



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

**TÜRKİYE DOĞU AKDENİZ KIYILARINDAKİ
MÜREKKEP BALIĞININ (*Sepia officinalis* L., 1758) FARKLI
DOKULARINDA BAZI AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Erkan UĞURLU

**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HATAY
HAZİRAN-2016**



T.C.

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE DOĞU AKDENİZ KIYILARINDAKİ
MÜREKKEP BALIĞININ (*Sepia officinalis* L., 1758) FARKLI
DOKULARINDA BAZI AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Erkan UĞURLU

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
HAZİRAN-2016**

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

TÜRKİYE DOĞU AKDENİZ KIYILARINDAKİ
MÜREKKEP BALIĞININ (*Sepia officinalis* L., 1758) FARKLI DOKULARINDA
BAZI AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN BELİRLENMESİ

ERKAN UĞURLU

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doç. Dr. Önder DUYSAK danışmanlığında hazırlanan bu tez **14.06.2016** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Önder DUYSAK
Başkan

Prof. Dr. Ayşe Bahar YILMAZ
Üye

Prof. Dr. Nuri BAŞUSTA
Üye

Kod No: 19

Doç. Dr. Mustafa DEMİRCİ
Enstitü Müdürü V.

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

14.06.2016

TEZ BİLDİRİMİ

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

Erkan UĞURLU

ÖZET

TÜRKİYE DOĞU AKDENİZ KIYILARINDAKİ MÜREKKEP BALIĞININ (*Sepia officinalis* L., 1758) FARKLI DOKULARINDA BAZI AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada Akdeniz bölgesinde farklı kirlilik yüklerine sahip istasyonlardan (İskenderun, Antalya, Kaş, Gazipaşa ve Anamur) avlanan dişi ve erkek *S. officinalis* bireylerinin solungaç, hepatopankreas, gonad (ovaryum ve testis) ve kas (manto) dokularındaki Cd, Co, Cr, Ni ve Pb metal birikim seviyeleri araştırılmıştır. Çalışılan tüm metaller için hepatopankreas dokuların diğer dokulara göre en çok metal birikimine sahip doku olduğu belirlenmiştir. Erkek bireylerin dokularındaki metal birikiminin dişi bireylerdeki birikimden daha fazla olduğu, Cd ve Ni birikimlerinin ise dişi bireylerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Manto dokusunda ölçülen ağır metal seviyeleri bakımından metaller arası ilişki $Co > Pb > Ni > Cd > Cr$ şeklindedir. Pb metali değerlerinin Anamur, Antalya ve İskenderun istasyonlarında limit değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

2016, 47 sayfa

Anahtar Kelimeler: Akdeniz, Kafadan bacaklı, *Sepia officinalis*, Ağır metal, Birikim.

ABSTRACT

DETERMINATION OF SOME HEAVY METALS ACCUMULATION IN DIFFERENT TISSUES OF CUTTLEFISH (*Sepia officinalis* L., 1758) IN THE EASTERN MEDITERRANEAN COASTS OF TURKEY

In this study, metal concentration levels (Cd, Co, Cr, Ni and Pb) were observed in the gill, hepatopancreas, ovary, testis and mantle for male and female cuttlefish *Sepia officinalis* in various stations (İskenderun, Antalya, Kaş, Gazipaşa ve Anamur) in Mediterranean coasts. Hepatopancreas tissue was a better indicator heavy metal concentration compared to other tissues. Heavy metal accumulation for male was found more than female while Cd and Ni accumulation was found higher in the female. There was a relationship among the metals such as $Co > Pb > Ni > Cd > Cr$ in the mantle tissue. Pb metal value of Anamur, Antalya and İskenderun stations were found over the limits.

2016, 47 pages

Key Words: Mediterranean, Cephalopod, *Sepia officinalis*, Heavy metal, Accumulation.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimim süresince her türlü konuda maddi manevi desteğini ve yardımlarını esirgemeyen, çeşitli aşamalarda bilgi ve tecrübeleriyle katkıda bulunan tezimi tamamlamak için her türlü olanaktan yararlanmamı sağlayan danışman hocam, İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Önder DUYSAK'a saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Yüksek Lisans tez yazım aşamasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen arkadaşım Tuğba YAPICI ve Selçuk YILDIZ'a teşekkür ederim.

Son olarak tüm öğrenim hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür eder, saygılarını sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	7
3.1. Materyal	7
3.1.1. Çalışma Alanı	7
3.1.2. <i>Sepia officinalis</i> L.,1758	8
3.1.3. <i>Sepia officinalis</i> Sistematigi	9
3.2. Yöntem	10
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Yaş Yakma Yöntemi	10
3.2.2. Analizler	10
3.2.3. İstatistik Analizler	10
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	11
4.1. Araştırma Bulguları	11
4.1.1. Kadmiyum	11
4.1.2. Krom	14
4.1.3. Kobalt	18
4.1.4. Nikel	20
4.1.5. Kurşun	23
4.2. Tartışma	27
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	30
KAYNAKLAR	32
ÖZGEÇMİŞ	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Çalışma Alanı.	7
Şekil 3.2.	<i>Sepia officinalis</i> bireyinin dorsal görünümü.....	9
Şekil 4.1.	<i>Sepia officinalis</i> erkek bireylerinin dokularında birikim gösteren kadmiyum	11
Şekil 4.2.	<i>Sepia officinalis</i> dişi bireylerinin dokularında birikim gösteren kadmiyum.	12
Şekil 4.3.	<i>Sepia officinalis</i> erkek bireylerinin dokularında birikim gösteren krom.....	15
Şekil 4.4.	<i>Sepia officinalis</i> dişi bireylerinin dokularında birikim gösteren krom.....	16
Şekil 4.5.	<i>Sepia officinalis</i> erkek bireylerinin dokularında birikim gösteren kobalt	18
Şekil 4.6.	<i>Sepia officinalis</i> dişi bireylerinin dokularında birikim gösteren kobalt	19
Şekil 4.7.	<i>Sepia officinalis</i> erkek bireylerinin dokularında birikim gösteren nikel	21
Şekil 4.8.	<i>Sepia officinalis</i> dişi bireylerinin dokularında birikim gösteren nikel	22
Şekil 4.9.	<i>Sepia officinalis</i> erkek bireylerinin dokularında birikim gösteren kurşun.....	24
Şekil 4.10.	<i>Sepia officinalis</i> dişi bireylerinin dokularında birikim gösteren kurşun.....	25

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Örnekleme istasyonları ve istasyonların maruz kaldığı belirtilen kirlilik türleri (Anonim 2012a ve 2012b).....	8
Çizelge 4.1.	<i>S. officinalis</i> bireylerinin dokularında Cd seviyeleri (mg/kg)	14
Çizelge 4.2.	<i>S. officinalis</i> bireylerinin dokularında Cr seviyeleri (mg/kg).....	17
Çizelge 4.3.	<i>S. officinalis</i> bireylerinin dokularında Co seviyeleri (mg/kg)	20
Çizelge 4.4.	<i>S. officinalis</i> bireylerinin dokularında Ni seviyeleri (mg/kg).....	23
Çizelge 4.5.	<i>S. officinalis</i> bireylerinin dokularında Pb seviyeleri (mg/kg).....	26

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Cd	Kadmiyum
Cm	Santimetre
Cr	Krom
Co	Kobalt
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
g	Gram
HNO ₃	Nitrik asit
ICP-AES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrometresi
mg	Miligram
ml	Mililitre
Ni	Nikel
Pb	Kuşun
ppm	Milyonda bir birim
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Su ürünleri, hayvansal protein kaynaklarından birisi olarak insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Protein, vitamin ve mineral içeren su ürünlerinin insan sağlığı açısından önemli olduğu, özellikle omega 3 ve omega 6 nın kanser ve koroner kalp hastalığından koruduğu bilinmektedir (Anonim, 2011; Atar ve Alçiçek, 2009). Dengeli beslenmenin bilincinde olan uluslar, hayvansal protein kaynaklarını daha fazla zenginleştirmek için su ürünlerinden yüksek oranda faydalanmanın yollarını aramaktadırlar. Zira dengeli ve kaliteli beslenmenin toplumların kalkınmasında önemli bir rol oynadığı bilinen bir gerçektir.

Bu kirleticiler arasında sanayi kirleticilerinden ağır metaller önemli ve tehlikeli bir grubu oluştururlar. Akdeniz’de genelde kirleticilerin çoğunluğunun tarımsal faaliyetlerle meydana geldiği ve denize taşınmalarının akarsularla olduğu bildirilmektedir (Anonim, 2014). Deniz kirliliği, ekolojik dengeyi bozmanın ötesinde deniz kaynaklı gıdaları da etkilemektedir. Denizlerin kirlilik kaynağı ve düzeylerine göre deniz canlıları bünyelerinde farklı oranlarda bu kirlilikleri biriktirmekte ve çevrede jeolojik veya biyolojik devirlerle tekrar dağılıma uğramaktadır. Bu dağılım ve taşınma sonucu kirleticiler emisyonu uğradıkları yerlerden çok uzaklarda da birikerek, çevredeki konsantrasyonları artmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde ağır metal üretiminin ve gereksiniminin sürekli artış göstermesi, bunların çevreye yayılma olasılığını arttırmaktadır. Genel olarak antropojenik kaynaklardan ağır metal girişi, doğal kaynaklardan olan girişin birkaç kat üzerindedir. Bu durum, insan etkinliklerinin tüm dünyadaki ağır metal döngülerini arttırdığını göstermektedir (Anonim, 2008). Su ortamındaki canlılar ağır metalleri yaşam ortamları, besin zinciri yoluyla sudaki yoğunlukları dikkate alındığında, karasal canlılara oranla 1.000–10.000 defa daha fazla biriktirmektedirler (Ekici ve Yarsan, 2009).

Metaller arasında yoğunluğu 5 g/cm^3 ’den büyük olanlar, ağır metaller olarak adlandırılır. Ağır metallere örnek olarak Cu, Fe, Zn, Pb, Hg, Co, Cr, Se, Ni ve Cd vb. sayılabilir (Özdemir, 1981). Ağır metallerin doğal deniz suyundaki yoğunlukları 1 ppm den düşüktür. Ancak doğal kaynaklardan; yer ve yanardağ faaliyetleri, erozyon ve yangınlar veya insan etkinlikleri içerisinde yer alan maden arama, işleme, evsel atıklar, tarımsal faaliyetler, endüstriyel atıklar ile ağır metallerin sucul ortamlardaki

yoğunlukları artabilir (Şengül, 1993; Sawyer ve ark, 1994) ve bu ortamlarda yaşayan canlılarda birikebilir. Bu birikim sonucu canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler etkili miktarlara ulaştıklarında, ciddi hastalıklara, hatta ölümlere sebep olabilirler (Şengül, 1993; Kargı, 1995; Beyazıt ve Peker, 1998). Bazı ağır metaller canlı organizmalar için vazgeçilmez oldukları halde, yüksek yoğunluklarda zehirlidirler. Bunlar esansiyel elementler olarak adlandırılan bakır (Cu), krom (Cr^{+3} formu), demir (Fe), çinko (Zn) ve nikel (Ni)'dir. Esansiyel olmayan kadmiyum (Cd), krom (Cr^{+6} formu), cıva (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metallerin canlılar için eser miktarları bile zehir etkisi gösterebilir.

Kafadan bacaklılar mürekkep balıkları, kalamarlar ve ahtapotları kapsayan 700 ün üzerinde tür içermektedir. Akdeniz kafadan bacaklı faunası 61 türle temsil edilmekte olup, bu sayının önemli bir kısmını Atlantik kökenli türler oluşturmaktadır. Türlerin dağılımına bakıldığında 59 tür batı Akdeniz, 38 tür Adriyatik ve 50 tür ise doğu Akdeniz de bulunmaktadır (Öztürk ve ark., 2014).

Kafadan bacaklılar, denizlerde yaşayan omurgasızlar içerisinde en yüksek düzeyde evrimleşmiş sınıf olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda bu sınıfın üyeleri karmaşık duyu organları ve büyük beyinleri ile diğer omurgasızlardan ayrılmıştır. Tüm kafadan bacaklı üyeleri oldukça karmaşık üreme, beslenme, korunma, iletişim ve davranış özellikleri göstermektedir (Roper ve ark, 1984).

Mürekkep balıkları (*Sepia officinalis* Linnaeus, 1758) tüm dünyada biyolojisi ve ekolojisi en iyi bilinen kafadan bacaklılardan biridir. Bu türe ait bireyler, doğu Atlantik kıyıları ve tüm Akdeniz'de dağılım gösterirler (Roper, 1984; Mangold ve Boletzky, 1987, Nesis, 1987). Ülkemiz denizlerden Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarında bulunmaktadır (Demir, 1952; Roper, 1984; Mangold and Boletzky, 1987; Katağan ve Benli, 1990; Katağan ve Kocataş, 1990; Katağan ve ark, 1993).

Denizlerimizde avcılığı yapılan türlerin üst sıralarında yer alan mürekkep balıklarının avcılık miktarlarına bakıldığında 2013 yılı için Akdeniz'den 974,8 ton, Ege denizinden 267,5 ton ve Marmara denizinden 1,8 ton avlanmış ve ülke ekonomisine 5.685.537 ₺ katkı sağlamıştır (TÜİK, 2013).

