYIS	0.2150	1.1960	2.6570	5.4930	1.9970	46.7400
ORTALAMA		**0.2551±0,0075**	**1.1496±0,0250**	**3.2130±0,2028**	**5.5795±0,2952**	**2.0567±0,1214**	**49.3659±1,3503**

Ek 9. Mersin Körfezi Sedimentinde Yıl Bazında Saptanan Ortalama Ağır Metal Düzeylerinin Diğer Çalışmalar ve Resmi Değerlerle Karşılaştırılması (k.a: Kuru Ağırlık)

Kaynak	Çalışma Sahası	Birim	AĞIR METAL					
			Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
Bu Çalışma	Mersin	mg/kg (k.a.)	0.3856	1.9026	11.8474	13.2118	8.0858	116.5791
	Erdemli		0.2905	1.3772	3.5069	7.8980	4.3794	57.6158
	Silifke		0.2551	1.1496	3.2130	5.5795	2.0567	49.3659
	Mersin Körfezi		0.3104	1.4765	6.1891	8.8964	4.8406	74.5203
Doğan-Sağamtimur ve Kumbur (2010)	Mersin Limanı	µg/g (k.a.)	---	19.02	---	---	18.23	---
	Karaduvar		---	45.61	---	---	44.67	---
Fatoki ve Mathabatha (2001)	Doğu Londra limanı	mg/kg (k.a.)	0.12-1.63	3.2-84.2	---	26.1-332.0	12.7-183.0	---
	Port Elizabet limanı	mg/kg (k.a.)	0.3-4.0	9.0-61.9	---	18.8-126.0	8.6-82.3	---
Dalman ve ark. (2006)	İzmir körfezi	mg/kg (k.a.)	0.56	20	---	80.8	25.2	---
Küçüksezgin ve ark. (2006)	İzmir körfezi	mg/kg (k.a.)	0.003-0.82	14-113	---	---	---	29-316
Duman ve ark. (2012)	Kuzey Kıbrıs	mg/kg (k.a.)	---	1.6–9.2	3.3–55.4	5.0–78	1.6–74	9.0–46
Alonso Castillo ve ark. (2013)	ispanya	mg/kg (k.a.)	0.021-0.283	7.92-37.1	---	---	4.31-26	81-370
Aksu ve Taşkın (2012)	İstanbul ve marmara	mg/kg (k.a.)	0.19-1.16	32-122	---	---	---	62-372
Tuncel ve ark. (2007)	Ölüdeniz	mg/kg	---	7	---	15	7	34
Anonymous (2005b.)		mg/kg	1	50	20	150	50	100

Ek 10. Mersin Körfezi Sedimentinde mg/kg Olarak Ölçülen Ağır Metal Düzeylerinin Mevsim ve İstasyonlara Göre Dağılımı (Benzer harfler istatistik açıdan benzer grupları göstermektedir.)

Metal	İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Cd	Mersin	0.3677±0.0362^{bd}	0.4253±0.0198^{d}	0.3943±0.0201^{cd}	0.3550±0.0239^{bc}	**0.3856±0.0137^{B}**
	Erdemli	0.2687±0.0200^{ab}	0.3020±0.0207^{abc}	0.2967±0.0222^{abc}	0.2947±0.0168^{abc}	**0.2905±0.0094^{A}**
	Silifke	0.2683±0.0094^{ab}	0.2723±0.0152^{ab}	0.2360±0.0049^{a}	0.2437±0.0199^{a}	**0.2551±0.0075^{A}**
	Ortalama	**0.3016±0.0206**	**0.3332±0.0252**	**0.3090±0.0247**	**0.2978±0.0191**	**0.3104±0.0110**
Pb	Mersin	1.8063±0.0141^{de}	1.7877±0.1219^{de}	2.1710±0.1017^{f}	1.8453±0.0410^{e}	**1.9026±0.0588^{C}**
	Erdemli	1.2223±0.0272^{ac}	1.4007±0.0256^{bc}	1.5197±0.0206^{cd}	1.3660±0.0898^{bc}	**1.3772±0.0384^{B}**
	Silifke	1.0523±0.0101^{a}	1.1387±0.0423^{ab}	1.2247±0.0285^{ac}	1.1827±0.0541^{ab}	**1.1496±0.0250^{A}**
	Ortalama	**1.3603±0.1145$^{\beta}$**	**1.4424±0.1016$^{\beta}$**	**1.6385±0.1432$^{\delta}$**	**1.4647±0.1040$^{\beta}$**	**1.4765±0.0585**
As	Mersin	11.8607±0.3481^{b}	11.328±0.7682^{b}	12.6530±0.5024^{b}	11.5480±0.5320^{b}	**11.8474±0.2816^{B}**
	Erdemli	3.0443±0.2707^{a}	3.3733±0.2131^{a}	3.9337±0.0585^{a}	3.6763±0.2508^{a}	**3.5069±0.1359^{A}**
	Silifke	3.2847±0.0862^{a}	3.1183±0.2051^{a}	3.6260±0.7929^{a}	2.8230±0.2405^{a}	**3.2130±0.2028^{A}**
	Ortalama	**6.0632±1.4556**	**5.9399±1.3683**	**6.7376±1.5030**	**6.0158±1.4006**	**6.1891±0.6871**
Zn	Mersin	12.5293±0.2573^{d}	13.3220±0.2163^{d}	14.4547±0.2247^{d}	12.5413±0.6564^{d}	**13.2118±0.2892^{C}**
	Erdemli	7.798±1.0055^{bc}	8.1263±0.9331^{bc}	8.6047±0.6777^{c}	7.0630±0.4500^{bc}	**7.8980±0.3798^{B}**
	Silifke	4.3190±0.0156^{a}	5.4000±0.2969^{ab}	6.8367±0.4358^{ac}	5.7623±0.1484^{ab}	**5.5795±0.2952^{A}**
	Ortalama	**8.2154±1.2268**	**8.9494±1.1973**	**9.9654±1.1760**	**8.4555±1.0623**	**8.8964±0.5695**
Cu	Mersin	7.6333±0.6000ef	7.7313±0.2770^{ef}	8.6123±0.3535^{f}	8.3660±0.2247^{f}	**8.0857±0.2084^{C}**
	Erdemli	3.1873±0.7953^{ad}	5.5487±0.5668^{de}	4.7533±0.5765^{cd}	4.0283±0.7967^{bd}	**4.3794±0.3958^{B}**
	Silifke	1.529±0.0947^{a}	1.9133±0.0690^{ab}	2.3763±0.0740^{ab}	2.4080±0.2069^{abc}	**2.0567±0.1214^{A}**
	Ortalama	**4.1165±0.9559**	**5.0644±0.8680**	**5.2473±0.9295**	**4.9341±0.9228**	**4.8406±0.4457**
Cr	Mersin	112.8203±0.6095^{d}	116.5017±1.1274^{d}	120.7650±0.8116^{d}	116.2293±1.8120^{d}	**116.5791±0.9880^{C}**
	Erdemli	57.3067±2.8126^{bc}	57.7213±2.0716^{bc}	60.2367±3.4687^{c}	55.1987±1.9310^{bc}	**57.6159±1.2500^{B}**
	Silifke	44.1977±0.9028^{a}	48.4963±1.9474^{ab}	55.3017±0.8516^{bc}	49.4680±1.8509^{ab}	**49.3659±1.3503^{A}**
	Ortalama	**71.4416±10.5523**	**74.2398±10.6856**	**78.7678±10.5764**	**73.6320±10.7220**	**74.5203±5.1041**

Ek 11. Mersin İstasyonu İtibariyle *C. sapidus*'un Kas Doku Yaş Ağırlığında Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0035±0.0017	0.0340±0.0054	0.0760±0.0087	33.7601±9.0346	3.2005±0.7183	0.1518±0.0426
	TEMMUZ	0.0053±0.0016	0.0308±0.0059	0.0726±0.0151	32.8279±8.3272	4.4640±1.6261	0.1003±0.0015
	AĞUSTOS	0.0020±0.0001	0.0255±0.0059	0.0841±0.0098	39.7156±1.2685	3.7262±0.3726	0.1222±0.0609
	EYLÜL	0.0063±0.0037	0.0359±0.0022	0.0843±0.0089	28.7685±9.1810	6.6542±1.4956	0.0607±0.0360
	EKİM	0.0015±0.0003	0.0347±0.0033	0.0804±0.0067	38.7685±2.3660	4.5926±0.3357	0.1542±0.0522
	KASIM	0.0062±0.0008	0.0375±0.0046	0.0353±0.0089	34.7321±3.2512	8.9049±1.7769	0.1412±0.0452
	ARALIK	0.0018±0.0002	0.0209±0.0013	0.0928±0.0049	42.2311±2.3557	3.7199±0.3683	0.0822±0.0271
2011	OCAK	0.0075±0.0006	0.0417±0.0085	0.0569±0.0237	16.6314±6.1951	1.6083±0.1010	0.0860±0.0100
	ŞUBAT	0.0031±0.0019	0.0395±0.0096	0.0914±0.0012	29.0298±11.9407	3.5194±0.9906	0.0805±0.0182
	MART	0.0016±0.0004	0.0314±0.0026	0.0922±0.0016	31.2839±9.7979	4.4338±0.3174	0.0580±0.0336
	NİSAN	0.0080±0.0037	0.0358±0.0039	0.0732±0.0099	27.0511±7.4864	7.3749±1.3782	0.0803±0.0421
	MAYIS	0.0085±0.0037	0.0347±0.0038	0.0489±0.0186	30.9638±3.9059	3.3769±1.0098	0.1558±0.0433
ORTALAMA		**0.0046±0.0007**	**0.0335±0.0016**	**0.0740±0.0041**	**32.1470±2.0215**	**4.6313±0.4126**	**0.1061±0.0109**

Ek 12. Erdemli İstasyonu İtibariyle *C. sapidus*'un Kas Doku Yaş Ağırlığında Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0028±0.0005	0.0216±0.0060	0.0906±0.0059	36.2718±0.4602	3.8112±0.7336	0.0735±0.0735
	TEMMUZ	0.0022±0.0005	0.0188±0.0049	0.0915±0.0107	33.7413±7.4920	3.9449±1.0010	0.0748±0.0496
	AĞUSTOS	0.0017±0.0009	0.0229±0.0048	0.0853±0.0046	31.9151±6.3908	3.5988±0.5646	0.0746±0.0497
	EYLÜL	0.0081±0.0035	0.0449±0.0031	0.0690±0.0112	36.4783±2.2169	5.1692±0.6075	0.0814±0.0259
	EKİM	0.0028±0.0003	0.0308±0.0101	0.0793±0.0033	37.9124±3.5362	4.0041±0.2648	0.0327±0.0173
	KASIM	0.0017±0.0002	0.0295±0.0032	0.0924±0.0107	41.4244±3.8090	6.1131±0.2834	0.0515±0.0091
	ARALIK	0.0012±0.0005	0.0193±0.0014	0.0910±0.0073	31.8212±6.3617	3.6122±0.5756	0.1481±0.0488
2011	OCAK	0.0034±0.0006	0.0144±0.0016	0.0653±0.0226	34.1481±4.9941	2.7426±0.2021	<0.001
	ŞUBAT	0.0031±0.0008	0.0169±0.0033	0.0911±0.0084	31.0236±3.4052	3.7585±0.4872	0.0866±0.0678
	MART	0.0022±0.0003	0.0243±0.0088	0.0869±0.0136	35.3648±1.2833	4.4601±0.3382	0.1025±0.0590
	NİSAN	0.0042±0.0018	0.0390±0.0056	0.0953±0.0071	37.7884±3.5537	4.7453±0.3816	0.0566±0.0053
	MAYIS	0.0029±0.0003	0.0259±0.0049	0.0640±0.0219	36.0273±2.7801	3.8429±0.4468	0.0216±0.0216
ORTALAMA		**0.0030±0.0004**	**0.0257±0.0020**	**0.0835±0.0034**	**35.3264±1.1498**	**4.1502±0.1905**	**0.0670±0.0121**

Ek 13. Silifke İstasyonu İtibariyle *C. sapidus*'un Kas Doku Yaş Ağırlığında Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0045±0.0019	0.0147±0.0075	0.0646±0.0274	40.5957±1.2093	4.8828±1.3972	0.0746±0.0098
	TEMMUZ	0.0021±0.0008	0.0213±0.0019	0.0777±0.0048	35.7624±1.5089	5.2924±1.6435	0.0690±0.0185
	AĞUSTOS	0.0032±0.0021	0.0126±0.0064	0.0581±0.0246	40.1203±2.5442	5.1431±**1.2660**	0.0699±0.0288
	EYLÜL	0.0063±0.0033	0.0217±0.0100	0.0377±0.0068	32.6702±4.4291	5.4693±0.4071	0.0316±0.0316
	EKİM	0.0056±0.0010	0.0196±0.0101	0.0190±0.0044	35.1512±3.8749	10.3555±2.0084	0.0941±0.0143
	KASIM	0.0013±0.0002	0.0215±0.0017	0.0540±0.0116	37.4092±1.9939	6.8012±1.2980	0.0541±0.0075
	ARALIK	0.0010±0.0002	0.0192±0.0007	0.0872±0.0085	39.2931±2.1910	3.9193±0.2415	0.0604±0.0253
2011	OCAK	0.0040±0.0005	0.0224±0.0024	0.0894±0.0040	30.0737±4.6551	3.1067±0.1842	0.0856±0.0122
	ŞUBAT	0.0031±0.0009	0.0228±0.0021	0.0683±0.0230	33.1867±3.5931	5.3114±1.9546	0.0804±0.0131
	MART	0.0031±0.0008	0.0261±0.0035	0.0517±0.0231	35.3531±2.8954	5.9854±1.6094	0.0449±0.0225
	NİSAN	0.0056±0.0034	0.0178±0.0093	0.0564±0.0105	33.9953±5.6241	4.5868±0.4572	0.1617±0.1617
	MAYIS	0.0082±0.0011	0.0066±0.0066	0.0545±0.0252	36.4882±6.9369	5.2416±1.2439	0.0600±0.0301
ORTALAMA		**0.0040±0.0005**	**0.0189±0.0017**	**0.0599±0.0052**	**35.8416±1.0498**	**5.5079±0.4254**	**0.0739±0.0133**

Ek 14. *C. sapidus*'ta Yıl Bazında Saptanan Ortalama Ağır Metal Düzeylerinin Diğer Çalışmalar ve Resmi Değerlerle Karşılaştırılması (y.a: Yaş Ağırlık; k.a: Kuru Ağırlık)

Kaynak	Çalışma Sahası	Birim	AĞIR METALLER					
			Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
Bu Çalışma	Mersin	mg/kg (y.a.)	0.0046	0.0335	0.0740	32.1470	4.6313	0.1061
	Erdemli		0.0030	0.0257	0.0835	35.3264	4.1502	0.0670
	Silifke		0.0040	0.0189	0.0599	35.8416	5.5079	0.0739
	Mersin Körfezi		0.0038	0.0260	0.0725	34.4383	4.7632	0.0823
Mutlu ve ark (2011)	Dörtyol Gölü	µg/g (y.a)	0.03	---	---	18.1	11.7	0.07
	Akyatan Lagünü		0.04	---	---	16.9	6.28	0.13
	Paradeniz Lagünü		0.03	---	---	13.9	5.38	0.06
	Çamlık Lagünü		0.08	---	---	20.1	8.44	0.05
Türkmen ve ark. (2006)	İskenderun Körfezi	mg/kg (k.a.)	1.768	3.513	---	9.074	7.018	4.525
Jop ve ark. (1997)	Quinnipiac Nehri	mg/kg (y.a.)	0.05	0.12	0.76	32.76	15.95	---
	Connecticut Nehri		0.4	0.01	0.62	31.25	16.20	---
Gökoğlu ve Yerlikaya (2003)	Antalya Körfezi	mg/100g (y.a.)	---	---	---	4.7	3.13	---
Ololade ve ark. (2008)	Nijerya	mg/kg (k.a.)	---	---	---	34.33	0.61	---
Anonymous, (2008)	-	mg/kg (y.a.)	0.5	0.5	1	50	20	---

Ek 15. *C. sapidus*'un Kas Dokusunda Yaş Ağırlık İtibariyle mg/kg Olarak Ölçülen Ağır Metal Düzeylerinin Mevsim ve İstasyonlara Göre Dağılımı (Benzer harfler istatistik açıdan benzer grupları göstermektedir.)

Metal	İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Cd	Mersin	0.0036±0.0008	0.0047± 0.0014	0.0042±0.0010	0.0060±0.0019	**0.0046±0.0007**
	Erdemli	0.0022±0.0004	0.0042±0.0014	0.0026±0.0005	0.0031±0.0006	**0.0030±0.0004**
	Silifke	0.0033±0.0009	0.0044±0.0013	0.0027±0.0005	0.0057±0.0013	**0.0040±0.0005**
	Ortalama	**0.0030±0.0004**	**0.0044±0.0008**	**0.0031±0.0004**	**0.0049±0.0008**	**0.0038±0.0004**
Pb	Mersin	0.0301 ± 0.0031^{ac}	0.0360 ± 0.0018^{c}	0.0340 ± 0.0050^{bc}	0.0340 ± 0.0019^{bc}	$\mathbf{0.0335\pm0.0016^{C}}$
	Erdemli	0.0211 ± 0.0027^{ac}	0.0351 ± 0.0040^{bc}	0.0169 ± 0.0013^{a}	0.0297 ± 0.0041^{ac}	$\mathbf{0.0257\pm0.0020^{B}}$
	Silifke	0.0162 ± 0.0032^{a}	0.0202 ± 0.0041^{ab}	0.0215 ± 0.0011^{ac}	0.0169 ± 0.0045^{a}	$\mathbf{0.0189\pm0.0017^{A}}$
	Ortalama	**0.0225±0.0020**	**0.0304±0.0024**	**0.0241±0.0022**	**0.0268±0.0025**	**0.0260±0.0015**
As	Mersin	0.0776 ± 0.0060^{b}	0.0666 ± 0.0089^{ab}	0.0804 ± 0.0091^{b}	0.0714 ± 0.0088^{ab}	$\mathbf{0.0740\pm0.0041^{AB}}$
	Erdemli	0.0891 ± 0.0039^{b}	0.0802 ± 0.0057^{b}	0.0825 ± 0.0085^{b}	0.0821 ± 0.0090^{b}	$\mathbf{0.0835\pm0.0034^{B}}$
	Silifke	0.0668 ± 0.0111^{ab}	0.0369 ± 0.0065^{a}	0.0816 ± 0.0079^{b}	0.0542 ± 0.0103^{ab}	$\mathbf{0.0599\pm0.0052^{A}}$
	Ortalama	$\mathbf{0.0778\pm0.0046^{\beta\delta}}$	$\mathbf{0.0613\pm0.0053^{\beta}}$	$\mathbf{0.0815\pm0.0047^{\delta}}$	$\mathbf{0.0692\pm0.0057^{\beta\delta}}$	**0.0725±0.0032**
Zn	Mersin	35.4346±3.7253	34.0897±3.2374	29.2974±5.4037	29.7663±3.7954	**32.1470±2.0215**
	Erdemli	33.9761±2.9151	38.6050±1.7889	32.3310±2.5762	36.3935±1.4016	**35.3264±1.1498**
	Silifke	38.8261±1.2010	35.0769±1.9198	34.1845±2.2616	35.2788±2.7339	**35.8416±1.0498**
	Ortalama	**36.0789±1.6130**	**35.9239±1.3877**	**31.9376±2.0872**	**33.8129±1.6638**	**34.4383±0.8007**
Cu	Mersin	3.7969 ± 0.5554^{ab}	6.7172 ± 0.9201^{bc}	2.9493 ± 0.4551^{a}	5.0619 ± 0.7806^{ac}	$\mathbf{4.6313\pm0.4126^{AB}}$
	Erdemli	3.7850 ± 0.3968^{ab}	5.0955 ± 0.3692^{ac}	3.3711 ± 0.2756^{a}	4.3494 ± 0.2367^{ab}	$\mathbf{4.1502\pm0.1905^{A}}$
	Silifke	5.1061 ± 0.7245^{ac}	7.5420 ± 1.0110^{c}	4.1125 ± 0.6555^{ab}	5.2713 ± 0.6348^{ac}	$\mathbf{5.5079\pm0.4254^{B}}$
	Ortalama	$\mathbf{4.2293\pm0.3412^{\beta\delta}}$	$\mathbf{6.4516\pm0.4953^{\gamma}}$	$\mathbf{3.4776\pm0.2863^{\delta}}$	$\mathbf{4.8942\pm0.3399^{\beta}}$	**4.7632±0.2825**
Cr	Mersin	0.1248±0.0227	0.1187±0.0268	0.0829±0.0099	0.0980±0.0249	**0.1061±0.0109**
	Erdemli	0.0743±0.0293	0.0552±0.0117	0.0782±0.0323	0.0602±0.0216	**0.0670±0.0121**
	Silifke	0.0712±0.0103	0.0599±0.0137	0.0755±0.0098	0.0889±0.0513	**0.0739±0.0133**
	Ortalama	**0.0901±0.0132**	**0.078±0.0118**	**0.0789±0.0113**	**0.0824±0.0198**	**0.0823±0.0065**