Mineral maddelerden bazıları insan ve hayvanlar için esansiyel iken, Hg, Pb ve Cd gibi bazı ağır metaller ise belli limitlerin üzerinde vücuda alındığı zaman farklı sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Cr, mide sorunları ve ülser, böbrek ve karaciğer

hasarları ve solunduğunda akciğer kanserine sebep olurken Ni, akciğerlerde tıkanma, solunum yetersizliği, doğum kusurları, kronik bronşit ve astıma, burun, prostat ve gırtlak kanseri riskini arttırdığı bildirilmektedir. Pb beyinde hasar, kansızlık, böbreğin zarar görmesi ve nörolojik fonksiyon bozuklukları, Cd organlarda kanser, kemik kırılması ve şiddetli ağrılara sebep olduğu ileri sürülmektedir. Bu ve buna benzer sağlık sorunlarına neden olmasından dolayı bu ağır metallerin gıdalardaki miktarı belli limitlerle sınırlandırılmıştır (Kahvecioğlu ve ark, 2003).

Akdeniz'den avlanan kafadan bacaklıların dokularında metal birikimini gösteren çalışmalar az sayıda olup, bu çalışmaların da genellikle Portekiz, Fransa ve Mısır ülkelerinde gerçekleştirildiği görülmektedir. Ülkemizde ise kafadanbacaklılarla ilgili çalışmalar son derece kısıtlıdır (Duysak, 2013, Duysak, 2015, Ayas, 2011, Yazkan, 2004).

İnsan gıdası olarak tüketilen Akdeniz'den avlanan *S. officinalis* türünün farklı dokularındaki ağır metal düzeylerine ait çalışmalarda sınırlı sayıda (Duysak ve ark., 2013). Halk sağlığı açısından tüketilen su ürünlerindeki ağır metal düzeylerinin bilinmesi ve tüketim miktarının ve sıklığının buna göre ayarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada Akdeniz'in farklı körfezlerinden avlanan ve insan gıdası olarak tüketilen mürekkep balıklarının hepatopankreas (karaciğer), solungaç, üreme organları (ovaryum ve testis) ve kas (manto) dokularındaki bazı metal düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kafadan bacaklıların farklı dokularında biriken ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılan önceki çalışmalar aşağıda özetlenmiştir;

Miramand ve ark. (1992), Fransa'nın Manş sahilinde yaptıkları çalışmada yakaladıkları *Sepia officinalis* ve *Eledone cirrhosa* türlerine ait bireylerin hepatopankreas, solungaç, iç kabuk, kas, deri, böbrek, sindirim sistemi, solungaç kalbi ve ovaryumlarında Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V ve Zn metallerinin birikim düzeylerini belirlemişlerdir. Her iki türün dokularında da ağır metal birikim düzeylerinin benzerlik gösterdiğini rapor etmişlerdir. Tüm metallerin hepatopankreas, solungaç kalbi ve böbreklerde birikim gösterdiğini, hepatopankreas dokuda en çok Cd, Co ve Pb, solungaç kalbinde ise Ni metali bulunduğunu bildirmişlerdir.

Storelli ve ark. (1999), Güney Adriatik denizinden yakaladıkları *Octopus vulgaris* ve *Illex coindetii* türlerinde cıva ve kadmiyum birikimini araştırmış ve canlıların dokularında birikim gösteren metal düzeylerinin yasal sınırların üstünde olmadığını saptamışlardır.

Nessim ve ark. (2003), İskenderiye sahilinde 3 farklı istasyondan yakaladıkları *Octopus vulgaris* bireylerinin hepatopankreas, solungaç, solungaç kalbi, gonad, kas, kol ve deri gibi farklı dokularındaki Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn düzeylerini belirlemişlerdir. Canlıların büyüklüğü ile ağır metal birikim miktarının ilişkili olmadığını saptamışlardır. Ağır metal düzeylerini alan, boyut ve cinsiyetle karşılaştırdıklarında, dokuların arasındaki farklılıkların önemli olduğunu ($p < 0,05$) bulmuşlardır. Metallerin birikim seviyelerinin en çok hepatopankreas dokusunda olduğunu bunu solungaç kalbi ve kas dokularının takip ettiğini belirlemişlerdir.

Raimundo ve ark. (2005), Portekiz sahilinden avlanan *Octopus vulgaris* ve *Sepia officinalis* bireylerinin dokularında (hepatopankreas, kol ve kas) ağır metal (Fe, Zn, Cu ve Cd) düzeylerini araştırmışlardır. Sahilin kuzeyi ve güneyi olmak üzere iki istasyonda çalışmış ve *O.vulgaris* ve *S. officinalis* örneklerinde kuzeyde kadmiyum, güneyde ise çinko, kurşun, bakır ve cıva elementlerinin daha yoğun biriktiğini tespit etmişlerdir. Hepatopankreas dokuda ağır metal birikiminin manto ve kollardaki birikimden 2-3 kat daha fazla olduğunu hesaplamışlardır. En yüksek seviyelere ise hepatopankreas dokusunda rastlamışlardır. Yakalanan iki türünde Cd:Zn ve Cd:Cu oranlarının en fazla

özellikle hepatopankreas dokuda olduğunu ve bunun vücut ağırlığı ile doğrusal bir ilişkisi olduğunu belirtmişlerdir.

Pereira ve ark. (2009), Portekiz'in Aveiro ve Formosa lagünlerinden topladıkları *S. officinalis*'de Cd, Cu, Fe, Hg, Pb ve Zn metallerinin birikim düzeylerini araştırmışlardır. Aveiro'daki Cd birikim seviyesinin Formosa lagününden yakalanan bireylerdeki değerlerden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Hepatopankreas dokudaki birikim düzeylerinin manto dokusunda hesaplanan değerlerden daha yüksek olduğunu saptamışlar ve bu iki doku arasındaki farkın önemli olduğunu ($p < 0,001$) tespit etmişlerdir.

Kafadan bacaklıların kas dokularında ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amacıyla Akdeniz'in ülkemiz karasularında yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Yazkan (2004) Antalya Körfezi'nde yaptığı çalışmada ahtapot, sübye, kalamar ve karides türlerinin tüketilebilir dokularındaki Cu, Zn, Pb ve Cd düzeylerini araştırmıştır. Çalışmada ahtapot bireylerinde Pb konsantrasyonuna rastlamamışlardır. Sübye bireylerinde de Şubat ve Mart aylarında manto dokusunda Pb birikimi tespit edilememiştir. Ocak ayındaki Sübye bireylerinin manto dokularında 0.12 mg/kg düzeyinde Pb tespit edilmiştir. Araştırmada incelenen yumuşakçalardan ahtapot, sübye ve kalamarın yumuşakça dokularında belirlenen ortalama Cd içeriği yüksek düzeyde bulunmuştur. Özellikle sübye bireylerinin manto dokularında ortalama 0.70 mg/kg Cd içeriği ile en yüksek değerde Cd biriktirdiğini belirlemişlerdir.

Ayas ve ark. (2011), Mersin Körfezi'nde yaptıkları çalışmada *S. officinalis* bireylerini erkek ve dişi olarak ayırmış ve cinsiyetlere göre bireylerin manto dokularındaki ağır metal birikiminin mevsimsel olarak etkilerini araştırmışlardır. Erkek bireylerin manto dokularında birikim gösteren Cd, Zn ve Fe metallerinin dişi bireylerden daha yüksek seviyelerde olduğunu saptamışlardır. Cu metal birikiminin ise dişilerde daha fazla olduğu görülmüştür. *S. officinalis* bireylerinin manto dokusundaki Cd metal konsantrasyonlarının tüm mevsimlerde yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Duysak ve ark. (2013), İskenderun Körfezi'nde dişi ve erkek mürekkep balıklarının solungaç, hepatopankreas, ovaryum, testis ve manto dokularındaki metal seviyeleri (Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Pb ve Zn) araştırmışlardır ve birikimlerin sırasıyla değerleri 1.73-2.39, 1.13-1.17, 11.4-12.3, 0.35-0.36, 0.97, 1.74-1.79, 7.60-8.18 $\mu\text{g/g}$ tespit etmişlerdir. İncelenen metallerin birikimlerinin, dokular ve cinsiyetler arasında

önemli ölçüde farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir ($p<0,05$). *S. officinalis* bireylerinin manto dokusunda birikim gösteren ağır metallerin seviyelerinin sırasıyla Cu>Zn>Cd>Pb>Cr>Mn>Fe şeklinde olduğunu ve manto dokusunda birikim gösteren Cd ve Pb değerlerinin limitler üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Duysak ve ark. (2015), İskenderun Körfezi'nde *Illex coindetii* bireylerinde yaptıkları ağır metal çalışmasında manto, solungaç ve hepatopankreas dokularında Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn metallerinin birikimlerini incelemiş ve manto dokusundaki birikimin Zn>Cu>Fe>Pb>Mn>Cd>Cr olduğunu bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada erkek bireylerin hepatopankreas ve solungaç dokularında birikim gösteren metal seviyelerinin diğer dokulardan daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar İskenderun Körfez'inde dağılım gösteren kalamarların manto dokularındaki Cd ve Pb metal konsantrasyonlarını limitlerin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL METOD

3.1. MATERYAL

3.1.1. Çalışma Alanı

Akdeniz'in ticari balıkçılık faaliyet sahalarından; İskenderun, Antalya, Kaş, Gazipaşa ve Anamur sularından Nisan 2014 tarihinde alt örnekleme yapılarak 10'ar adet *S. officinalis* bireyleri temin edilmiş olup, 16 dişi (İskenderun ve Kaş: 3, Gazipaşa: 4, Anamur ve Antalya: 3) ve 34 erkek (İskenderun ve Kaş: 7, Gazipaşa: 6, Anamur ve Antalya: 7) olmak üzere toplam 50 birey örneklenmiştir. Türe ait morfometrik ölçümleri, manto boyu ve ağırlıkları sırası ile ortalama 11.63 ± 2.69 cm ve 183.18 ± 107.66 g hesaplanmıştır. İstasyonlar Şekil 3.1 ve bu istasyonların maruz kaldığı kirlilik yükleri Çizelge 3.1 de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma Alanı.

İstasyonlardaki kirlilik deşarjlarından özellikle evsel atıklar turizm mevsiminde nüfusun artmasıyla yaz aylarında artmakta, buna ek olarak denizel ulaşım ve balıkçılık faaliyetlerinin de eklenmesi ile deşarj oranı en üst seviyelere ulaşmaktadır.

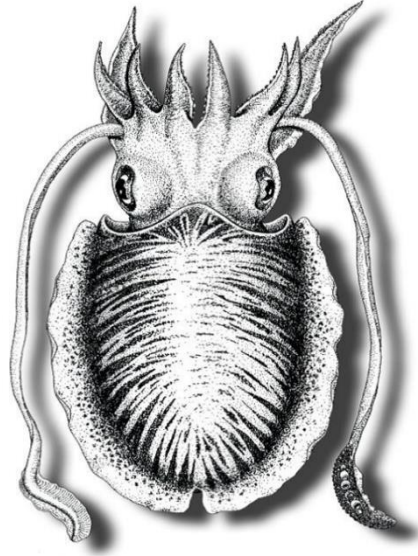
Çizelge 3.1. Örnekleme istasyonları ve istasyonların maruz kaldığı belirtilen kirlilik türleri (Anonim, 2012a ve 2012b).

<u>İst. No.</u>	<u>İstasyon Mevkii</u>	<u>Kirlilik Türü</u>
1	İskenderun	Evsel Atık, Denizel Ulaşım, Kimyasal Gübre Kullanımı, Balıkçılık Faaliyetleri, Endüstriyel Deşarj.
2	Kaş	Evsel Atık, Kimyasal Gübre Kullanımı, Endüstriyel Deşarj ve Denizel Ulaşım.
3	Gazipaşa	Balıkçılık Faaliyetleri, Evsel Atık, Kimyasal Gübre Kullanımı ve Denizel Ulaşım.
4	Anamur	Evsel Atık, Balıkçılık Faaliyetleri.
5	Antalya	Evsel Atık, Endüstriyel Deşarj, Balıkçılık Faaliyetleri ve Turizm.

3.1.2. *Sepia officinalis* Linnaeus, 1758

Kafadan bacaklılar birçok deniz ekosisteminde önemli türler olarak kabul edilmektedir. Kafadan bacaklılar önemli bir besin maddesi oluşturmaları ve yüksek ticari değerleri nedeniyle yoğun olarak avlanmaktadır (Türel ve ark, 2010). Japonya, Akdeniz ve Uzak Doğu ülkelerinin beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda Amerika'daki tüketimi de yükselişe geçmiştir. Türkiye'de son yıllarda kafadan bacaklı tüketiminde benzer bir artış gözlemlenmektedir (Şen ve Çaklı, 2011).

Bölgesel olarak mürekkep balığı ya da sübye olarak adlandırılan *S. officinalis*, bireylerinde vücut düz ve dorso-ventral olarak basıktır (Boletzky, 1983). Manto oval ve kaslı olup vücudun sonuna kadar düz bir şekilde devam eder. Mantonun her iki yanında tek parçadan oluşmuş bir adet yüzgeç şeklinde manto uzantısı vardır (Nesis, 1987). Mürekkep balıkları kumlu ve çamurlu zeminler ile deniz çayırları arasında ve 200 m' ye kadar olan derinliklerde yaşarlar. Denizin en çok 100 m civarındaki littoral kısmında bulunurlar (Roper ve ark., 1984). Akdeniz'de dağılım gösteren sübyelerin ortalama manto boyları 15-25 cm arasındadır. Mürekkep balıkları ortalama iki yıl yaşarlar.



Şekil 3.2. *S. officinalis* bireyinin dorsal görünümü (Guerra, 1992).

3.1.3 *S. officinalis* Sistematığı

- Alem:** Animalia
- Şube:** Mollusca
- Sınıf:** Cephalopoda
- Takım:** Sepioloida
- Üst Aile:** Sepiida
- Aile:** Sepiidae
- Cins:** Sepia
- Tür:** *Sepia officinalis* Linnaeus, 1758.