Ek 16. Mersin İstasyonu İtibariyle *P. japonicus'*un Kas Dokusunda Yaş Ağırlıkta Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0062±0.0038	0.0200±0.0070	0.0788±0.0153	6.9778±2.1694	1.4714±0.5654	<0.001
	TEMMUZ	0.0051±0.0039	0.0196±0.0070	0.0818±0.0286	6.4546±1.8550	1.3569±0.3521	<0.001
	AĞUSTOS	0.0106±0.0018	0.0232±0.0008	0.0738±0.0246	5.2338±2.5908	1.5562±0.8748	0.2068±0.1038
	EYLÜL	0.0070±0.0028	0.0062±0.0007	0.0400±0.0106	10.0002±0.4428	4.0635±0.5514	<0.001
	EKİM	<0.0001	0.0051±0.0017	0.0396±0.0075	9.0196±0.5689	3.1143±0.8702	<0.001
	KASIM	0.0051±0.0017	0.0192±0.0056	0.0458±0.0122	11.7056±1.0931	3.7359±0.2674	<0.001
	ARALIK	0.0049±0.0013	0.0265±0.0041	0.0927±0.0106	9.1933±0.3404	1.3259±0.0821	0.2885±0.2885
2011	OCAK	0.0122±0.0007	0.0221±0.0011	0.0911±0.0126	2.6564±0.0541	0.6840±0.0304	<0.001
	ŞUBAT	0.0034±0.0034	0.0049±0.0016	0.0433±0.0102	9.3274±0.6385	3.7711±0.9106	<0.001
	MART	0.0083±0.0042	0.0175±0.0056	0.0712±0.0145	4.7325±2.1261	1.2937±0.6369	<0.001
	NİSAN	0.0060±0.0030	0.0148±0.0053	0.0598±0.0131	6.7802±2.0357	1.2846±0.4263	0.3142±0.3142
	MAYIS	0.0061±0.0032	0.0170±0.0016	0.0525±0.0070	8.8238±3.3192	3.2258±1.3078	<0.001
ORTALAMA		**0.0062±0.0008**	**0.0163±0.0016**	**0.0642±0.0048**	**7.5754±0.5893**	**2.2403±0.2559**	**0.0675±0.0364**

Ek 17. Erdemli İstasyonu İtibariyle *P. japonicus*'un Kas Dokusunda Yaş Ağırlıkta Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0141±0.0051	0.0312±0.0067	0.2107±0.0857	7.1782±2.0313	1.6987±0.6499	0.0451±0.0451
	TEMMUZ	0.0143±0.0064	0.0394±0.0102	0.0925±0.0254	7.3940±1.6914	2.2458±1.1290	0.0380±0.0380
	AĞUSTOS	0.0307±0.0130	0.0326±0.0127	0.1315±0.0327	9.4600±0.6456	2.2347±0.0779	0.1552±0.0828
	EYLÜL	0.0160±0.0027	0.0375±0.0025	0.0572±0.0175	8.0279±0.0861	2.2540±0.4545	<0.001
	EKİM	0.0067±0.0026	0.0442±0.0083	0.1506±0.1159	9.0247±0.2980	3.7083±0.4352	0.0713±0.0394
	KASIM	0.0007±0.0004	0.0043±0.0022	0.1918±0.0026	11.3439±0.8590	3.1762±0.1254	0.2860±0.0173
	ARALIK	0.0222±0.0019	0.0413±0.0056	0.1071±0.0083	9.3223±0.2840	1.1836±0.1537	0.0380±0.0380
2011	OCAK	0.0139±0.0012	0.0177±0.0013	0.1458±0.0157	3.5775±0.2598	1.1536±0.0643	<0.001
	ŞUBAT	0.0094±0.0028	0.0415±0.0080	0.0312±0.0076	8.5517±0.1804	3.5182±0.6004	0.0261±0.0261
	MART	0.0109±0.0035	0.0251±0.0083	0.2284±0.0782	5.4353±2.0937	1.7384±0.6316	0.0455±0.0455
	NİSAN	0.0147±0.0035	0.0450±0.0065	0.1124±0.0445	7.3574±1.8067	2.5671±1.1609	<0.001
	MAYIS	0.0084±0.0036	0.0193±0.0079	0.1295±0.0531	8.3941±2.6887	2.7036±0.7640	0.1199±0.0839
ORTALAMA		**0.0135±0.0017**	**0.0316±0.0027**	**0.1324±0.0159**	**7.9223±0.4647**	**2.3485±0.2033**	**0.0688±0.0171**

Ek 18. Silifke İstasyonu İtibariyle *P. japonicus*'un Kas Dokusunda Yaş Ağırlıkta Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0109±0.0037	0.0387±0.0016	0.0673±0.0254	8.2980±1.4393	2.8974±0.5780	0.0483±0.0483
	TEMMUZ	0.0425±0.0083	0.0368±0.0047	0.1255±0.0138	8.4614±0.3357	1.9593±1.1777	0.0217±0.0217
	AĞUSTOS	0.0260±0.0148	0.0436±0.0141	0.1293±0.0191	7.9225±0.0768	2.5043±0.0708	<0.001
	EYLÜL	0.0135±0.0031	0.0425±0.0023	0.0700±0.0249	8.7899±0.2247	2.9273±0.0826	<0.001
	EKİM	0.0038±0.0005	0.0363±0.0038	0.0226±0.0043	10.2874±1.1612	4.1034±0.1325	<0.001
	KASIM	0.0020±0.0002	<0.0001	0.0520±0.0039	8.4200±0.1856	1.7766±0.5389	0.4356±0.1019
	ARALIK	0.0140±0.0039	0.0303±0.0031	0.0808±0.0085	8.4866±0.4461	1.9095±0.5540	0.0981±0.0241
2011	OCAK	0.0105±0.0027	0.0338±0.0073	0.0936±0.0104	5.4679±0.5714	1.1412±0.5456	<0.001
	ŞUBAT	0.0173±0.0054	0.0427±0.0028	0.0792±0.0242	10.0602±0.9024	3.7363±0.4900	<0.001
	MART	0.0071±0.0027	0.0413±0.0025	0.0747±0.0291	7.6849±1.6457	2.4053±0.7378	<0.001
	NİSAN	0.0046±0.0004	0.0292±0.0068	0.0753±0.0275	7.4721±0.5636	3.2599±1.1026	0.0279±0.0279
	MAYIS	0.0038±0.0011	0.0274±0.0140	0.0643±0.0231	8.7095±1.7000	2.6636±0.8533	0.1665±0.1665
ORTALAMA		**0.0130±0.0023**	**0.0336±0.0025**	**0.0779±0.0067**	**8.3384±0.3028**	**2.6070±0.2109**	**0.0665±0.0250**

Ek 19. *P. japonicus*'ta Yıl Bazında Saptanan Ortalama Ağır Metal Düzeylerinin Diğer Çalışmalar ve Resmi Değerlerle Karşılaştırılması (y.a: Yaş Ağırlık; k.a: Kuru Ağırlık)

Kaynak	Çalışma Sahası	Birim	Çalışılan Tür	Ağır Metal					
				Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
Bu Çalışma	Mersin	mg/kg (y.a.)	*P. japonicus*	0.0063	0.0163	0.0642	7.5754	2.2403	0.0675
	Erdemli			0.0134	0.0316	0.1324	7.9227	2.3485	0.0688
	Silifke			0.0130	0.0336	0.0779	8.3384	2.6070	0.0665
	Mersin Körfezi			0.0109	0.0272	0.0915	7.9454	2.3986	0.0676
Canlı ve ark. (2001)	İskenderun Körfezi	µg/g (k.a.)	*P. japonicus*	0.64	3.70	-	24.7	15.71	1.30
	Karataş			0.91	5.40	-	18.0	18.88	0.97
	Mersin Körfezi			0.82	4.82	-	22.5	22.59	1.16
Kargın ve ark. (2001)	İskenderun Körfezi	µg/g (k.a.)	*P. semisulcatus*	1.0-1.9	5.7-8.5	-	70.2-83.6	30.1-42.2	-
Schuhmacher ve ark. (1990)	İspanya	µg/kg (y.a.)	*P. kerathurus*	<2-17.6	<15-938.7	-	-	-	-
Wu ve Yang (2011)	Çin	mg/kg (k.a.)	*Litopenaeus vannamei*	<0.3	<0.09	-	98.71	30.37	18.43
Yılmaz ve Yılmaz (2007)	İskenderun Körfezi	µg/g (y.a.)	*P. semisulcatus*	-	0.2-0.6	-	4.3-10.3	14.9-42.4	<0.05-13.1
Ergül ve Aksan (2013)	Marmara Denizi	mg/kg (k.a.)	*Penaeus sp.*	0.06	0.16	68.3	37.3	21.0	0.43
Anonymous (2008)	-	mg/kg (y.a.)		0.5	0.5	1	50	20	-

Ek 20. *P. japonicus*'un Kas Dokusunda Yaş Ağırlık İtibariyle mg/kg Olarak Ölçülen Ağır Metal Düzeylerinin Mevsim ve İstasyonlara Göre Dağılımı (Benzer harfler istatistik açıdan benzer grupları göstermektedir.)

Metal	İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Cd	Mersin	0.0073±0.0019^{ab}	0.0040±0.0014^{a}	0.0071±0.0017^{ab}	0.0067±0.0018^{ab}	**0.0062±0.0008^{A}**
	Erdemli	0.0197±0.0052^{bc}	0.0078±0.0025^{ab}	0.0152±0.0021^{ac}	0.0111±0.0020^{ab}	**0.0135±0.0017^{B}**
	Silifke	0.0265±0.0068^{c}	0.0064±0.0020^{ab}	0.0139±0.0023^{ac}	0.0052±0.0010^{a}	**0.0130±0.0023^{B}**
	Ortalama	**0.0178±0.0032$^{\beta}$**	**0.0061±0.0012$^{\beta}$**	**0.0120±0.0014$^{\beta}$**	**0.0078±0.0010$^{\beta}$**	**0.0109±0.0014**
Pb	Mersin	0.0209±0.0029^{ac}	0.0102±0.0028^{a}	0.0178±0.0035^{ac}	0.0165±0.0032^{ab}	**0.0163±0.0016^{A}**
	Erdemli	0.0344±0.0052^{bc}	0.0287±0.0067^{ac}	0.0335±0.0049^{bc}	0.0298±0.0054^{ac}	**0.0316±0.0027^{B}**
	Silifke	0.0397±0.0044^{c}	0.0263±0.0068^{ac}	0.0356±0.0030^{bc}	0.0327±0.0050^{bc}	**0.0336±0.0025^{B}**
	Ortalama	**0.0317±0.0028**	**0.0217±0.0036**	**0.0290±0.0027**	**0.0263±0.0029**	**0.0272±0.0022**
As	Mersin	0.0781±0.0118^{ac}	0.0418±0.0052^{a}	0.0757±0.0098^{ac}	0.0612±0.0066^{ac}	**0.0642±0.0048^{A}**
	Erdemli	0.1449±0.0325^{bc}	0.1332±0.0393^{ac}	0.0947±0.0177^{ac}	0.1568±0.0352^{c}	**0.1324±0.0159^{B}**
	Silifke	0.1074±0.0142^{ac}	0.0482±0.0101^{ab}	0.0846±0.0083^{ac}	0.0715±0.0134^{ac}	**0.0779±0.0067^{A}**
	Ortalama	**0.1101±0.0131**	**0.0744±0.0154**	**0.0850±0.0072**	**0.0965±0.0148**	**0.0915±0.0081**
Zn	Mersin	6.2221±1.1424	10.2418±0.5448	7.0590±1.1206	6.7789±1.4103	**7.5754±0.5893**
	Erdemli	8.0107±0.8656	9.4655±0.5574	7.1505±0.9085	7.0623±1.1948	**7.922±3.4647**
	Silifke	8.2273±0.4346	9.1658±0.4482	8.0049±0.7520	7.9555±0.7276	**8.3384±0.3028**
	Ortalama	**7.4867±0.5110$^{\beta}$**	**9.6244±0.3014$^{\delta}$**	**7.4048±0.5277$^{\beta}$**	**7.2655±0.6437$^{\beta}$**	**7.9454±0.3293**
Cu	Mersin	1.4615±0.3187^{a}	3.6379±0.3373^{b}	1.9270±0.5393^{ab}	1.9347±0.5438^{ab}	**2.2403±0.2559**
	Erdemli	2.0597±0.3874^{ab}	3.0462±0.2818^{ab}	1.9518±0.4310^{ab}	2.3364±0.4658^{ab}	**2.3485±0.2033**
	Silifke	2.4537±0.4029^{ab}	2.9358±0.3729^{ab}	2.2623±0.4674^{ab}	2.7763±0.4726^{ab}	**2.6070±0.2109**
	Ortalama	**1.9916±0.2210$^{\beta}$**	**3.2066±0.1942$^{\delta}$**	**2.0471±0.2687$^{\beta}$**	**2.3491±0.2829$^{\beta\delta}$**	**2.3986±0.1619**
Cr	Mersin	0.0689±0.0457	0.0000	0.0962±0.0962	0.1047±0.1047	**0.0675±0.0364**
	Erdemli	0.0795±0.0350	0.1191±0.0447	0.0214±0.0144	0.0551±0.0326	**0.0688±0.0171**
	Silifke	0.0234±0.0168	0.1452±0.0783	0.0327±0.0178	0.0648±0.0551	**0.0665±0.0250**
	Ortalama	**0.0573±0.0198**	**0.0881±0.0314**	**0.0501±0.0323**	**0.0749±0.0395**	**0.0676±0.0183**

Ek 21. Mersin İstasyonu İtibariyle *S. solea*'ların Kas Doku Yaş Ağırlığında Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0018±0.0013	0.0254±0.0108	0.1554±0.0190	9.3138±1.5088	0.7529±0.1766	0.8645±0.7389
	TEMMUZ	0.0032±0.0011	0.0291±0.0089	0.1474±0.0420	10.6667±1.1336	0.8495±0.0471	0.8329±0.7524
	AĞUSTOS	0.0018±0.0011	0.0239±0.0093	0.1331±0.0770	6.8085±1.9204	0.7256±0.2317	1.4912±1.4238
	EYLÜL	0.0018±0.0013	0.0265±0.0110	0.1937±0.0497	7.1084±2.2651	0.6132±0.1666	2.2242±1.2534
	EKİM	0.0014±0.0005	0.0160±0.0068	0.1627±0.0565	13.2479±1.2138	0.8381±0.0167	0.1861±0.0356
	KASIM	0.0020±0.0013	0.0401±0.0029	0.0702±0.0239	10.8969±0.3326	0.9263±0.1562	0.8536±0.7401
	ARALIK	<0.0001	0.0097±0.0029	0.1761±0.0630	7.5918±2.0256	0.7123±0.1211	1.5322±1.4048
2011	OCAK	0.0030±0.0010	0.0261±0.0022	0.1101±0.0346	7.1293±0.6644	0.5588±0.1167	<0.001
	ŞUBAT	0.0020±0.0009	0.0230±0.0101	0.1065±0.0504	9.5647±1.5704	0.8337±0.2019	0.1307±0.0739
	MART	0.0014±0.0011	0.0209±0.0084	0.1023±0.0528	9.8461±1.6546	0.6535±0.0960	0.1154±0.0749
	NİSAN	0.0007±0.0004	0.0205±0.0059	0.2133±0.0369	5.4475±0.9193	0.4327±0.0326	1.4459±1.4459
	MAYIS	0.0025±0.0012	0.0199±0.0029	0.0627±0.0036	7.3593±0.7912	0.5669±0.0775	<0.001
ORTALAMA		**0.0018±0.0003**	**0.0234±0.0022**	**0.1361±0.0135**	**8.7484±0.4984**	**0.7053±0.0403**	**0.8065±0.2426**

Ek 22. Erdemli İstasyonu İtibariyle *S. solea*'nın Kas Doku Yaş Ağırlığında Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0027±0.0009	0.0382±0.0058	0.4213±0.2813	4.3910±2.3756	0.5605±0.1433	0.0400±0.0400
	TEMMUZ	0.0074±0.0046	0.0716±0.0430	0.1571±0.0164	0.9033±0.7557	0.5960±0.0205	0.0185±0.0185
	AĞUSTOS	0.0005±0.0005	0.0221±0.0007	0.0718±0.0305	5.2272±1.4335	0.3728±0.0873	0.8769±0.8769
	EYLÜL	0.0007±0.0007	0.0289±0.0027	0.0958±0.0161	6.7039±1.0856	0.4818±0.1035	<0.001
	EKİM	0.0007±0.0003	0.0287±0.0039	0.1677±0.0220	6.8830±0.4798	0.5689±0.0280	0.0250±0.0163
	KASIM	<0.0001	0.0261±0.0029	0.0520±0.0165	6.1249±1.0365	0.4036±0.1229	1.0396±0.8080
	ARALIK	0.0009±0.0005	0.0256±0.0036	0.4079±0.2867	8.2559±0.0995	0.5982±0.0833	0.0400±0.0400
2011	OCAK	0.0017±0.0002	0.0271±0.0030	0.1076±0.0259	4.1191±0.3112	0.3576±0.1039	<0.001
	ŞUBAT	0.0005±0.0005	0.0245±0.0031	0.0941±0.0511	5.1433±1.3502	0.3974±0.1097	0.8769±0.8769
	MART	0.0005±0.0005	0.0263±0.0026	0.1104±0.0407	6.0510±1.2996	0.3469±0.1275	0.1626±0.1622
	NİSAN	0.0014±0.0007	0.0293±0.0029	0.1039±0.0105	5.7320±1.1716	0.3653±0.0813	<0.001
	MAYIS	0.0016±0.0002	0.0214±0.0004	0.0869±0.0153	5.1036±1.5852	0.3167±0.0929	<0.001
ORTALAMA		**0.0016±0.0005**	**0.0308±0.0038**	**0.1564±0.0348**	**5.3865±0.4160**	**0.4472±0.0292**	**0.2566±0.1225**