3.2.YÖNTEM

3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Yaş Yakma Yöntemi

Bireyler kilitli plastik kaplar kullanılarak, soğuk hava ve buz ile direk temas ettirilmeden soğuk zincirde laboratuvar ortamına taşınmışlardır. Laboratuvara getirilen bireylerin manto boyu uzunlukları (ML) ölçülmüş toplam ağırlıkları tartılmış daha sonra -25°C de dondurulmuşlardır. Analizler öncesi oda sıcaklığında çözdürülmüş gonadlarına bakılarak erkek ve dişi birey ayrımları yapılmıştır. Her iki cinsiyetteki bireylerin dokulardaki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi için manto (kas), solungaç, hepatopankreas ve gonad dokularından yaklaşık 1gr ağırlığında dokular tartılmış ve polietilen falcon tüplerine alınmıştır. Her dokudan 3 tekerrür alınmıştır. Falcon tüpüne konulan dokulara 5 ml perklorik asit (HClO_4) ve 10ml nitrik asit (HNO_3) ilave edilmiştir. 15 gün oda sıcaklığında bekletilen tüplerdeki dokuların parçalanması sağlanmıştır. Çözeltide tamamen parçalanan dokular Whatman (42μ) filtre kâğıdı ile süzölmüş ve bidistile su ile toplam hacim 20 ml ye tamamlanmıştır. Metal konsantrasyonları mg/kg yaş ağırlık olarak hesaplanmıştır.

3.2.2. Analizler

Analizler hazırlanan numunelerdeki birikim düzeylerinin belirlenmesi için Mustafa Kemal Üniversitesi Merkez Laboratuvarındaki Varian Liberty Series-II (Palo Alto, USA) marka ICP-AES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrometresi) cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz ile mürekkep balığının farklı dokularındaki Cd, Co, Ni, Pb, Cr metali düzeyleri tespit edilmiştir (Canlı ve Atlı, 2003). Sonuçlar standart materyal referansı DORM-2 ile kontrol edilmiştir.

3.2.3. İstatik Analizler

Mürekkep balığı bireylerinin manto, solungaç, hepatopankreas ve ovaryum dokularından hesaplanan ağır metal birikim seviyeleri arasında fark olup olmadığını test etmek için tek yönlü varyans analizi (One Way ANOVA) kullanılmıştır. Bütün istatistiksel analizler SPSS 17.0 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. Tez içerisindeki tüm şekil ve çizelgelerde kullanılan veriler dişi ve erkek bireylerin dokularından hesaplanan ortalama değerlerdir (Ortalama \pm Standart Dağılışı).

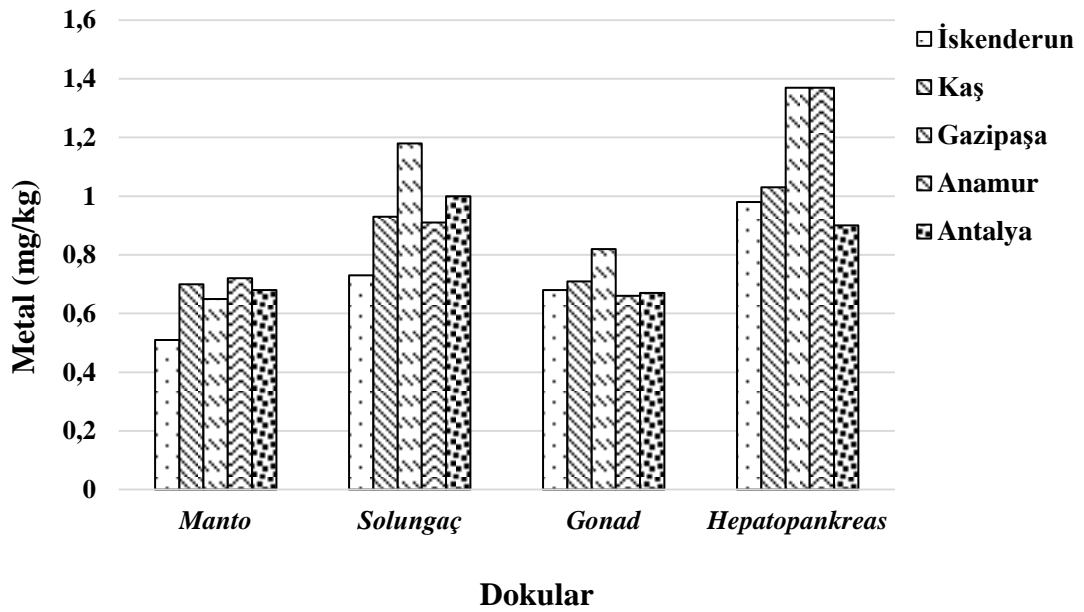
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. ARAŞTIRMA BULGULARI

Akdeniz’de farklı kirlilik deşarjlarına maruz kalan 5 istasyondan yakalanan erkek ve dişi *S. officinalis* bireylerinin manto, solungaç, hepatopankreas ve gonad dokularında tespit edilen metal konsantrasyonlarının değerleri ve yapılan istatistik analiz sonuçları kadmiyum metali için çizelge 4.1’de, krom için çizelge 4.2’de, kobalt için çizelge 4.3’de, nikel için 4.4’de ve kurşun metali için çizelge 4.5’de verilmiştir.

4.1.1. Kadmiyum

İstasyonlara göre *S. officinalis* bireylerinin farklı dokularında birikim gösteren kadmiyum konsantrasyonu seviyeleri erkek ve dişi bireyler için ayrı ayrı hesaplanmış olup, erkek bireyler için hesaplanan konsantrasyonlar Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1, dişi bireyler için hesaplanan konsantrasyonlar ise Şekil 4.2 ve Çizelge 4.1 de verilmiştir.



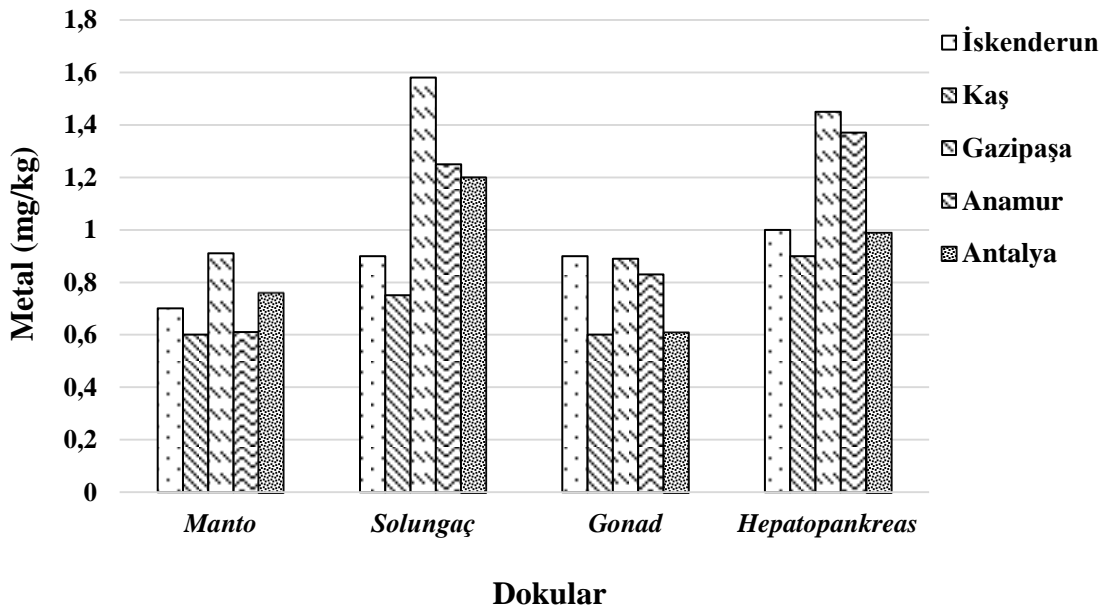
Şekil 4.1. *S. officinalis* erkek bireylerinin dokularında birikim gösteren kadmiyum (mg/kg).

Erkek bireylerin manto dokularında birikim gösteren kadmiyum en fazla Anamur ($0,72\pm 0,16$ mg/kg) en az İskenderun’da ($0,51\pm 0,15$); solungaç dokularında en çok Gazipaşa ($1,18\pm 0,63$ mg/kg), en az İskenderun’da ($0,73\pm 0,21$ mg/kg); gonad dokusunda en çok Gazipaşa ($0,82\pm 0,30$ mg/kg) en az Anamur’da ($0,66\pm 0,19$ mg/kg); hepatopankreas dokularında en fazla Anamur ($1,37\pm 0,23$ mg/kg) ve Gazipaşa

(1,37±0,51 mg/kg), en az birikim ise Antalya’da (0,90±0,18 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

Erkek bireylerin Cd metali seviyeleri istasyonlar arasında kas dokuda Anamur > Kaş > Antalya > Gazipaşa > İskenderun, solungaç dokuda; Gazipaşa > Antalya > Kaş > Anamur > İskenderun, gonad dokuda; Gazipaşa > Kaş > İskenderun > Antalya > Anamur ve hepatopankreas dokuda; Gazipaşa ≥ Anamur > Kaş > İskenderun > Antalya şeklinde hesaplanmıştır (Şekil 4.1).

Erkek bireylerin manto dokularındaki kadmiyum birikim seviyeleri çalışmanın gerçekleştirildiği istasyonlar arasında karşılaştırıldığında, İskenderun, Gazipaşa ve Antalya arasındaki farklılığın önemli olmadığı ($p>0,05$) ancak Kaş ve Anamur istasyonlarından hesaplanan farklılığın diğer üç istasyona göre önemli olduğu anlaşılmıştır ($p<0,05$). Solungaç dokularında Gazipaşa ile diğer istasyonların arasındaki farklılığın önemli olduğu ($p<0,05$), İskenderun, Kaş, Anamur ve Antalya istasyonları arasındaki farklılığın önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Gonad dokudaki Cd birikiminin istasyonlar arasında farkın önemli olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Hepatopankreas dokuları arasında Anamur haricinde, istasyonlar arasında hesaplanan kadmiyum seviyeleri farklılığının önemli olmadığı ($p>0,05$) gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.2. *S. officinalis* dişi bireylerinin dokularında birikim gösteren kadmiyum (mg/kg).

Dişi bireylerin hepatopankreas, kas ve solungaç dokularında en fazla kadmiyum birikimi Gazipaşa'da, en az Kaş'da; gonad dokuda ise en çok İskenderun'da, en az Kaş'da hesaplanmıştır (şekil 4.2).

Dişi bireylerin Cd metali seviyeleri istasyonlar arasında kas dokuda; Gazipaşa > Antalya > İskenderun > Anamur > Kaş, solungaç dokuda; Gazipaşa > Anamur > Antalya > İskenderun > Kaş, gonad dokuda; İskenderun > Gazipaşa > Anamur > Antalya > Kaş ve hepatopankreas dokuda; Gazipaşa > Anamur > İskenderun > Antalya > Kaş şeklinde hesaplanmıştır (şekil 4.2).

En fazla kadmiyum birikimi Gazipaşa da yakalanan dişi bireylerin solungaç dokularında, en az birikim ise İskenderun da yakalanan erkek bireylerin manto dokularında tespit edilmiştir (izelge 4,1).

Gazipaşa da yakalanan dişi bireylerin manto dokulardaki kadmiyum seviyeleri ile diğer istasyonlardan yakalanan dişi bireylerin değerleri arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Solungaç dokuda Gazipaşa ve Anamur istasyonları ile diğer istasyonlar arasındaki farkın önemli olduğu ($p < 0,05$), İskenderun, Kaş, ve Antalya istasyonları arasındaki farklılığın ise önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Gonad dokudaki Cd değerleri için Antalya ve Anamur istasyonu ile diğer istasyonlar arasındaki farkın önemli olduğu ($p < 0,05$), İskenderun, Kaş ve Gazipaşa istasyonları arasındaki farkın önemli olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir. Hepatopankreas dokusu için Gazipaşa ve Anamur da yakalanan bireylerden hesaplanan kadmiyum konsantrasyonu farklılıklarının önemli olduğu ($p < 0,05$), İskenderun, Kaş ve Antalya istasyonları arasındaki farkın ise önemli olmadığı ($p > 0,05$) anlaşılmıştır (izelge 4.1).

Çizelge 4.1. *S. officinalis* bireylerinin dokularında Cd seviyeleri (mg/kg).