Ek 23. Silifke İstasyonu İtibariyle *S. solea*'nın Kas Doku Yaş Ağırlığında Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0026±0,0002	0.0393±0,0049	0.1099±0,0256	3.8812±2,5844	0.5260±0,1592	<0.001
	TEMMUZ	0.0020±0,0005	0.0371±0,0021	0.1322±0,0160	0.5765±0,0829	0.5396±0,0530	0.0163±0,0082
	AĞUSTOS	0.0021±0,0004	0.0462±0,0073	0.0822±0,0289	5.5626±1,9547	0.5126±0,1259	0.3350±0,3274
	EYLÜL	0.0021±0,0003	0.0501±0,0102	0.0697±0,0245	5.5833±1,8638	0.3973±0,0934	0.0800±0,0681
	EKİM	0.0043±0,0007	0.0329±0,0063	0.0788±0,0088	7.5565±0,6709	0.4637±0,0586	<0.001
	KASIM	0.0024±0,0003	0.0673±0,0048	0.1111±0,0135	6.0338±0,4689	0.5086±0,0672	0.4017±0,3005
	ARALIK	0.0018±0,0005	0.0267±0,0078	0.0884±0,0291	7.7405±0,9320	0.6180±0,0693	0.0082±0,0082
2011	OCAK	0.0023±0,0003	0.0463±0,0018	0.0622±0,0062	1.9233±0,0722	0.2744±0,0413	0.0051±0,0051
	ŞUBAT	0.0028±0,0005	0.0477±0,0060	0.0898±0,0248	4.8625±1,5437	0.4355±0,1074	0.3350±0,3274
	MART	0.0032±0,0003	0.0533±0,0113	0.0746±0,0061	4.3669±1,3316	0.3584±0,0478	0.0051±0,0051
	NİSAN	0.0020±0,0003	0.0437±0,0052	0.0490±0,0062	4.1201±2,0983	0.3026±0,0920	0.0082±0,0082
	MAYIS	0.0022±0,0006	0.0350±0,0120	0.0803±0,0057	3.1609±1,3782	0.3892±0,1283	0.0103±0,0051
ORTALAMA		**0.0025±0,0001**	**0.0438±0,0025**	**0.0857±0,0058**	**4.6140±0,4899**	**0.4438±0,0280**	**0.1004±0,0461**

Ek 24. *S. solea*'da Yıl Bazında Saptanan Ortalama Ağır Metal Düzeylerinin Diğer Çalışmalar ve Resmi Değerlerle Karşılaştırılması (y.a: Yaş ağırlık; k.a: Kuru ağırlık)

Kaynak	Çalışma Sahası	Birim	AĞIR METAL					
			Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
Bu Çalışma	Mersin ist.	mg/kg (y.a.)	0.0018	0.0234	0.1361	8.7484	0.7053	0.8064
	Erdemli ist.		0.0016	0.0308	0.1564	5.3865	0.4473	0.2566
	Silifke ist.		0.0025	0.0438	0.0857	4.6140	0.4438	0.1004
	Mersin Körfezi		0.0020	0.0327	0.1261	6.2496	0.5321	0.3878
Ersoy ve Çelik (2010)	İskenderun Körfezi	mg/kg (y.a.)	0.08	0.23	-	2.45	1.285	0.04
Keskin ve ark. (2007)	Marmara Denizi	mg/kg (y.a.)	0.022	0.133	-	-	0.370	-
Özden ve ark. (2010)	İstanbul	mg/kg (y.a.)	0.032	0.391	0.333	18.927	1.062	1.297
Schuhmacher ve ark (1990)	İspanya	mg/kg (y.a.)	<0.002-0.296	0.096-0.476	-	-	-	-
Roth ve Hornung (1997)	Hayfa Körfezi	mg/kg (k.a.)	0.2	0.3	-	22.1	1.4	1.1
Ergül ve Aksan (2013)	Karadeniz	mg/kg (k.a.)	0.02	0.03	11.0	18.4	2.05	1.44
Anonymous,(2008)	-	mg/kg (y.a.)	0.1	0.3	1	50	20	-

171

Ek 25. *S. solea*'nın Kas Dokusunda Yaş Ağırlık İtibariyle mg/kg Olarak Ölçülen Ağır Metal Düzeylerinin Mevsim ve İstasyonlara Göre Dağılımı (Benzer harfler istatistik açıdan benzer grupları göstermektedir.)

Metal	İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Cd	Mersin	0.0023±0,0006^{ab}	0.0017±0,0005^{ab}	0.0017±0,0006^{ab}	0.0015±0,0006^{ab}	**0.0018±0.0003**
	Erdemli	0.0036±0,0017^{b}	0.0005±0,0003^{a}	0.0010±0,0003^{ab}	0.0011±0,0003^{ab}	**0.0014±0.0005**
	Silifke	0.0022±0,0002^{ab}	0.0029±0,000[illegible]^{ab}	[illegible]3±0,0003^{ab}	0.0025±0,0003^{ab}	**0.0025±0.0001**
	Ortalama	**0.0027±0.0006**	**0.0017±0.00[illegible]**	**[illegible].7±0.0002**	**0.0017±0.0002**	**0.0019±0.0002**
Pb	Mersin	0.0261±0,0049^{ab}	0.0275±0,005[illegible]	[illegible]6±0,0040^{a}	0.0205±0,0031^{a}	**0.0234±0.0022^{A}**
	Erdemli	0.0440±0,0145^{ab}	0.0279±0,001[illegible]	[illegible]7±0,0017^{ab}	0.0257±0,0016^{ab}	**0.0308±0.0038^{A}**
	Silifke	0.0409±0,0029^{ab}	0.0501±0,0062^{b}	0.0402±0,0045^{ab}	0.0440±0,0056^{ab}	**0.0438±0.0025^{B}**
	Ortalama	**0.0370±0.0052**	**0.0352±0.0034**	**0.0285±0.0026**	**0.0300±0.0029**	**0.0327±0.002**
As	Mersin	0.1453±0,0261	0.1422±0,0294	0.1309±0,0278	0.1261±0,0292	**0.1361±0.0135**
	Erdemli	0.2167±0,0973	0.1052±0,0192	0.2032±0,0987	0.1004±0,0134	**0.1564±0.0348**
	Silifke	0.1081±0,0140	0.0865±0,0105	0.0801±0,0121	0.0679±0,0057	**0.0857±0.0058**
	Ortalama	**0.1567±0.0337**	**0.1113±0.0126**	**0.1381±0.0345**	**0.0981±0.0115**	**0.1261±0.0014**
Zn	Mersin	8.9296±0,9610^{cd}	10.4177±1,1658^{d}	8.0953±0,8507^{bcd}	7.5510±0,8696^{ad}	**8.7484±0.4984^{B}**
	Erdemli	3.5072±1,0618^{a}	6.5706±0,4691^{ad}	5.8395±0,7400^{ac}	5.6289±0,6956^{ac}	**5.4027±0.4160^{A}**
	Silifke	3.3401±1,1882^{a}	6.3912±0,6591^{ad}	4.8421±0,9881^{ac}	3.8826±0,8407^{ab}	**4.614±0.4899^{A}**
	Ortalama	**5.2806±0.7839$^{\beta}$**	**7.7932±0.5824°**	**6.2589±0.5493$^{\beta\circ}$**	**5.6875±0.5348$^{\beta\circ}$**	**6.2551±0.45**
Cu	Mersin	0.7760±0,0872^{cd}	0.7925±0,0809^{d}	0.7016±0,0857^{bd}	0.5510±0,0489^{ad}	**0.7053±0.0403^{B}**
	Erdemli	0.5098±0,0598^{ad}	0.4848±0,0528^{abc}	0.4511±0,0622^{ab}	0.3430±0,0517^{a}	**0.4473±0.0292^{A}**
	Silifke	0.5261±0,0607^{ad}	0.4565±0,0406^{ab}	0.4426±0,0630^{ab}	0.3500±0,0493^{a}	**0.4438±0.0280^{A}**
	Ortalama	**0.6040±0.0458°**	**0.5779±0.0449°**	**0.5318±0.0459$^{\beta\circ}$**	**0.4147±0.0336$^{\beta}$**	**0.5321±0.028**
Cr	Mersin	1.0629±0,5226	1.0884±0,5163	0.5543±0,4744	0.5204±0,4780	**0.8064±0.2426^{B}**
	Erdemli	0.3118±0,2902	0.3548±0,2894	0.3056±0,2909	0.0541±0,0541	**0.2566±0.1225^{A}**
	Silifke	0.1171±0,1091	0.1606±0,1081	0.1161±0,1092	0.0079±0,0032	**0.1004±0.0461^{A}**
	Ortalama	**0.4973±0.2104**	**0.5346±0.2080**	**0.3253±0.1850**	**0.1941±0.1606**	**0.3878±0.095**