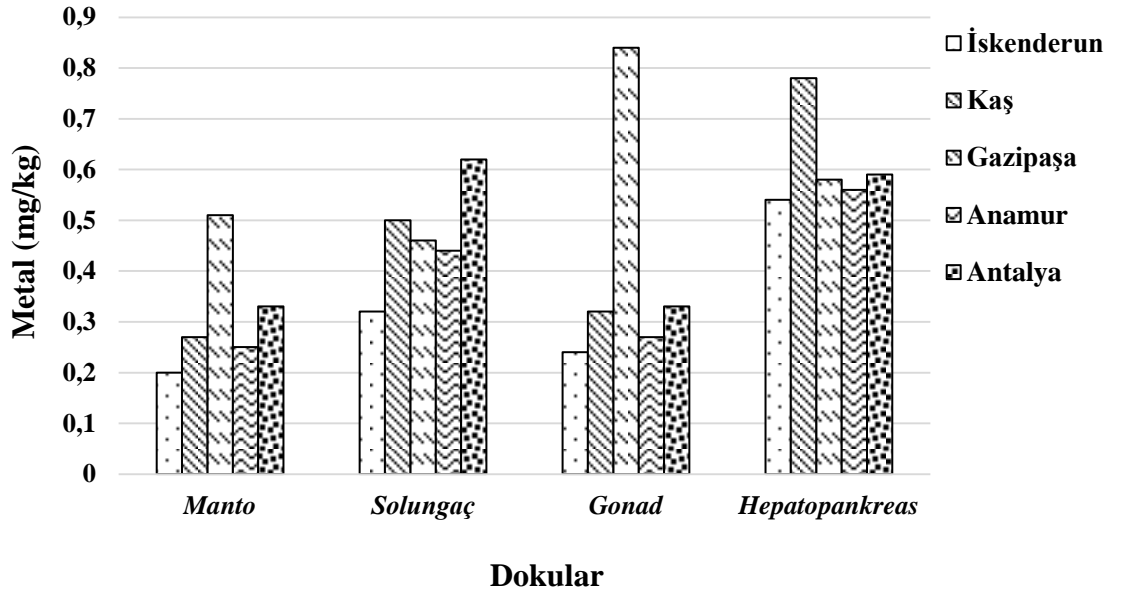
Dokular	Cinsiyet	İSTASYONLAR				
		İskenderun	Kaş	Gazipaşa	Anamur	Antalya
<i>Manto</i>	♂	0,51±0,15 ^{a,x}	0,70±0,21 ^{b,x}	0,65±0,22 ^{a,x}	0,72±0,16 ^{b,x}	0,68±0,11 ^{a,b,x}
	♀	0,70±0,24 ^{a,x}	0,60±0,09 ^{a,x}	0,91±0,32 ^{b,y}	0,61±0,09 ^{a,x}	0,76±0,24 ^{a,x}
<i>Solungaç</i>	♂	0,73±0,21 ^{a,x}	0,93±0,34 ^{a,x}	1,18±0,63 ^{b,x}	0,91±0,12 ^{a,x}	1,00±0,28 ^{a,x}
	♀	0,90±0,13 ^{a,x}	0,75±0,18 ^{a,x}	1,58±0,70 ^{b,y}	1,25±0,26 ^{b,x}	1,20±0,37 ^{a,x}
<i>Gonad</i>	♂	0,68±0,26 ^{a,x}	0,71±0,20 ^{a,x}	0,82±0,30 ^{a,x}	0,66±0,19 ^{a,x}	0,67±0,20 ^{a,x}
	♀	0,90±0,19 ^{a,x}	0,60±0,16 ^{a,x}	0,89±0,34 ^{a,x}	0,83±0,18 ^{b,x}	0,61±0,18 ^{c,x}
<i>Hepatopankreas</i>	♂	0,98±0,15 ^{a,x}	1,03±0,27 ^{a,x}	1,37±0,23 ^{a,b,x}	1,37±0,51 ^{b,x}	0,90±0,18 ^{a,x}
	♀	1,00±0,27 ^{a,x}	0,90±0,21 ^{a,x}	1,45±0,77 ^{b,x}	1,37±0,40 ^{b,x}	0,99±0,50 ^{a,x}

(a,b,c,d) yatay olarak aynı dokuların istasyonlar arasındaki farklılıklarını gösterir ($p < 0,05$), (x,y) dikey olarak aynı istasyonun aynı dokularının cinsiyetler arasındaki farklılıklarını gösterir ($p < 0,05$)

Erkek ve dişi bireylerin manto ve solungaç dokularındaki kadmiyum birikim seviyeleri incelendiğinde, Gazipaşa da cinsiyetler arasındaki farkın önemli olduğu ($p > 0,05$), diğer istasyonlarda ise önemli olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). Gonad ve hepatopankreas dokularına bakıldığında tüm istasyonlarda cinsiyetler arasındaki farklılığın birikim için önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$) (Çizelge 4,1).

4.1.2. Krom

İstasyonlara göre *S. officinalis* bireylerinin farklı dokularında birikim gösteren krom metali seviyeleri erkek ve dişi bireyler için ayrı ayrı hesaplanmış olup, erkek bireyler için hesaplanan konsantrasyonlar Şekil 4.3 ve Çizelge 4.2, dişi bireyler için hesaplanan konsantrasyonlar ise Şekil 4.4 ve Çizelge 4.2 de verilmiştir.



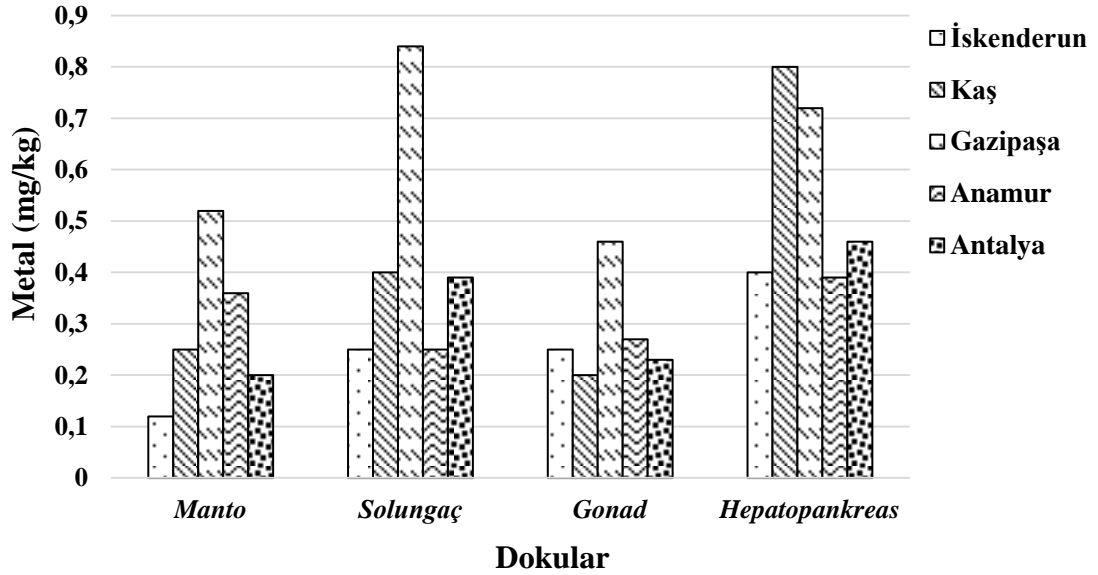
Şekil 4.3. *S. officinalis* erkek bireylerinin dokularında birikim gösteren krom (mg/kg).

Erkek bireylerin manto dokularında birikim gösteren krom en çok Gazipaşa (0,51±0,15 mg/kg), en az İskenderun da (0,20±0,03 mg/kg); solungaç dokularında en çok Antalya (0,62±0,26 mg/kg), en az İskenderun (0,32±0,04 mg/kg); gonad dokularında en çok Gazipaşa (0,84±0,23 mg/kg), en az İskenderun (0,24±0,05 mg/kg); hepatopankreas dokularında en çok Kaş (0,78±0,23 mg/kg), en az birikim ise İskenderun da (0,54±0,16 mg/kg) hesaplanmıştır (Şekil 4.3).

Cr metali seviyeleri erkek bireyler istasyonlar arasında kas dokuda Gazipaşa > Antalya > Kaş > Anamur > İskenderun, solungaç dokuda; Antalya > Kaş > Gazipaşa > Anamur > İskenderun, gonad dokuda; Gazipaşa > Antalya > Kaş > Anamur > İskenderun ve hepatopankreas dokuda; Kaş > Antalya > Gazipaşa > Anamur > İskenderun şeklinde bulunmuştur (Şekil 4.3).

Erkek bireylerin manto dokudaki krom birikim seviyeleri karşılaştırıldığında, Gazipaşa ile diğer istasyonları arasında metal birikim seviyeleri farklılığının önemli olduğu ($p<0,05$), İskenderun, Kaş, Antalya ve Anamur istasyonları arasında farklılığın ise önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Solungaç dokuda ise Kaş ve Antalya istasyonları ile diğer istasyonlar arasındaki farklılığın önemli olduğu ($p<0,05$), İskenderun, Gazipaşa ve Anamur istasyonları arasındaki farklılığın ise önemli olmadığı anlaşılmıştır ($p>0,05$). İstasyonlarda gonad dokusu metal birikim seviyelerinin Gazipaşa istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli olduğu ($p<0,05$), İskenderun, Antalya,

Kaş ve Anamur istasyonları arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Hepatopankreas dokusu krom birikimlerinin farklılıklarının Kaş istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli olduğu ($p<0,05$), İskenderun, Gazipaşa, Anamur ve Antalya istasyonları arasında ise önemli olmadığı hesaplanmıştır ($p>0,05$) (Çizelge 4.2).



Şekil 4.4. *S. officinalis* dişi bireylerinin dokularında birikim gösteren krom (mg/kg).

Dişi bireylerin solungaç dokularında birikim gösteren krom metali en yüksek Gazipaşa ($0,84\pm0,54$ mg/kg), en düşük İskenderun ve Anamur'da ($0,25\pm0,07$ ve $0,25\pm0,08$ mg/kg); hepatopankreas dokularında en fazla Kaş ($0,80\pm0,19$ mg/kg), en az Anamur ($0,39\pm0,13$ mg/kg); kas dokularında en fazla Gazipaşa ($0,52\pm0,25$ mg/kg), en az İskenderun ($0,12\pm0,04$ mg/kg); gonad dokularında en fazla Gazipaşa ($0,46\pm0,21$ mg/kg), en az ise Kaş da ($0,20\pm0,07$ mg/kg) hesaplanmıştır (Şekil 4.4).

Dişi bireylerin krom metali seviyeleri istasyonlar arasında incelendiğinde kas dokuda; Gazipaşa > Anamur > Kaş > Antalya > İskenderun, solungaç dokuda; Gazipaşa > Kaş > Antalya > Anamur \geq İskenderun, gonad dokuda; Gazipaşa > Anamur > İskenderun > Antalya > Kaş ve hepatopankreas dokuda; Kaş > Gazipaşa > Antalya > İskenderun > Anamur şeklinde bulunmuştur (Şekil 4.4).

En fazla krom metali birikimi Gazipaşa da erkek bireylerin gonad dokularında ve dişi bireylerin solungaç dokularında, en az birikim ise İskenderun da yakalanan dişi bireylerin manto dokularında tespit edilmiştir (Çizelge 4,2).

Dişi bireylerin manto dokularındaki krom birikim seviyeleri karşılaştırıldığında, Gazipaşa ile diğer istasyonları arasında farklılıkların önemli olduğu ($p<0,05$),

İskenderun, Kaş, Antalya ve Anamur istasyonları arasındaki farklılığın ise önemli olmadığı anlaşılmıştır ($p>0,05$). Solungaç dokuda Gazipaşa istasyonu ile diğer istasyonların arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$), İskenderun, Kaş, Antalya ve Anamur istasyonları arasındaki farklılığın ise önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). İstasyonlarda gonad dokusu için hesaplanan metal birikim seviyeleri farklılıklarının Antalya istasyonu ile diğer istasyonlar arasında önemli olduğu ($p<0,05$), İskenderun, Gazipaşa, Kaş ve Anamur istasyonları arasındaki farklılığın ise önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Hepatopankreas dokusu için Anamur ve Antalya istasyonlarından yakalanan bireylerden belirlenen metal seviyeleri ortalamaları ile diğer istasyonlardan yakalanan örneklerin ortalamaları arasındaki farklılıkların önemli olduğu ($p<0,05$), İskenderun, Gazipaşa ve Kaş istasyonları arasındaki farklılıkların ise önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. *S. officinalis* bireylerinin dokularında Cr seviyeleri (mg/kg).
İSTASYONLAR

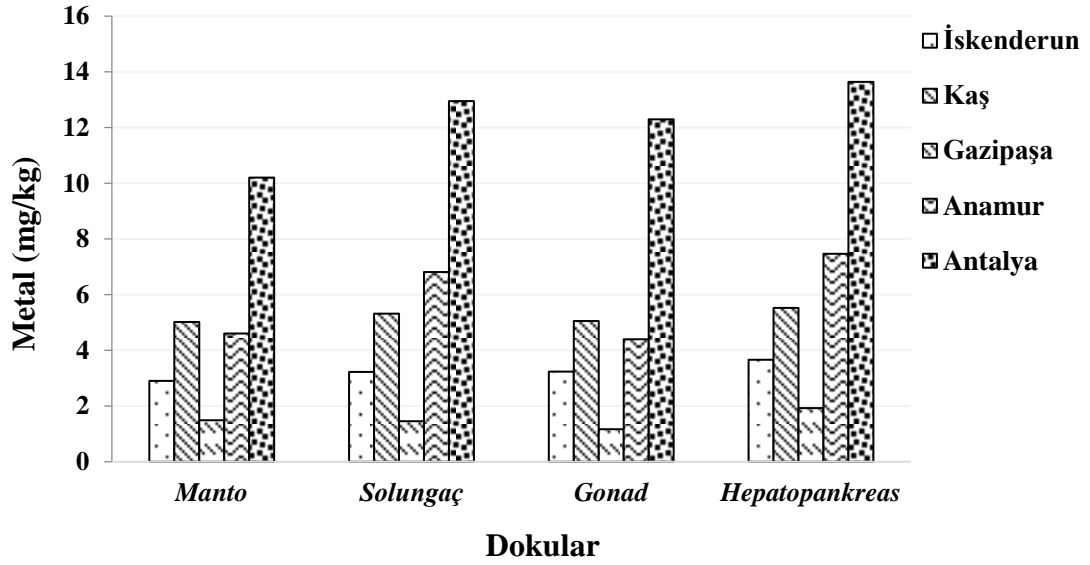
Dokular	Cinsiyet	İskenderun	Kaş	Gazipaşa	Anamur	Antalya
<i>Manto</i>	♂	0,20±0,03 ^{a,x}	0,27±0,09 ^{a,x}	0,51±0,15 ^{b,x}	0,25±0,12 ^{a,x}	0,33±0,16 ^{a,b,x}
	♀	0,12±0,04 ^{a,x}	0,25±0,08 ^{a,x}	0,52±0,25 ^{b,x}	0,36±0,14 ^{a,b,x}	0,20±0,05 ^{a,x}
<i>Solungaç</i>	♂	0,32±0,04 ^{a,x}	0,50±0,13 ^{b,x}	0,46±0,35 ^{a,x}	0,44±0,16 ^{a,x}	0,62±0,26 ^{b,x}
	♀	0,25±0,07 ^{a,x}	0,40±0,13 ^{a,x}	0,84±0,54 ^{b,y}	0,25±0,08 ^{a,x}	0,39±0,07 ^{a,y}
<i>Gonad</i>	♂	0,24±0,05 ^{a,x}	0,32±0,08 ^{a,x}	0,84±0,23 ^{b,x}	0,27±0,12 ^{a,x}	0,33±0,17 ^{a,x}
	♀	0,25±0,09 ^{a,x}	0,20±0,07 ^{a,x}	0,46±0,21 ^{a,y}	0,27±0,05 ^{a,x}	0,23±0,07 ^{b,x}
<i>Hepatopankreas</i>	♂	0,54±0,16 ^{a,x}	0,78±0,23 ^{b,x}	0,58±0,26 ^{a,x}	0,56±0,32 ^{a,x}	0,59±0,38 ^{a,x}
	♀	0,40±0,10 ^{a,x}	0,80±0,19 ^{a,x}	0,72±0,33 ^{a,x}	0,39±0,13 ^{b,x}	0,46±0,11 ^{b,x}

(a,b,c,d) yatay olarak aynı dokuların istasyonlar arasındaki farklılıklarını gösterir ($p<0,05$), (x,y) dikey olarak aynı istasyonun aynı dokularının cinsiyetler arasındaki farklılıklarını gösterir ($p<0,05$).

Tüm istasyonlardaki erkek ve dişi bireylerin manto ve hepatopankreas dokularının cinsiyetleri arasında farklılığın önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Erkek ve dişi bireylerin solungaç dokularından hesaplanan krom seviyeleri farklılıkları incelendiğinde, Antalya ve Gazipaşa istasyonlarındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$), diğer istasyonlar arasındaki farklılığın önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Gazipaşa istasyonunda gonad dokuda cinsiyetler arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$), diğer istasyonlarda ise önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.2).

4.1.3. Kobalt

İstasyonlara göre *S. officinalis* bireylerinin dokularında birikim gösteren kobalt seviyeleri erkek ve dişi bireyler için ayrı ayrı hesaplanmış olup, erkek bireylerdeki birikim düzeyleri Şekil 4.5 ve Çizelge 4.3, dişi bireyler için ise Şekil 4.6 ve Çizelge 4.3 de verilmiştir.



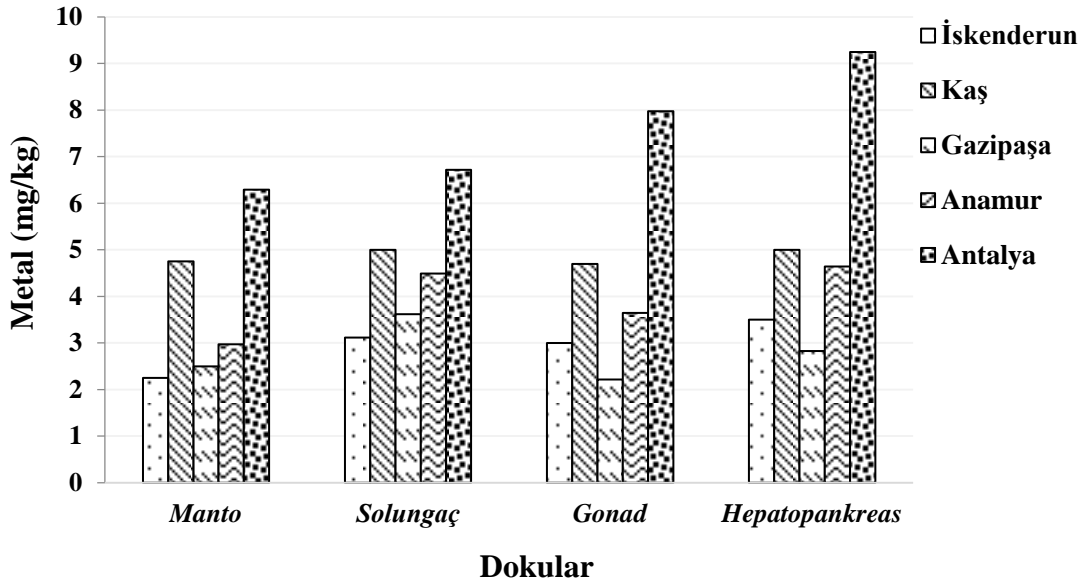
Şekil 4.5. *S. officinalis* erkek bireylerinin dokularında birikim gösteren kobalt (mg/kg).

Erkek bireylerin kas, gonad, hepatopankreas ve solungaç dokularında birikim gösteren kobalt en çok Antalya da sırası ile; $10,20 \pm 6,81$, $12,30 \pm 8,50$, $13,64 \pm 6,47$ ve $12,95 \pm 7,78$ mg/kg, en az Gazipaşa da sırası ile; $1,49 \pm 0,98$, $1,17 \pm 0,79$, $1,93 \pm 1,07$ ve $1,46 \pm 0,24$ mg/kg olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.5).

Kobalt metali seviyeleri erkek bireylerde istasyonlar arasında incelendiğinde kas dokuda; Antalya > Kaş > Anamur > İskenderun > Gazipaşa, solungaç dokuda; Antalya > Anamur > Kaş > İskenderun > Gazipaşa, gonad dokuda; Antalya > Kaş > Anamur > İskenderun > Gazipaşa ve hepatopankreas dokuda; Antalya > Anamur > Kaş > İskenderun > Gazipaşa şeklinde hesaplanmıştır (Şekil 4.5).

İstasyonlara göre erkek bireylerin manto, gonad ve solungaç dokularındaki kobalt birikim seviyeleri karşılaştırıldığında, Antalya ile diğer tüm istasyonları arasında hesaplanan metal birikim seviyeleri farklılığının önemli olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$). Manto dokuda İskenderun ve Gazipaşa istasyonları ile Anamur ile Kaş istasyonu arasındaki farklılığın önemli olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$). Hepatopankreas dokusu için Antalya istasyonunda yakalanan bireylerden hesaplanan metal seviyeleri ortalamalarının

diğer istasyonlardaki ortalamalar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.3).



Şekil 4.6. *S. officinalis* dişi bireylerinin dokularında birikim gösteren kobalt (mg/kg).

Dişi bireylerin kas ve solungaç dokularında birikim gösteren kobalt metali en çok Antalya da sırası ile $6,29\pm 2,22$ ve $6,72\pm 0,66$ mg/kg, en az İskenderun da sırası ile $2,25\pm 1,01$ ve $3,12\pm 0,76$ mg/kg hesaplanmıştır (Çizelge 4.3). Dişi bireylerin hepatopankreas ve gonad dokusunda en fazla birikim Antalya da sırası ile; $9,25\pm 2,65$ ve $7,98\pm 2,17$ mg/kg, en az ise Gazipaşa da sırası ile; $2,83\pm 1,18$ ve $2,22\pm 1,14$ mg/kg bulunmuştur (Şekil 4.6).

Dişi bireylerin istasyonlar arasındaki Co metali seviyeleri kas ve solungaç dokularında; Antalya > Kaş > Anamur > Gazipaşa > İskenderun, gonad ve hepatopankreas dokularında; Antalya > Kaş > Anamur > İskenderun > Gazipaşa şeklinde hesaplanmıştır.

Çalışmada en fazla kobalt birikimi Antalya da yakalanan erkek bireylerin hepatopankreas dokularında, en az birikime ise Gazipaşa da yakalanan erkek bireylerin gonad dokularında tespit edilmiştir (Çizelge 4,3).

İstasyonlara göre dişi bireylerin manto dokularındaki kobalt birikim seviyeleri karşılaştırıldığında, İskenderun, Gazipaşa ve Anamur arasındaki farkın önemli olmadığı ($p>0,05$), Antalya ile diğer istasyonlar arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir. Solungaç, hepatopankreas ve gonad dokularda Antalya ile diğer

istasyonları arasındaki farklılığın önemli olduğu ($p<0,05$), İskenderun, Gazipaşa, Anamur ve Kaş istasyonları arasındaki farklılığın ise önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. *S. officinalis* bireylerinin dokularında Co seviyeleri (mg/kg).

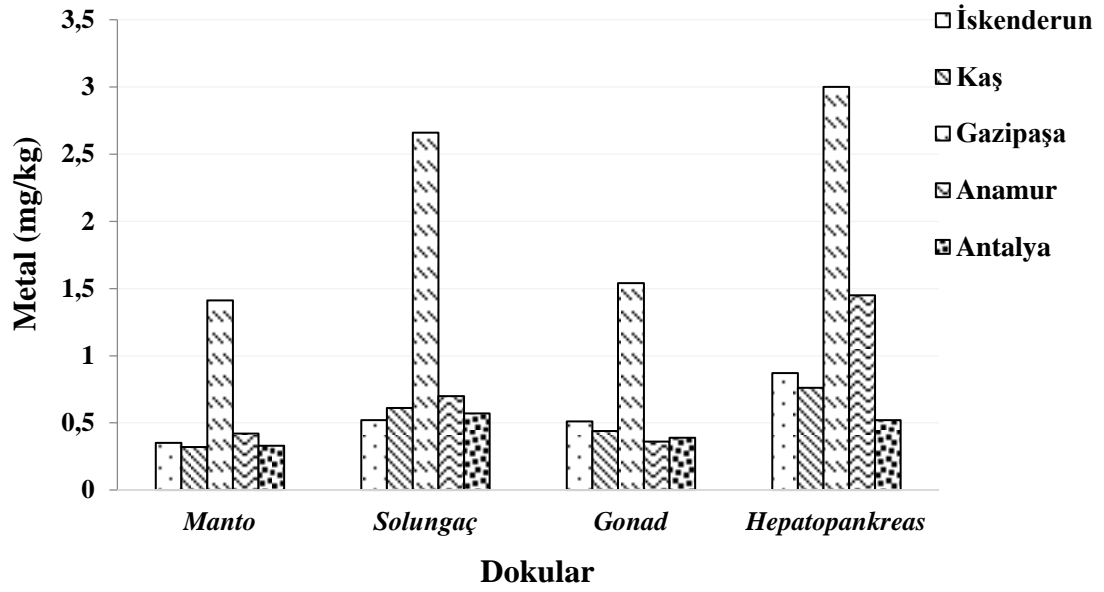
İSTASYONLAR						
Dokular	Cinsiyet	İskenderun	Kaş	Gazipaşa	Anamur	Antalya
<i>Manto</i>	♂	2,90±0,60 ^{a,x}	5,02±0,42 ^{b,x}	1,49±0,98 ^{a,x}	4,60±1,04 ^{b,x}	10,20±6,81 ^{c,x}
	♀	2,25±1,01 ^{a,x}	4,75±1,83 ^{a,b,x}	2,50±1,34 ^{a,x}	2,97±1,20 ^{a,x}	6,29±2,22 ^{b,y}
<i>Solungaç</i>	♂	3,22±0,71 ^{a,x}	5,32±0,39 ^{b,x}	1,46±0,24 ^{a,x}	6,81±1,04 ^{b,x}	12,95±7,78 ^{c,x}
	♀	3,12±0,76 ^{a,x}	5,00±1,36 ^{a,x}	3,62±2,03 ^{a,x}	4,49±2,18 ^{a,x}	6,72±0,66 ^{b,y}
<i>Gonad</i>	♂	3,24±0,60 ^{a,x}	5,05±0,40 ^{b,x}	1,17±0,79 ^{a,x}	4,40±0,99 ^{b,x}	12,30±8,50 ^{c,x}
	♀	3,00±1,09 ^{a,x}	4,70±1,58 ^{a,x}	2,22±1,14 ^{a,x}	3,65±1,84 ^{a,x}	7,98±2,17 ^{b,y}
<i>Hepatopankreas</i>	♂	3,66±0,41 ^{a,x}	5,52±0,42 ^{b,x}	1,93±1,07 ^{a,x}	7,47±2,34 ^{c,x}	13,64±6,47 ^{d,x}
	♀	3,50±0,87 ^{a,x}	5,00±1,41 ^{a,x}	2,83±1,18 ^{a,x}	4,64±2,13 ^{a,y}	9,25±2,65 ^{b,y}

(a,b,c,d) yatay olarak aynı dokuların istasyonlar arasındaki farklılıklarını gösterir ($p<0,05$), (x,y) dikey olarak aynı istasyonun aynı dokularının cinsiyetler arasındaki farklılıklarını gösterir ($p<0,05$).

Erkek ve dişi bireylerin dokularında birikim gösteren kobalt seviyeleri arasındaki farklılığın Antalya da yakalanan bireyler arasında önemli olduğu ($p<0,05$), Anamur da yakalanan erkek ve dişi bireylerin hepatopankreas dokuları arasındaki farkın önemli olduğu anlaşılmıştır ($p<0,05$) (Çizelge 4.3).