Ek 26. Mersin İstasyonu İtibariyle *L. mormyrus*'un Kas Dokusunda Yaş Ağırlıkta Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0114±0.0044	0.0718±0.0240	0.0676±0.0067	7.5190±1.3766	0.8165±0.0582	0.0880±0.0082
	TEMMUZ	0.0055±0.0011	0.0740±0.0276	0.0608±0.0016	1.1047±0.7442	0.8160±0.0422	0.1112±0.0571
	AĞUSTOS	0.0249±0.0055	0.0765±0.0306	0.0797±0.0024	5.8672±1.4122	1.1198±0.0894	0.2654±0.0280
	EYLÜL	0.0489±0.0091	0.0444±0.0040	0.0632±0.0046	11.0849±0.1600	0.8031±0.0896	0.0416±0.0416
	EKİM	0.0009±0.0006	0.0439±0.0068	0.0746±0.0113	11.9998±0.5669	0.8193±0.1085	<0.001
	KASIM	0.0020±0.0006	0.0390±0.0091	0.0579±0.0032	18.3539±1.5738	0.8891±0.0908	0.2014±0.1167
	ARALIK	0.0018±0.0003	0.0288±0.0049	0.0617±0.0089	7.2913±1.9152	0.7736±0.1372	<0.001
2011	OCAK	0.0017±0.0005	0.0471±0.0067	0.0663±0.0083	4.9057±0.8430	0.7846±0.0485	<0.001
	ŞUBAT	0.0017±0.0005	0.0482±0.0073	0.0745±0.0124	9.2670±1.7118	0.8452±0.0976	<0.001
	MART	0.0039±0.0020	0.0355±0.0010	0.0653±0.0035	10.6631±5.3741	0.7963±0.0985	0.0723±0.0670
	NİSAN	0.0076±0.0044	0.0630±0.0032	0.0781±0.0083	13.2600±2.9037	0.8896±0.0831	0.2433±0.1223
	MAYIS	0.0176±0.0160	0.0465±0.0040	0.0647±0.0067	8.9488±1.4764	0.7992±0.0585	<0.001
ORTALAMA		**0.0107±0.0029**	**0.0516±0.0039**	**0.0679±0.0021**	**9.1888±0.8745**	**0.8460±0.0259**	**0.0853±0.0217**

Ek 27. Erdemli İstasyonu İtibariyle *L. mormyrus*'un Kas Dokusunda Yaş Ağırlıkta Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0091±0.0083	0.1552±0.1082	0.0549±0.0150	4.4055±1.5343	0.3276±0.1106	0.1764±0.0542
	TEMMUZ	0.0066±0.0010	0.0573±0.0137	0.0810±0.0096	1.2264±0.0978	0.9008±0.0461	0.1461±0.0744
	AĞUSTOS	0.0148±0.0071	0.0583±0.0230	0.0724±0.0130	5.0595±0.7499	0.6048±0.2056	0.2470±0.0209
	EYLÜL	0.0786±0.0082	0.0562±0.0219	0.0773±0.0154	11.0800±0.5406	0.6850±0.0192	0.2082±0.0273
	EKİM	0.0006±0.0003	0.0088±0.0052	0.0543±0.0180	9.8215±1.2838	0.6497±0.0668	0.3037±0.0669
	KASIM	0.0023±0.0002	0.0531±0.0094	0.0502±0.0097	13.9259±0.8071	1.0206±0.1543	0.2933±0.0874
	ARALIK	0.0019±0.0001	0.0498±0.0120	0.0724±0.0041	8.9881±0.3597	0.5443±0.0334	<0.001
2011	OCAK	0.0015±0.0003	0.1850±0.0938	0.0496±0.0146	2.4689±0.5331	0.2331±0.0126	0.1205±0.0818
	ŞUBAT	0.0014±0.0003	0.1437±0.1108	0.0549±0.0145	7.0840±2.6247	0.4802±0.1340	0.1455±0.1059
	MART	0.0032±0.0019	0.0249±0.0125	0.0796±0.0072	6.9420±3.2154	0.7205±0.0889	0.2441±0.0616
	NİSAN	0.0023±0.0003	0.0580±0.0068	0.0565±0.0079	9.6271±2.1117	0.8684±0.0934	0.1851±0.0929
	MAYIS	0.0301±0.0286	0.1500±0.1071	0.0648±0.0211	7.5093±2.9430	0.4936±0.1417	0.1153±0.0768
ORTALAMA		**0.0127±0.0042**	**0.0834±0.0175**	**0.0640±0.0037**	**7.3449±0.7224**	**0.6274±0.0456**	**0.1821±0.0216**

Ek 28. Silifke İstasyonu İtibariyle *L. mormyrus*'un Kas Doku Yaş Ağırlığında Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0093±0,0072	0.0636±0,0140	0.0577±0,0099	6.6029±2,0342	0.7648±0,2400	0.2076±0,1060
	TEMMUZ	0.0113±0,0025	0.0527±0,0152	0.0812±0,0043	1.1277±0,1574	0.8147±0,0922	<0.001
	AĞUSTOS	0.0232±0,0084	0.0361±0,0058	0.0816±0,0113	5.5233±0,9052	0.7923±0,0601	0.2807±0,0455
	EYLÜL	0.0479±0,0022	0.0821±0,0098	0.0821±0,0121	10.8714±0,9215	0.8301±0,0859	0.2140±0,0311
	EKİM	0.0019±0,0003	0.0858±0,0166	0.0590±0,0041	10.3083±0,2752	1.2732±0,1005	0.2912±0,0582
	KASIM	0.0024±0,0004	0.0506±0,0071	0.0933±0,0710	12.3176±0,9652	1.0598±0,0942	0.2138±0,0216
	ARALIK	0.0019±0,0002	0.0401±0,0095	0.0659±0,0146	12.3790±1,4942	0.8912±0,0151	<0.001
2011	OCAK	0.0017±0,0002	0.1407±0,0333	0.0669±0,0147	4.1553±0,3781	0.5061±0,0920	<0.001
	ŞUBAT	0.0019±0,0002	0.0749±0,0198	0.0495±0,0058	9.7351±3,3915	0.8970±0,3286	0.0666±0,0666
	MART	0.0046±0,0019	0.0540±0,0066	0.0600±0,0187	7.4979±3,1337	0.9866±0,1600	0.1565±0,0815
	NİSAN	0.0052±0,0015	0.0379±0,0045	0.0688±0,0285	10.8887±3,9275	0.9544±0,0573	0.2242±0,1158
	MAYIS	0.0187±0,0167	0.0705±0,0175	0.0509±0,0066	10.3115±3,5231	0.7228±0,1945	0.0566±0,0566
ORTALAMA		**0.0108±0,0026**	**0.0658±0,0060**	**0.0681±0,0062**	**8.4766±0,7753**	**0.8744±0,0477**	**0.1426±0,0233**

Ek 29. *L. mormyrus*'ta Yıl Bazında Saptanan Ortalama Ağır Metal Düzeylerinin Diğer Çalışmalar ve Resmi Değerlerle Karşılaştırılması (y.a: Yaş ağırlık; k.a: Kuru ağırlık)

Kaynak	Çalışma Sahası	Birim	AĞIR METAL					
			Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
Bu Çalışma	Mersin	mg/kg (y.a.)	0.0107	0.0516	0.0679	9.1888	0.8460	0.0853
	Erdemli		0.0127	0.0834	0.0640	7.3449	0.6274	0.1821
	Silifke		0.0108	0.0658	0.0681	8.4766	0.8744	0.1426
	Mersin Körfezi		0.0114	0.0669	0.0667	8.3368	0.7826	0.1367
Uysal ve ark. (2008)	Beymelek Lagünü	mg/kg (y.a.)	-	-	-	5.83	1.54	<0.005
Tepe (2009)	Kuzey Ege Denizi	mg/kg (y.a)	0.04	0.91	---	33.85	1.74	0.31
	Antalya Körfezi		0.52	0.29	---	17.34	1.58	1.29
	İskenderun Körfezi		0.12	1.59	---	24.51	2.72	0.82
Kress ve ark. (1999)	Hayfa Körfezi	mg/kg (y.a)	0.03	---	---	6.44	0.35	---
Abdallah (2008)	Doğu Limanı İskenderiye Mısır	mg/kg (k.a.)	1.5	1.72	---	17.8	2.28	<0.005
Külcü ve ark. (2014)	Mersin Körfezi	mg/kg (k.a.)	---	5.6	---	26.91	1.09	---
Yabanlı ve Alparslan (2015)	Güney Ege Denizi	mg/kg (k.a.)	0.03	0.11	---	---	0.17	0.38
Anonymus (2008)	-	mg/kg (y.a.)	0.05	0.3	1	50	20	-

Ek 30. *L. mormyrus*'un Kas Dokusunda Yaş Ağırlık İtibariyle mg/kg Olarak Ölçülen Ağır Metal Düzeylerinin Mevsim ve İstasyonlara Göre Dağılımı (Benzer harfler istatistik açıdan benzer grupları göstermektedir.)

Metal	İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Cd	Mersin	0.0160±0,0057	0.0173±0,0083	0.0017±0,0002	0.0097±0,0053	**0.0112±0.0029**
	Erdemli	0.0102±0,0034	0.0272±0,0131	0.0016±0,0001	0.0119±0,0094	**0.0127±0.0042**
	Silifke	0.0146±0,0039	0.0174±0,0077	0.0018±0,0001	0.0095±0,0054	**0.0108±0.0026**
	Ortalama	**0.0136±0.0025$^{\beta\delta}$**	**0.0206±0.0056$^{\delta}$**	**0.0017±0.0001$^{\beta}$**	**0.0104±0.0039$^{\beta\delta}$**	**0.0116±0.0014**
Pb	Mersin	0.0657±0,0129	0.0424±0,0036	0.0414±0,0045	0.0483±0,0043	**0.0495±0.0039**
	Erdemli	0.0902±0,0360	0.0394±0,0104	0.1262±0,0466	0.0776±0,0364	**0.0834±0.0175**
	Silifke	0.0508±0,0074	0.0729±0,0081	0.0852±0,0187	0.0541±0,0073	**0.0658±0.0060**
	Ortalama	**0.0689±0.0129**	**0.0516±0.0053**	**0.0843±0.0175**	**0.0600±0.0122**	**0.0662±0.0067**
As	Mersin	0.0684±0,0036	0.0653±0,0044	0.0675±0,0054	0.0694±0,0039	**0.0676±0.0021**
	Erdemli	0.0694± 0,0074	0.0606±0,0085	0.0590±0,0070	0.0670±0,0076	**0.064±0.0037**
	Silifke	0.0735±0,0060	0.0781±0,0214	0.0607±0,0068	0.0599±0,0103	**0.0681±0.0062**
	Ortalama	**0.0704±0.0033**	**0.0680±0.0077**	**0.0624±0.0036**	**0.0654±0.0044**	**0.0666±0.0019**
Zn	Mersin	5.3069±1,3021^{ab}	13.8129±1,2416^{d}	7.1547±1,0032^{ac}	10.9573±1,9193^{bcd}	**9.189±0.8745**
	Erdemli	3.5638±0,7708^{a}	11.6091±0,7645^{cd}	6.1803±1,2430^{ac}	8.0261±1,4567^{ad}	**7.345±0.7224**
	Silifke	4.4180±1,0565^{a}	11.1658±0,4942^{bcd}	8.7565±1,6203^{ad}	9.5661±1,8473^{ad}	**8.477±0.7753**
	Ortalama	**4.271±0.6073$^{\beta}$**	**12.196±0.5428$^{\gamma}$**	**7.364±0.7578$^{\delta}$**	**9.516±1.0003$^{\delta\gamma}$**	**8.3765±0.6413**
Cu	Mersin	0.9117±0,0618^{bc}	0.8371±0,0501^{bc}	0.8011±0,0518^{bc}	0.8284±0,0436^{bc}	**0.8446±0.0259^{B}**
	Erdemli	0.6111±0,1075^{ab}	0.7851±0,0767^{bc}	0.4192±0,0621^{a}	0.6942±0,0776^{ac}	**0.6274±0.0456^{A}**
	Silifke	0.7906±0,0766^{bc}	10.0543±0,0793^{c}	0.7648±0,1179^{ac}	0.8879±0,0853^{bc}	**0.8744±0.0477^{B}**
	Ortalama	**0.7711±0.0526$^{\beta\delta}$**	**0.8922±0.0450$^{\delta}$**	**0.6617±0.0569$^{\beta}$**	**0.8035±0.0426$^{\beta\delta}$**	**0.7821±0.0378**
Cr	Mersin	0.1255±0,0426^{ab}	0.0841±0,0481^{ab}	0.0000±^{a}	0.1226±0,0534^{ab}	**0.0831±0.0217^{A}**
	Erdemli	0.1898±0,0311^{ab}	0.2684±0,0361^{b}	0.0887±0,0447^{ab}	0.1815±0,0433^{ab}	**0.1821±0.0216^{B}**
	Silifke	0.1627±0,0536^{ab}	0.2397±0,0238^{b}	0.0222±0,0222^{a}	0.1458±0,0503^{ab}	**0.1426±0.0233^{AB}**
	Ortalama	**0.1595±0.0246$^{\delta}$**	**0.1974±0.0261$^{\delta}$**	**0.03696±0.0176$^{\beta}$**	**0.1500±0.0277$^{\delta}$**	**0.1359±0.0178**

Ek 31. Mersin İstasyonu İtibariyle *M. barbatus*'un Kas Doku Yaş Ağırlığında Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0003±0,0003	0.0349±0,0087	0.0521±0,0187	7.6055±1,1038	0.9913±0,0685	<0.001
	TEMMUZ	0.0013±0,0007	0.0433±0,0083	0.0751±0,0122	5.5717±2,3405	0.9033±0,0120	0.3751±0,3751
	AĞUSTOS	0.0022±0,0008	0.0311±0,0053	0.1147±0,0122	5.0564±2,0941	0.8908±0,0370	0.0148±0,0148
	EYLÜL	0.0065±0,0024	0.0436±0,0108	0.0977±0,0095	7.2121±0,1310	0.9061±0,0282	0.0120±0,0120
	EKİM	0.0005±0,0005	0.0322±0,0041	0.0794±0,0286	8.2133±0,7042	0.8973±0,0152	<0.001
	KASIM	<0.0001	0.0467±0,0021	0.0247±0,0023	8.6395±0,6156	0.8620±0,0570	<0.001
	ARALIK	0.0012±0,0002	0.0403±0,0115	0.0870±0,0122	5.8034±0,7381	0.9484±0,0887	0.4574±0,4574
2011	OCAK	0.0031±0,0005	0.0374±0,0074	0.1076±0,0086	1.5217±0,2431	0.9159±0,0236	0.0120±0,0120
	ŞUBAT	0.0013±0,0003	0.0418±0,0128	0.1040±0,0079	6.0123±0,8962	0.9474±0,0894	<0.001
	MART	0.0007±0,0007	0.0401±0,0052	0.0631±0,0204	6.5608±2,7732	0.9273±0,0155	<0.001
	NİSAN	0.0022±0,0009	0.0372±0,0137	0.1012±0,0079	5.1637±1,7073	0.9902±0,0709	0.0090±0,0090
	MAYIS	0.0035±0,0031	0.0338±0,0071	0.0675±0,0234	7.0334±0,4286	0.9185±0,1074	<0.001
ORTALAMA		**0.0019±0,0004**	**0.0385±0,0022**	**0.0812±0,0056**	**6.1995±0,4552**	**0.9249±0,0157**	**0.0734±0,0435**

Ek 32. Erdemli İstasyonu İtibariyle *M. barbatus*'un Kas Doku Yaş Ağırlığında Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0025±0,0016	0.0278±0,0167	0.0690±0,0355	5.5042±0,5829	0.7172±0,0799	0.1403±0,0577
	TEMMUZ	0.0044±0,0014	0.0399±0,0043	0.0395±0,0089	0.4018±0,1004	0.6508±0,1854	0.0747±0,0747
	AĞUSTOS	0.0019±0,0015	0.0242±0,0139	0.1067±0,0274	3.7247±1,0798	0.6374±0,0983	0.1090±0,0558
	EYLÜL	0.0083±0,0008	0.0465±0,0018	0.0773±0,0037	6.4808±1,2493	1.3424±0,1853	0.2402±0,0469
	EKİM	0.0007±0,0007	0.0003±0,0003	0.3420±0,2587	4.6331±0,3068	0.8336±0,0970	0.2052±0,0114
	KASIM	0.0016±0,0008	0.0202±0,0022	0.0898±0,0182	6.7511±1,0297	0.7545±0,0833	0.3048±0,0587
	ARALIK	0.0041±0,0012	0.0536±0,0029	0.1087±0,0203	6.7955±0,8343	0.6696±0,1160	0.0559±0,0439
2011	OCAK	0.0021±0,0007	0.0286±0,0026	0.0871±0,0062	1.3006±0,2131	0.4190±0,0375	<0.001
	ŞUBAT	0.0057±0,0006	0.0500±0,0044	0.0930±0,0203	5.9194±0,3784	0.8429±0,0874	0.1491±0,0734
	MART	0.0021±0,0001	0.0321±0,0054	0.0585±0,0207	2.0856±1,3720	0.6912±0,1692	0.1375±0,0695
	NİSAN	0.0044±0,0018	0.0420±0,0099	0.1021±0,0159	4.6853±1,5100	0.7653±0,1616	0.1016±0,0892
	MAYIS	0.0049±0,0027	0.0416±0,0127	0.1088±0,0194	7.5754±0,6918	1.0941±0,2526	0.1737±0,0944
ORTALAMA		**0.0035±0,0005**	**0.0339±0,0031**	**0.1069±0,0222**	**4.6548±0,4350**	**0.7848±0,0511**	**0.1410±0,0201**

Ek 33. Silifke İstasyonu İtibariyle *M. barbatus*'un Kas Doku Yaş Ağırlığında Ölçülen Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (mg/kg)

YIL	AY	AĞIR METAL					
		Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
2010	HAZİRAN	0.0041±0,0008	0.0358±0,0027	0.1223±0,0427	5.8738±0,3866	1.3212±0,2300	0.0416±0,0215
	TEMMUZ	0.0062±0,0023	0.0392±0,0064	0.0464±0,0107	0.2808±0,0056	1.4588±0,0930	<0.001
	AĞUSTOS	0.0029±0,0007	0.0485±0,0040	0.0726±0,0061	4.8455±0,5282	0.9093±0,0994	0.0215±0,0215
	EYLÜL	0.0072±0,0006	0.0386±0,0021	0.0803±0,0143	4.2578±0,4607	1.2993±0,1152	<0.001
	EKİM	0.0046±0,0006	0.0344±0,0029	0.0812±0,0098	4.4714±0,6015	1.0998±0,2640	0.0597±0,0030
	KASIM	0.0026±0,0002	0.0475±0,0109	0.1714±0,0256	5.5919±0,2913	1.2038±0,2104	0.0798±0,0040
	ARALIK	0.0026±0,0005	0.0472±0,0084	0.0953±0,0086	6.1820±0,2428	0.9773±0,0790	<0.001
2011	OCAK	0.0025±0,0002	0.0412±0,0023	0.1658±0,0126	0.9827±0,1718	0.7462±0,0352	<0.001
	ŞUBAT	0.0046±0,0019	0.0389±0,0036	0.0976±0,0094	5.2700±0,9901	1.0933±0,1930	<0.001
	MART	0.0025±0,0004	0.0358±0,0053	0.1375±0,0501	2.2194±1,5569	1.2900±0,2374	0.0240±0,0240
	NİSAN	0.0049±0,0017	0.0401±0,0041	0.0886±0,0088	4.6926±0,9916	1.0207±0,2315	<0.001
	MAYIS	0.0041±0,0012	0.0488±0,0112	0.0854±0,0185	5.5882±0,5447	1.0734±0,1192	0.0275±0,0275
ORTALAMA		**0.0041±0,0004**	**0.0413±0,0017**	**0.1037±0,0082**	**4.1880±0,3580**	**1.1244±0,0529**	**0.0212±0,0055**

Ek 34. *M. barbatus*'ta Yıl Bazında Saptanan Ortalama Ağır Metal Düzeylerinin Diğer Çalışmalar ve Resmi Değerlerle Karşılaştırılması (y.a: Yaş ağırlık; k.a: Kuru ağırlık)