4.1.4. Nikel

İstasyonlara göre *S. officinalis* bireylerinin dokularında birikim gösteren nikel seviyeleri erkek ve dişi bireyler için ayrı ayrı hesaplanmış olup, erkek bireyler için birikim düzeyleri Şekil 4.7 ve Çizelge 4.4, dişi bireyler için birikim düzeyleri ise Şekil 4.8 ve Çizelge 4.4 de verilmiştir.



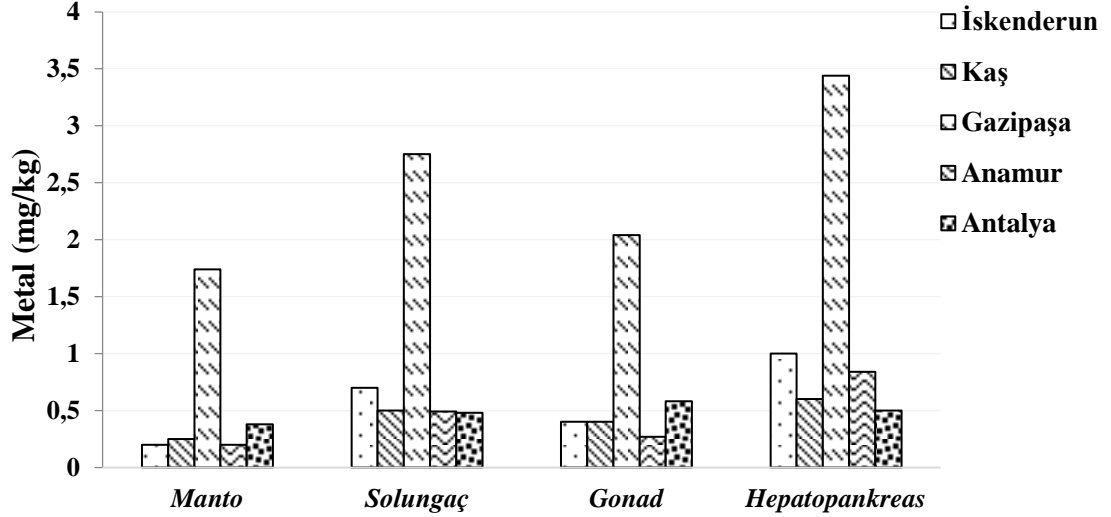
Şekil 4.7. *S. officinalis* erkek bireylerinin dokularında birikim gösteren nikel (mg/kg).

Erkek bireylerin hepatopankreas dokularındaki nikel birikimi en çok Gazipaşa ($3,00 \pm 0,65$ mg/kg), en az Antalya da ($0,52 \pm 0,13$ mg/kg), kas dokularında en fazla Gazipaşa ($1,41 \pm 0,47$ mg/kg), en az Kaş istasyonunda ($0,32 \pm 0,08$ mg/kg), solungaç dokuda en fazla Gazipaşa ($2,66 \pm 1,04$ mg/kg) en az İskenderun ($0,52 \pm 0,22$ mg/kg), gonad dokuda en fazla Gazipaşa ($1,54 \pm 0,90$ mg/kg), en az ise Anamur da ($0,36 \pm 0,30$ mg/kg) hesaplanmıştır (Şekil 4.7).

Tüm istasyonlarda erkek bireylerin Ni birikim seviyeleri incelendiğinde kas dokuda; Gazipaşa > Anamur > İskenderun > Antalya > Kaş, solungaç dokuda; Gazipaşa > Anamur > Kaş > Antalya > İskenderun, gonad dokuda; Gazipaşa > İskenderun > Kaş > Antalya > Anamur, hepatopankreas dokuda; Gazipaşa > Anamur > İskenderun > Kaş > Antalya şeklinde hesaplanmıştır. En fazla metal birikimi Gazipaşa, en az birikim ise Kaş istasyonunda tespit edilmiştir (Şekil 4.7).

İstasyonlara göre erkek bireylerin gonad, manto ve solungaç dokularındaki nikel birikim seviyeleri karşılaştırıldığında, Gazipaşa istasyonu ile diğer istasyonlar arasındaki farkın önemli olduğu ($p < 0,05$), İskenderun, Antalya, Kaş ve Anamur'dan yakalanan bireylerden hesaplanan ortalamalar arasındaki farkın ise önemli olmadığı hesaplanmıştır ($p > 0,05$). Hepatopankreas dokudaki birikim seviyeleri karşılaştırıldığında, Antalya ve Gazipaşa'dan yakalanan bireyler ile diğer istasyonlardan yakalanan bireyler arasındaki ortalamalar arasındaki farkın önemli

olduğu ($p < 0,05$), İskenderun, Kaş ve Anamur istasyonları arasındaki farkın ise önemli olmadığı anlaşılmıştır ($p > 0,05$) (Çizelge 4.4).



Dokular

Şekil 4.8. *S. officinalis* dişi bireylerinin dokularında birikim gösteren nikel (mg/kg).

Dişi bireylerin solungaç ve hepatopankreas dokularında birikim gösteren nikel en çok Gazipaşa'da sırası ile $2,75 \pm 2,14$ ve $3,44 \pm 2,41$ mg/kg, en az Antalya da sırası ile $0,48 \pm 0,33$ ve $0,50 \pm 0,22$ mg/kg hesaplanmıştır. Gonad ve kas dokularında en fazla birikim Gazipaşa'da sırası ile $2,04 \pm 1,29$ ve $1,74 \pm 1,06$ mg/kg, en az Anamur'da sırası ile $0,27 \pm 0,05$ ve $0,20 \pm 0,03$ mg/kg tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

İstasyonlar arasında dişi bireylerin Ni birikimi seviyeleri kas dokuda; Gazipaşa > Antalya > Kaş > İskenderun \geq Anamur, solungaç dokuda; Gazipaşa > İskenderun > Kaş > Anamur > Antalya, gonad dokuda; Gazipaşa > Antalya > Kaş \geq İskenderun > Anamur ve hepatopankreas dokuda; Gazipaşa > İskenderun > Anamur > Kaş > Antalya şeklinde bulunmuştur (Şekil 4.8).

En fazla nikel birikimi Gazipaşa'da yakalanan dişi bireylerin hepatopankreas dokularında, en az birikim ise Anamur ve İskenderun'dan yakalanan dişi bireylerin manto dokularında tespit edilmiştir (Çizelge 4,4).

Çizelge 4.4. *S. officinalis* bireylerinin dokularında Ni seviyeleri (mg/kg).

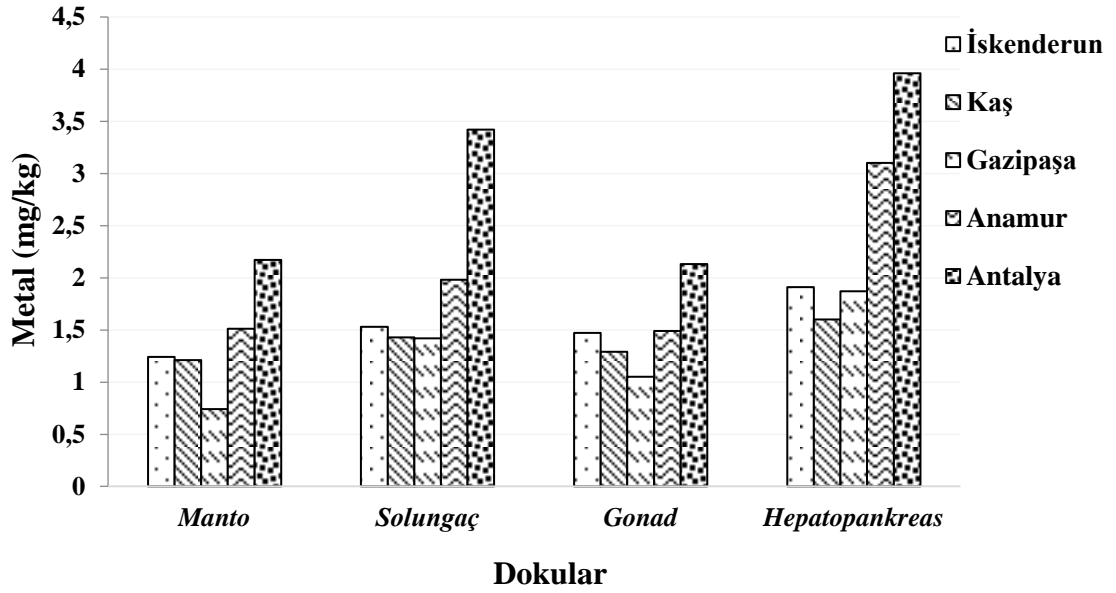
İSTASYONLAR						
Dokular	Cinsiyet	İskenderun	Kaş	Gazipaşa	Anamur	Antalya
<i>Manto</i>	♂	0,35±0,22 ^{a,x}	0,32±0,08 ^{a,x}	1,41±0,047 ^{b,x}	0,42±0,29 ^{a,x}	0,33±0,10 ^{a,x}
	♀	0,20±0,08 ^{a,x}	0,25±0,09 ^{a,x}	1,74±1,06 ^{b,x}	0,20±0,03 ^{a,x}	0,38±0,20 ^{a,x}
<i>Solungaç</i>	♂	0,52±0,22 ^{a,x}	0,61±0,14 ^{a,x}	2,66±1,04 ^{b,x}	0,70±0,19 ^{a,x}	0,57±0,27 ^{a,x}
	♀	0,70±0,19 ^{a,x}	0,50±0,14 ^{a,x}	2,75±2,14 ^{b,x}	0,49±0,12 ^{a,x}	0,48±0,33 ^{a,x}
<i>Gonad</i>	♂	0,51±0,19 ^{a,x}	0,44±0,10 ^{a,x}	1,54±0,90 ^{b,x}	0,36±0,30 ^{a,x}	0,39±0,18 ^{a,x}
	♀	0,40±0,11 ^{a,x}	0,40±0,12 ^{a,x}	2,04±1,29 ^{b,y}	0,27±0,05 ^{a,x}	0,58±0,26 ^{a,x}
<i>Hepatopankreas</i>	♂	0,87±0,16 ^{a,x}	0,76±0,07 ^{a,x}	3,00±0,65 ^{b,x}	1,45±0,88 ^{a,x}	0,52±0,13 ^{c,x}
	♀	1,00±0,23 ^{a,x}	0,60±0,17 ^{a,x}	3,44±2,41 ^{b,x}	0,84±0,46 ^{a,x}	0,50±0,22 ^{a,x}

(a,b,c,d) yatay olarak aynı dokuların istasyonlar arasındaki farklılıklarını gösterir ($p<0,05$), (x,y) dikey olarak aynı istasyonun aynı dokularının cinsiyetler arasındaki farklılıklarını gösterir ($p<0,05$).

Dişi bireylerin dokularındaki nikel birikim seviyeleri karşılaştırıldığında, Gazipaşa istasyonu ile diğer istasyonlardan hesaplanan ortalamalar arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$), İskenderun, Kaş, Anamur ve Antalya istasyonları arasındaki farkın ise önemli olmadığı anlaşılmıştır ($p>0,05$) (Çizelge 4.4).

4.1.5. Kurşun

İstasyonlara göre *S. officinalis* bireylerinin farklı dokularında birikim gösteren kurşun seviyeleri erkek ve dişi bireyler için ayrı ayrı hesaplanmış olup, erkek bireyler için değerler Şekil 4.9 ve Çizelge 4.5, dişi bireyler için değerler ise Şekil 4.10 ve Çizelge 4.5 de verilmiştir.

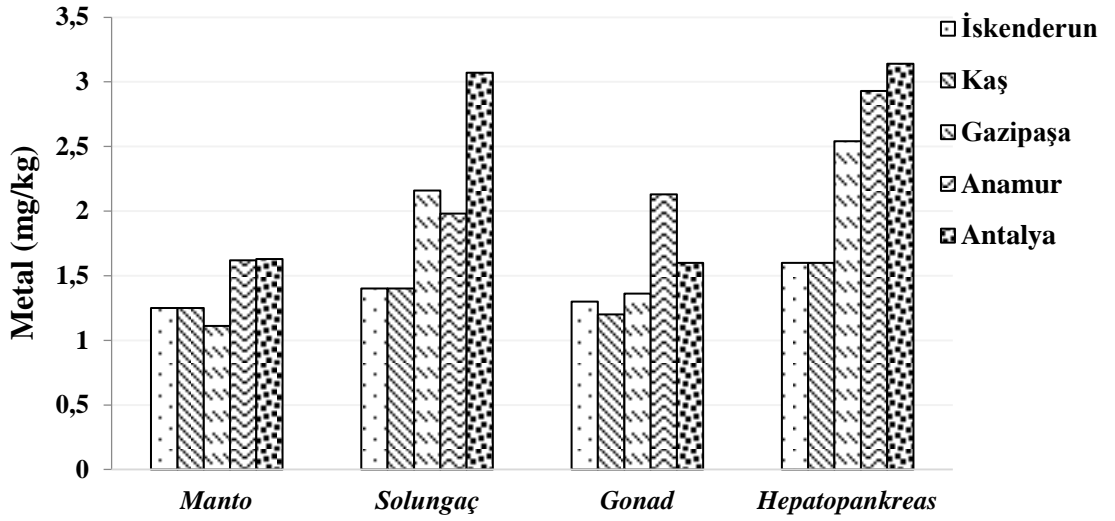


Şekil 4.9. *S. officinalis* erkek bireylerinin dokularında birikim gösteren kurşun (mg/kg).