Kaynak	Çalışma Sahası	Birim	AĞIR METAL					
			Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
Bu Çalışma	Mersin	mg/kg (y.a.)	0.0019	0.0385	0.0812	6.1995	0.9249	0.0734
	Erdemli		0.0036	0.0339	0.1070	4.6548	0.7848	0.1410
	Silifke		0.0041	0.0413	0.1041	4.1880	1.1244	0.0212
	Mersin Körfezi		0.0032	0.0379	0.0974	5.0141	0.9447	0.0785
Turan ve ark. (2009)	İskenderun Körfezi	µg/g (k.a.)	0.494	0.559	---	5.870	---	1.893
	İstanbul (Karadeniz)		0.208	0.724	---	7.573	---	1.055
Kalay ve ark. (1999)	İskenderun Körfezi	µg/g (k.a.)	1.43	9.11	---	16.1	5.88	1.60
	Karataş		1.03	5.34	---	19.3	2.87	1.06
	Mersin Körfezi		1.07	5.94	---	25.8	2.26	1.91
Gaspic ve ark. (2002)	Doğu Adriyatik	µg/kg (y.a.)	7.6-28.9	57-158	---	---	---	---
Storelli ve Marcotrigiaono (2005)	İyon Denizi	µg/g (y.a.)	0.17-0.80	<0.05-0.32	---	---	---	0.21-0.31
Küçüksezgin ve ark. (2006)	İzmir Körfezi	µg/kg (y.a.)	0.10-10	1-491	---	---	---	---
Uluözlü ve ark. (2007)	Ege Denizi	µg/g (k.a.)	0.45	0.84	---	106	0.98	1.63
Topçuoğlu ve ark. (2004)	Marmara Denizi	µg/g (k.a.)	<0.02	<0.01	---	17.1	1.5	<0.06
Küçüksezgin ve ark. (2011)	İzmir Körfezi	µg/kg (y.a.)	0.1-10	2.6-478	---	2157-3832	178-568	21-270
Mendil ve ark. (2010)	Karadeniz	µg/g (y.a.)	0.23	0.40		17.8	1.4	0.99
Tüzen (2009)	Karadeniz	µg/g (y.a.)	0.17	0.36	0.11	75.5	0.96	1.35
Copat ve ark. (2013)	Catania-İtalya	mg/kg (y.a.)	0.0004	0.005	11.024	3.418	---	0.009
Özden ve ark. (2010)	İstanbul	mg/kg (y.a.)	0.050	0.154	0.439	15.916	0.956	1.834
Çiçek ve ark. (2008)	İskenderun Körfezi	µg/g (y.a.)	---	---	---	18.23	1.10	---
Manaşırlı ve ark. (2015)	İskenderun Körfezi	mg/kg (k.a.)	---	---	---	15.91-33.17	0.37-2.62	---
Ergül ve Aksan (2013)	Karadeniz	mg/kg (k.a.)	0.02	0.02	12.7	14.0	1.00	0.33
Anonymous, (2008)	---	mg/kg (y.a.)	0.05	0.3	1	50	20	---

Ek 35. *M. barbatus*'un Kas Dokusunda Yaş Ağırlık İtibariyle mg/kg Olarak Ölçülen Ağır Metal Düzeylerinin Mevsim ve İstasyonlara Göre Dağılımı (Benzer harfler istatistik açıdan benzer grupları göstermektedir.)

Metal	İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
Cd	Mersin	0.0012±0,0004	0.0023±0,0013	0.0019±0,0004	0.0021±0,0010	**0.0019±0.0004^{A}**
	Erdemli	0.0029±0,0008	0.0035±0,0013	0.0039±0,0007	0.0038±0,0010	**0.0035±0.0005^{B}**
	Silifke	0.0044±0,0009	0.0048±0,0007	0.0032±0,0007	0.0038±0,0007	**0.0041±0.0004^{B}**
	Ortalama	**0.0029±0.0005**	**0.0035±0.0006**	**0.003±0.0004**	**0.0033±0.0005**	**0.0032±0.0003**
Pb	Mersin	0.0364±0,0042	0.0408±0,0040	0.0398±0,0055	0.0370±0,0048	**0.0385±0.0022**
	Erdemli	0.0306±0,0068	0.0223±0,0067	0.0441±0,0043	0.0386±0,0052	**0.0339±0.0031**
	Silifke	0.0411±0,0030	0.0402±0,0038	0.0424±0,0030	0.0416±0,0042	**0.0413±0.0017**
	Ortalama	**0.0361±0.0029**	**0.0345±0.0033**	**0.0421±0.0024**	**0.0391±0.0027**	**0.0379±0.002**
As	Mersin	0.0807±0,0117	0.0673±0,0140	0.0995±0,0058	0.0773±0,0110	**0.0812±0.0056**
	Erdemli	0.0717±0,0164	0.1697±0,0864	0.0963±0,0091	0.0898±0,0123	**0.1069±0.0222**
	Silifke	0.0804±0,0170	0.1110±0,0176	0.1196±0,0127	0.1038±0,0177	**0.1037±0.0082**
	Ortalama	**0.0776±0.0085**	**0.1160±0.0297**	**0.1051±0.0057**	**0.0903±0.0080**	**0.0973±0.009**
Zn	Mersin	6.0779±1,0367^{ab}	8.0216±0,3451^{b}	4.4458±0,8078^{ab}	6.2526±0,9889^{ab}	**6.1995±0.4552^{B}**
	Erdemli	3.2102±0,8278^{a}	5.9550±0,5805^{ab}	4.6718±0,8944^{ab}	4.7821±1,0076^{ab}	**4.6548±0.4350^{A}**
	Silifke	3.6667±0,8799^{a}	4.7737±0,3126^{ab}	4.1449±0,8552^{a}	4.1667±0,7499^{a}	**4.18180±0.3580^{A}**
	Ortalama	**4.3179±0.5664$^{\beta}$**	**6.2501±0.3551$^{\delta}$**	**4.4208±0.4752$^{\beta}$**	**5.0675±0.5400$^{\beta\delta}$**	**5.0141±0.36**
Cu	Mersin	0.9285±0,0277^{ab}	0.8885±0,0200^{ab}	0.9372±0,0374^{ab}	0.9453±0,0391^{ab}	**0.9240±0.0157^{A}**
	Erdemli	0.6685±0,0660^{a}	0.9768±0,1127^{ab}	0.6438±0,0752^{a}	0.8502±0,1171^{ab}	**0.7848±0.0511^{A}**
	Silifke	1.2298±0,1130^{b}	1.2010±0,1069^{b}	0.9389±0,0796^{ab}	1.1281±0,1097^{b}	**1.1244±0.0529^{B}**
	Ortalama	**0.9422±0.0621**	**1.0221±0.0564**	**0.8400±0.0460**	**0.9745±0.0575**	**0.9447±0.037**
Cr	Mersin	0.1290±0,1246	0.0040±0,0040	0.1565±0,1246	0.0040±0,0040	**0.0665±0.0435^{AB}**
	Erdemli	0.1080±0,0330	0.2501±0,0264	0.0683±0,0329	0.1376±0,0438	**0.1410±0.0201^{B}**
	Silifke	0.0210±0,0106	0.0465±0,0121	0.0000±	0.0172±0,0114	**0.0212±0.0055^{A}**
	Ortalama	**0.0860±0.0424**	**0.1002±0.0231**	**0.0658±0.0425**	**0.0529±0.0187**	**0.0762±0.018**

Ek 36. Mersin Körfezinde Deniz Suyu, Sedimenti ve Beş Farklı Türden Elde Edilen 12 Aylık Ortalama Ağır Metal Düzeyleri (Deniz suyunda µg/l; Sediment Kuru Ağırlığında (mg/kg) ve Canlılarda ise Yaş Ağırlıkta (mg/kg))

Materyal	Örnek Adedi	Cd	Pb	As	Zn	Cu	Cr
Su	36	0.1149±0.0128	0.2442±0.0161	13.5152±1.0948	3.8912±0.1327	2.9649±0.0678	4.3413±0.1227
Sediment	36	0.3104±0.0110	1.4765±0.2816	6.1891±0.6871	8.8964±0.5695	4.8406±0.4457	74.5203±5.1041
Mavi Yengeç	108	0.0038± 0.0004^{a}	0.0260±0.002^{a**}	0.0725±0.003^{a}	34.4383±0.8^{cx}	4.7632±0.283^{c}	0.0823±0.007^{ax}
Japon Karidesi	108	0.0109±0.002^{b*}	0.0272±0.002^{a**xx}	0.0915±0.008^{ax}	7.9454±0.33^{b}	2.3986±0.16^{b}	0.0676±0.18^{a}
Dil Balığı	108	0.0020±0.002^{a}	0.0327±0.002^{a**}	0.1261±0.0014^{b}	6.2496±0.45^{ab}	0.5321±0.028^{axx}	0.3878±0.095^{bxx}
Mırmır	108	0.0114±0.003^{b}	0.0669±0.007^{b}	0.0667±0.002^{a}	8.3368±0.64^{b}	0.7826±0.035^{a}	0.1367±0.018^{a*x}
Keserbaş Barbunya	108	0.0032±0.0003^{a*}	0.0379±0.002^{a}	0.0973±0.009^{ab}	5.0141±0.36^{a*x}	0.9447±0.037^{a}	0.0785±0.018^{a}

$^{a,b \text{ ve } ab}$): Aynı metal itibariyle türler arasında $p<0.01$ düzeyindeki farklılıkları ifade etmekte olup; harflerin farklı olması istatistiksel açıdan farklılığın önemli olduğunu göstermektedir.

$^{*)}$: Su ve canlılarda metal yoğunluğu arasındaki ilişkinin $p<0,05$ düzeyinde; $^{**)}$ ise $p<0,01$ düzeyinde önemli olduğunu göstermektedir.

$^{x)}$: Sediment ve canlılarda metal yoğunluğu arasındaki ilişkinin $p<0.05$ düzeyinde; $^{xx)}$ ise $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğunu göstermektedir.