Erkek bireylerin gonad, manto ve solungaç dokularında birikim gösteren kurşun en fazla Antalya'da sırası ile $2,13 \pm 0,72$, $2,17 \pm 0,51$ ve $3,42 \pm 1,44$ mg/kg, en az Gazipaşa'da sırası ile $1,05 \pm 0,64$, $0,74 \pm 0,36$ ve $1,42 \pm 0,84$ mg/kg hesaplanmıştır. Hepatopankreas dokularında en fazla birikim Antalya ($3,96 \pm 1,22$ mg/kg), en az Kaş da ($1,60 \pm 0,11$ mg/kg) gözlenmiştir (Çizelge 4.5).

İstasyonlarda erkek bireylerin Pb seviyeleri kas, solungaç ve gonad dokularında; Antalya > Anamur > İskenderun > Kaş > Gazipaşa ve hepatopankreas dokuda; Antalya > Anamur > İskenderun > Gazipaşa > Kaş şeklinde sıralanmıştır (Şekil 4,9).

Erkek bireylerin manto dokudaki kurşun birikim seviyeleri karşılaştırıldığında, Antalya, Anamur ve Gazipaşa istasyonları ile diğer istasyonlar arasındaki farklılığın önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Kaş ile İskenderun istasyonları arasındaki farklılığın önemli olmadığı gözlemlenmiştir ($p > 0,05$). Solungaç ve hepatopankreas dokularında ise Antalya ve Anamur istasyonları ile diğer istasyonlar arasındaki farklılığın önemli olduğu ($p < 0,05$), İskenderun, Kaş ve Gazipaşa istasyonları arasındaki farklılığın ise önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). İstasyonlarda gonad dokusu için hesaplanan metal birikim seviyeleri incelendiğinde, Antalya ve Gazipaşa istasyonları ile diğer istasyonlar arasındaki farkın önemli olduğu ($p < 0,05$), İskenderun, Kaş ve Anamur istasyonları arasındaki farklılığın önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$) (Çizelge 4.5).



Dokular

Şekil 4.10. *S. officinalis* dişi bireylerinin dokularında birikim gösteren kurşun (mg/kg).

Dişi bireylerin gonad dokusunda en fazla birikim Anamur ($2,13\pm 0,51$ mg/kg), en az Kaş da ($1,20\pm 0,49$ mg/kg) hesaplanmıştır (Şekil 4.10). Manto dokularındaki birikime bakıldığında en fazla Antalya ($1,63\pm 0,23$ mg/kg), en az Gazipaşa da ($1,11\pm 0,16$ mg/kg) rastlanmıştır (Şekil 4.10). Dişi bireylerin solungaç ve hepatopankreas dokularında birikim gösteren kurşun metali en fazla Antalya da sırası ile $3,07\pm 0,60$ ve $3,14\pm 0,51$ mg/kg, en az İskenderun da sırası ile $1,40\pm 0,34$ ve $1,60\pm 0,41$ mg/kg bulunmuştur (Çizelge 4.5).

İstasyonlar arasında dişi bireylerin Pb seviyeleri incelendiğinde kas dokuda; Antalya > Anamur > Kaş \geq İskenderun > Gazipaşa, solungaç dokuda; Antalya > Gazipaşa > Anamur > Kaş \geq İskenderun, gonad dokuda; Anamur > Antalya > Gazipaşa > İskenderun > Kaş ve hepatopankreas dokuda; Antalya > Anamur > Gazipaşa > Kaş \geq İskenderun şeklinde hesaplanmıştır (Şekil 4,10).

En fazla kurşun metali birikimi Antalya'dan yakalanan erkek bireylerin hepatopankreas dokularında, en az birikim ise Gazipaşa'dan yakalanan erkek bireylerin manto dokularında tespit edilmiştir (Çizelge 4,5).

Dişi bireylerin manto ve gonad dokularındaki kurşun birikim seviyeleri karşılaştırıldığında, Anamur istasyonu ile diğer istasyonları arasındaki farkın önemli olduğu ($p < 0,05$), İskenderun, Kaş, Antalya ve Gazipaşa istasyonları arasındaki farklılığın ise önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Solungaç dokuda Antalya istasyonu ile diğer istasyonların arasındaki farkın önemli olduğu ($p < 0,05$), İskenderun,

Kaş, Gazipaşa ve Anamur istasyonları arasındaki farkın önemli olmadığı gözlenmiştir ($p>0,05$). Hepatopankreas dokusu için Anamur, Gazipaşa ve Antalya istasyonlarının İskenderun ve Kaş istasyonları arasında hesaplanan fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. *S. officinalis* bireylerinin dokularında Pb seviyeleri (mg/kg).

Dokular	Cinsiyet	İSTASYONLAR				
		İskenderun	Kaş	Gazipaşa	Anamur	Antalya
<i>Manto</i>	♂	1,24±0,15 ^{a,x}	1,21±0,18 ^{a,x}	0,74±0,36 ^{b,x}	1,51±0,58 ^{c,x}	2,17±0,51 ^{d,x}
	♀	1,25±0,33 ^{a,x}	1,25±0,53 ^{a,x}	1,11±0,16 ^{a,y}	1,62±0,23 ^{b,x}	1,63±0,23 ^{a,b,y}
<i>Solungaç</i>	♂	1,53±0,22 ^{a,x}	1,43±0,19 ^{a,x}	1,42±0,84 ^{a,x}	1,98±0,84 ^{b,x}	3,42±1,44 ^{c,x}
	♀	1,40±0,34 ^{a,x}	1,40±0,39 ^{a,x}	2,16±0,38 ^{a,y}	1,98±0,93 ^{a,x}	3,07±0,60 ^{b,x}
<i>Gonad</i>	♂	1,47±0,27 ^{a,x}	1,29±0,15 ^{a,x}	1,05±0,64 ^{b,x}	1,49±0,74 ^{a,x}	2,13±0,72 ^{c,x}
	♀	1,30±0,37 ^{a,x}	1,20±0,49 ^{a,x}	1,36±0,40 ^{a,x}	2,13±0,51 ^{b,y}	1,60±0,43 ^{a,y}
<i>Hepatopankreas</i>	♂	1,91±0,20 ^{a,x}	1,60±0,11 ^{a,x}	1,87±1,02 ^{a,x}	3,10±0,44 ^{b,x}	3,96±1,22 ^{c,x}
	♀	1,60±0,41 ^{a,x}	1,60±0,44 ^{a,x}	2,54±1,11 ^{b,y}	2,93±0,86 ^{b,x}	3,14±0,51 ^{b,y}

(a,b,c,d) yatay olarak aynı dokuların istasyonlar arasındaki farklılıklarını gösterir ($p<0,05$), (x,y) dikey olarak aynı istasyonun aynı dokularının cinsiyetler arasındaki farklılıklarını gösterir ($p<0,05$).

İskenderun ve Kaş istasyonlarından yakalanan erkek ve dişi *S. officinalis* bireylerinin dokuları arasındaki kurşun birikimi ortalamaları arasındaki farkın önemli olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Gazipaşa’da yakalanan erkek ve dişi bireylerin manto, hepatopankreas ve solungaç dokuları arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$), gonad dokuları arasındaki farkın ise önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Anamur’dan yakalanan erkek ve dişi bireylerin manto, solungaç ve hepatopankreas dokuları arasındaki farkın önemli olmadığı ($p>0,05$), gonad dokuları arasındaki farkın ise önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Antalya’dan yakalanan bireylerin manto, hepatopankreas ve gonad dokuları arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$), solungaç dokular arasındaki farkın ise önemli olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$) (Çizelge 4.5).

4.2. Tartışma

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de gitgide artan kirlilik, yaşam dengesini etkilemesinin yanında besin zinciri ile canlılar üzerinde olumsuzluklar meydana getirmektedir. Kullanım miktarı ve riskleri açısından ağır metaller bu ögeler arasında önemli bir yere sahiptir. Ağır metallere insan ve diğer canlılar için olumsuz etkileri olan ve bazı ağır metallerin su ürünlerindeki düzeyleri yasal limitlerle sınırlandırılmıştır (Yipel, 2012).

Sucul organizmalar yaşadığı ortam ve beslenme alışkanlıklarından dolayı metallere yoğun bir şekilde maruz kalmakta ve ortamdaki düzeyine oranla metalleri bünyelerinde daha çok biriktirmektedirler. Ağır metal kirliliği kıyı bölgeleri, körfezler ve kapalı denizlerde, açık denizlerden daha fazla olduğu bilinmektedir.

Miramand ve arkadaşları 1992 yılında Fransa'nın Manş sahilinde *Sepia officinalis*'de Pb, Cd, Co gibi ağır metallerin en çok sindirim bezinde birikim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızda da her iki cinsiyet için istasyon farkı gözlemlenmemiş en çok metal birikiminin sindirim bezinde olduğu tespit edilmiştir.

Storelli ve arkadaşları 1999 yılında *Octopus vulgaris* ve *Illex coindetii* kas dokularındaki cıva ve kadmiyum birikim düzeylerini yasal sınırların altında bulmuşlardır. Bu çalışmada ise kas dokuda çalışılan metallere kadmiyum birikimlerinin tüketim sınırlarının üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebinin tür, bölge ve zamansal farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Nessim ve arkadaşları 2003 yılında İskenderiye sahilinin 3 farklı istasyonundan yakaladıkları ahtapotların (*Octopus vulgaris*) hepatopankreas, solungaç, kalp, kas, vb. dokularında birikim gösteren ağır metal düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre dişi bireylerin dokularında birikim gösteren ağır metal miktarı, erkek bireylerin dokularındaki miktarlardan daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Co metalinin en çok hayvanların gonad dokularında birikim gösterdiğini bulmuşlardır. Çalışmamızda erkek ve dişi bireylerde birikim gösteren metaller incelendiğinde, Cd ve Ni dişi bireylerde, Co, Pb ve Cr metallerinin ise erkek bireylerde daha fazla birikim gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca Co metalinin en çok *S. officinalis* bireylerinin hepatopankreas dokusunda birikim göstermiştir. Bu iki çalışmada elde edilen bulguların farklılığının türsel farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü Nessim ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada canlı materyal olarak kullandıkları ahtapotlar ile

çalışmamızda kullandığımız mürekkep balıkları ne kadar akraba olsalar da denizel ortamın farklı derinlik ve ekolojik çevrelerini kullanmaktadırlar.

Raimundo ve arkadaşları 2005 yılında Portekiz sahilinden yakaladıkları *Octopus vulgaris* ve *Sepia officinalis* bireylerinin hepatopankreas, kol ve kas dokularında birikim gösteren Fe, Zn, Cu ve Cd metal seviyelerini tespit etmişlerdir. Çalışmalarının neticesinde, dokular arasındaki birikim düzeyleri arasında önemli bir farkın olmadığını fakat en yüksek birikimin hepatopankreas dokuda olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada da benzer şekil de en fazla birikim hepatopankreas, en az birikimin ise manto dokuda olduğu tespit edilmiştir.

Pereira ve arkadaşları 2009 yılında Portekiz'in Aveiro ve Formosa lagünlerinde dağılım gösteren *S.officinalis* bireylerinin hepatopankreas ve kas dokularında Cd ve Pb birikim düzeylerini araştırmışlardır. Hepatopankreas ve manto dokularını karşılaştırdıklarında bu iki doku arasındaki farkın önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca hepatopankreas dokusundaki Cd ve Pb birikim düzeylerinin manto dokudan daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Çalışmamızda da en çok birikimin hepatopankreas dokuda olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Pereira ve arkadaşlarının sonuçlarına paralel olarak, çalışmamızda da hepatopankreas dokudaki Cd ve Pb konsantrasyonları manto dokudan daha yüksek bulunmuştur.

Çalışmamız ile ülkemiz karasularında yapılan kafadan bacaklılar ile ilgili çalışmalar aşağıda tartışılmıştır.

Yazkan ve arkadaşları 2004 ahtapot, sübye, kalamar ve karides türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd metal birikimlerinden Pb seviyesini 0.00-0.35 mg/kg ve Cd seviyesinin de 0.23-0.72 mg/kg aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Ocak ayında yaptıkları çalışmada yakaladıkları mürekkep balıklarında birikim düzeyini Pb için 0.12 mg/kg, Cd için ortalama 0.70 mg/kg olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada Antalya da Cd içeriği dişi bireyin kas dokusunda $0,76\pm 0,24$, erkek bireyin ise $0,68\pm 0,11$ mg/kg düzeyinde, Pb içeriği ise dişi bireyde $1,63\pm 0,23$ mg/kg, erkek bireyde $2,17\pm 0,51$ mg/kg düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. İki çalışma neticesinde elde edilen metal seviyelerinin kas dokuda benzer olduğu görülmektedir.

Ayas ve arkadaşları 2011 yılında Mersin Körfezi'nde *S. officinalis* dişi ve erkek bireylerinin kas dokularındaki ağır metal birikim düzeylerini erkek ve dişi bireyler için sırasıyla; Cr $0,45\pm 0,04$ - $0,48\pm 0,02$, Cd $3,28\pm 0,06$ - $3,56\pm 0,10$ ve Pb $0,49\pm 0,02$ - $0,35\pm 0,04$

$\mu\text{g/g}$ tespit etmişlerdir. Araştırmacılar Mersin Körfezi'nde dağılım gösteren erkek ve dişi mürekkep balığı bireylerinin ilkbahar mevsimi için dişilerin, erkek bireylere göre manto dokularında daha fazla Pb biriktirdiklerini saptamışlardır. Çalışmamızda Mersin Körfezi'ne en yakın istasyonumuz Anamur'da, kas dokudaki ağır metal birikim düzeylerini erkek ve dişi bireyler için sırasıyla; Cr $0,25\pm 0,12-0,36\pm 0,14$, Cd $0,72\pm 0,16-0,61\pm 0,09$, Pb $1,51\pm 0,58-1,62\pm 0,23$, mg/kg tespit edilmiştir. İki çalışmada kas dokuda birikim gösteren Cd miktarı karşılaştırıldığında, çalışmamızda elde edilen konsantrasyonunun daha düşük olduğu görülmektedir. Fakat çalışmamızda erkek ve dişi bireylerin kas dokularında tespit edilen Pb seviyeleri Ayas ve arkadaşlarının tespit ettikleri seviyelerden daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin çalışmanın gerçekleştirildiği konum farkından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Duysak ve arkadaşları 2013 yılında İskenderun Körfezi'nde *S. officinalis*'in farklı dokularında birikim gösteren metal düzeylerini araştırmışlardır. Manto dokudaki birikim seviyelerini Cd > Pb > Cr olarak tespit etmişler ve hesaplanan Cd ve Pb değerlerini tüketilebilir limitin üzerinde bulmuşlardır. Bu çalışma sonucunda İskenderun Körfezi'nden yakalanan *S. officinalis* bireylerinin manto dokularında birikim gösteren ağır metal birikim düzeyleri benzer metaller için Pb > Cd > Cr olarak tespit edilmiş ve hesaplanan kurşun seviyelerinin tüketilebilir limitlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Duysak ve arkadaşları 2015 yılında İskenderun Körfezi'nde başka bir kafadanbacaklı türü olan *Illex coindetii* bireylerinde yaptıkları ağır metal çalışmasında manto dokudaki birikim düzeyini Pb > Cd > Cr şeklinde gözlemlemişlerdir. Ayrıca cinsiyet ve dokular arasındaki metal birikim düzeyleri arasındaki farklılığın tüm metaller için önemli olduğunu tespit etmişlerdir ($p < 0,05$). Çalışmamız sonucunda kas dokuda hesaplanan metal birikim düzeyleri sıralaması benzer metaller için Pb > Cd > Cr olarak bulunmuştur. Yapılan iki çalışmada elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Akdeniz'in farklı bölgelerinden avlanan ve insan gıdası olarak tüketilen Sepiidae familyasına ait *Sepia officinalis* bireylerinin dokularında birikim gösteren ağır metal düzeyleri tespit edilmiştir.

S. officinalis dokularında metal seviyeleri, erkek bireyler için; $Co > Pb > Ni > Cd > Cr$ ve dişi bireyler için; $Co > Pb > Cd > Ni > Cr$ şeklinde tespit edilmiştir. En yoğun metal birikiminin hepatopankreas dokuda olduğu tespit edilmiştir. Metal birikim seviyeleri dokulara göre Hepatopankreas $>$ Solungaç $>$ Gonad $>$ Manto şeklinde olup, bu sıralamanın istasyonlara göre değişiklik göstermediği görülmüştür.

İstasyonlar arasında sıralama yapıldığında dişi ve erkek mürekkep balığı bireylerinin farklı dokularında birikim gösteren metal yoğunlukları sırasıyla erkeklerde; *Antalya > Anamur > Kaş > Gazipaşa > İskenderun* ve dişilerde; *Antalya > Gazipaşa > Anamur > Kaş > İskenderun* olarak tespit edilmiştir.

Erkek bireylerde dokulara göre metallerin birikim düzeyleri istasyonlara göre, İskenderun'da; *Hepatopankreas > Gonad > Solungaç > Manto*, Kaş'da; *Hepatopankreas > Solungaç > Gonad > Manto*, Gazipaşa'da; *Hepatopankreas > Solungaç > Gonad > Manto*, Anamur'da; *Hepatopankreas > Solungaç > Manto > Gonad* Antalya'da *Hepatopankreas > Solungaç > Gonad > Manto* şeklinde tespit edilmiştir.

Dişi bireylerde dokulara göre metallerin birikim düzeyleri her bir istasyon için sırasıyla;

İskenderun; *Hepatopankreas > Solungaç > Gonad > Manto*,

Kaş; *Hepatopankreas > Solungaç > Gonad \geq Manto*,

Gazipaşa; *Hepatopankreas > Solungaç > Gonad > Manto*,

Anamur; *Hepatopankreas > Solungaç > Manto > Gonad*,

Antalya; *Hepatopankreas > Solungaç > Gonad > Manto* şeklindedir.

Erkek bireylerin dokularındaki metal birikiminin dişi bireylerdeki birikimden daha fazla olduğu, Cd ve Ni birikimlerinin ise dişi bireylerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İnsan beslenmesinde kullanılacak olan tüm gıdalar için belli limitler belirlenmiş olup, günlük olarak bu limitler dahilinde ilgili besin maddesinin tüketilebilirliği mümkün kılınmıştır. Dünya çapında 'WHO' (Dünya Sağlık Örgütü) Avrupa

apında ‘UNEP’ (Avrupa Sağlık rgütü) ve Türkiye’de ise ‘Türk Gıda Kodeksi’ tarafından bu limit değerler belirlenmektedir. Türk Gıda Kodeksinde denizel su ürünleri içerisinde yer alan kafadan bacaklıların yenilebilir kısmındaki yasal sınırlar Pb için st limit 1.00 mg/kg olarak sınırlandırılmıştır. Gazipaşa’da erkek bireylerden hesaplanan değerler hariç, bütün istasyonlarda manto dokuda birikim gösteren kurşun metal düzeylerinin tketelebilir sınırın üzerinde olduğu gözlemlenmiştir (izelge 4.5). Kesin bir sonuca varabilmek için bu bölgelerden daha fazla birey alınıp yapılacak yeni çalışmalarla manto dokuda Pb metal birikimi seviyesinin yeniden değerlendirilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

Denizel ortamdaki kirliliğin canlılar üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde, ortamdaki biyoindikatör türler kullanılmaktadır. Kafadan bacaklılar kısa yaşam süreleri, hızlı metabolizmaları, besin zincirinde st sıralarda yer almaları vb. zelliklerinden dolayı dünyanın farklı denizlerinde ve ülkemizde de biyoindikatör tür olarak kullanılmaktadır (Duysak ve ark., 2013, 2015). Ülkemizde düzenli sürdürülen bir biyoizleme çalışması olmadığından, denizel ortamdaki ağır metal düzeylerine ait bir zaman periyodu verisine rastlanamamıştır. Bu nedenle ağır metal seviyelerinin kıyas edilebileceği ve mevcut çalışmaların tartışılacağı veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısı ile Akdeniz’de hemen her mevsim rastlanan, belirli bir av verisi olan ve insan gıdası olarak pazarda yer bulan *S. officinalis* bireyleri kullanılarak periyodik biyoizleme çalışmalarının yapılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2008. Toksikoloji. Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi. Biyoloji Bölümü. Ders Notları.
- Anonim, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Gıdalardaki Bulaşanların Maksimum Limitleri. 29.12.2011 tarih ve 28157 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim, 2012a. İskenderun Körfezi Kıyı Alanları Bütünsel Planlama ve Yönetim Projesi Raporu. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü.
- Anonim, 2012b. Antalya Bütünleşik Kıyı Alanları Planı. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü.
- Anonim, 2014. Antalya İl Çevre Durum Raporu. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Atar, H. H., Alçiçek, Z., 2009. Su Ürünleri Tüketimi ve Sağlık. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 8(2), 173-176.
- Ayas, D., Ozogul, Y., 2011. The effects of season and sex in the metal levels of mature common cuttlefish (*Sepia officinalis*) in Mersin Bay, Northeastern Mediterranean. *Journal of food science*, 76(4), T121-T124.
- Beyazıt, N., Peker, İ., 1998. Atık sularda Ağır Metal Kirliliği ve Giderim Yöntemleri. In: Atlı, V., Belenli, İ. (Eds), **Kayseri I. Atık Su Sempozyumu Bildirileri**, 22-24 Haziran 1998, Kayseri, 209-215.
- Boletzky, S. V., 1983. *Sepia officinalis*. **Cephalopod Life Cycles, vol. 1. P. R. Boyle (ed.), Academic Press, London**
- Canlı, M., Atli, G., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. **Environmental Pollution**, 121, 129-136.
- Demir, M., 1952. Boğaz ve Adalar Sahillerinin Omurgasız Dip Hayvanları. *Hidrobiyol. Mecm. İstanbul*. 2: 615

- Duysak, O., Ersoy, B., Dural, M., 2013. Metal Concentrations in different tissues of cuttlefish (*Sepia officinalis*) in İskenderun Bay, northeastern Mediterranean. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 13: 205-210.
- Duysak, Ö., Dural, M., 2015. Heavy Metal Concentrations in Tissues of Short-Finned Squid *Illex coindetii* (Cephalopoda: Ommastrephidae)(Vérany, 1839) in Iskenderun Bay, North-Eastern Mediterranean. **Pakistan J. Zool**, 47(2), 447-453.
- Ekici, H., Yarsan, E., 2009. Akuakültür Canlılarında Zehirli Etki Oluşturabilecek Maddeler. **E.Ü. Su Ürünleri Dergisi. (Electronic Journal)** 26 (3): 229-233.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. (2003). Metallerin Çevresel Etkileri- **I. Metalurji Dergisi. 136:** 47-53.
- Kargı, F., 1995. **Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler**, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, 2. Baskı. İzmir.
- Katagan T., Salman, A., Benli H, A., 1993. The Cephalopod fauna of the Sea of Marmara. **Israel Journal of Zoology. 39:** 255-261
- Katağan, T., Kocataş, A., 1990, Note Preliminaire Sur Les Cephalopodes Des Eaux Turques Rapp. Comm. Int. Mer Medit., 32, 1: 242.,
- Katağan, T., Benli, H. A., 1990, New Cephalopod (Mollusca) Species For The Turkish Seas. **Doğa-Tr. J. Zool.**, 14: 156-161.
- Mangold, K., Boletzky, S. V., 1987, Cephalopodes. Fiches FAO d'identification des especes pour les besoins de la peche. (Revision1) Mediterranee et Mer Noire. Zone de peche 37. 1: 633714.
- Nesis KN. 1987. Cephalopods of The World, Senior Scientis, Department of Nekton, P.P.Shirshov Institute of Oceanology, **USSR Acedemy of Sciences**, Moscow. 351 p.
- Özdemir, H.İ., 1981. **Genel Anorganik ve Teknik Kimya**. Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- Öztürk, B., Doğan, A., Bakır, B. B., Salman, A., 2014. Marine Molluscs of The Turkish coasts: an updated checklist. **Turkish Journal of Zoology**, 38(6), 832-879.

- Miramand, P., Bently, D., 1992. Concentration and distribution of heavy metals in tissues of two cephalopods, *Eledone cirrhosa* and *Sepia officinalis*, from the French coast of the English Channel. *Marine Biology*, 114, 407-414.
- Nessim, R. B., Riad, R., 2003. Bioaccumulation of heavy metals in *Octopus vulgaris* from coastal waters of Alexandria (Eastern Mediterranean). *Chemistry and Ecology*, 19(4), 275-281.
- Pereira, P., Raimundo, J., Vale, C., Kadar, E., 2009. Metal concentrations in digestive gland and mantle of *Sepia officinalis* from two coastal lagoons of Portugal. *Science of the Total Environment*, 407(3), 1080-1088.
- Raimundo, J., Pereira, P., Vale, C., Caetano, M., 2005. Fe, Zn, Cu and Cd concentrations in the digestive gland and muscle tissues of *Octopus vulgaris* and *Sepia officinalis* from two coastal areas in Portugal. *Ciencias Marinas*, 31(1), 243-251.
- Roper, C. F. E., Sweeney, M. J., Nauen, C., 1984. Cephalopods of the world, An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fish. Synop*, 4 (3) 125-277.
- Sawyer, C.N., Mccarty, P.L. and Parkin, G.F., 1994. **Chemistry for Environmental Engineering**. Fourth Edition, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Storelli, M. M., & Marcotrigiano, G. O., 1999. Cadmium and total mercury in some cephalopods from the South Adriatic Sea (Italy). *Food Additives & Contaminants*, 16(6), 261-265.
- Şen, E. B., Çaklı, Ş., 2011. Changes in chemical and sensory quality characteristics of common *octopus* (*Octopus vulgaris* Curvier, 1797) during the frozen storage period. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 28(3), 83-87.
- Şengül, F., 1993. **Çevre Kimyası**. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- TÜİK., 2013, Su Ürünleri İstatistikleri, T. C. **Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü**.

Türel B, C., Duysak, Ö., Akamca, E., Kiyâğa, V. 2010. Karataş Açıkları (Kuzeydoğu Akdeniz) Mürekkep Balığının (*Sepia officinalis* L., 1758) Bazı Biyolojik Özellikleri, *Journal of Fisheries Sciences.com*. 4: 400-411.

Yazkan M., Özdemir F., Gölükcü M., 2004. Antalya körfezinde avlanan bazı yumuşakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. *Turk J. Vet Anim Sci.*, 28, 95-100.

Yipel, M.,2012. Akdeniz Antalya Körfezi' Nde Avlanan Barbunya (*Mullus Barbatulus*, Linnaeus, 1758), Kefal (*Mugil Cephalus*, Linnaeus, 1758) Ve Yeşil Kaplan Karidesi (*Panaeus Semisulcatus*, De Haan, 1844) Türlerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Kilis ilinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kilis'te tamamladı. 2007 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde başladığı üniversite eğitimini 2012 yılında tamamlayarak mezun oldu. Bir yıl aradan sonra Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.



