

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI KİRLİLİK POTANSİYELLERİNE SAHİP LOKALİTELERDE
YAŞAYAN *MICROTUS GUENTHERI* ÖRNEKLERİNDEKİ AĞIR METAL
BİRİKİM SEVİYELERİNİN SAPTANMASI VE GENETİK HASARIN
ARAŞTIRILMASI**

Fatma TURNA DEMİR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

HAZİRAN 2018

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**FARKLI KİRLİLİK POTANSİYELLERİNE SAHİP LOKALİTELERDE
YAŞAYAN *MICROTUS GUENTHERI* ÖRNEKLERİNDEKİ AĞIR METAL
BİRİKİM SEVİYELERİNİN SAPTANMASI VE GENETİK HASARIN
ARAŞTIRILMASI**

Fatma TURNA DEMİR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

HAZİRAN 2018

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI KİRLİLİK POTANSİYELLERİNE SAHİP LOKALİTELERDE
YAŞAYAN *MICROTUS GUENTHERI* ÖRNEKLERİNDEKİ AĞIR METAL
BİRİKİM SEVİYELERİNİN SAPTANMASI VE GENETİK HASARIN
ARAŞTIRILMASI**

Fatma TURNA DEMİR
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

**(Bu tez T.C. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon
Birimi tarafından FDK-2016-1421 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

HAZİRAN 2018

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI KİRLİLİK POTANSİYELLERİNE SAHİP LOKALİTELERDE
YAŞAYAN *MICROTUS GUENTHERI* ÖRNEKLERİNDEKİ AĞIR METAL
BİRİKİM SEVİYELERİNİN SAPTANMASI VE GENETİK HASARIN
ARAŞTIRILMASI**

Fatma TURNA DEMİR

BİYOLOJİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 19.06/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAVUZ (Danışman)

Prof. Dr. Figen ERKOÇ

Prof. Dr. Aysun ÖZKAN

Prof. Dr. Mehmet ÖZ

Doç. Dr. Ayşe Gül MUTLU / GÜLMEMİŞ

ÖZET

FARKLI KİRLİLİK POTANSİYELLERİNE SAHİP LOKALİTELERDE YAŞAYAN *MICROTUS GUENTHERI* ÖRNEKLERİNDEKİ AĞIR METAL BİRİKİM SEVİYELERİNİN SAPTANMASI VE GENETİK HASARIN ARAŞTIRILMASI

Fatma TURNA DEMİR

Doktora Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAVUZ

Haziran 2018; 287 sayfa

Bu çalışmanın amacı, Korkuteli Antalya’da taş ocağı ve madencilik faaliyetlerine yakın istasyonlarda ve temiz bir kontrol istasyonunda yaşayan tarla farelerinin (*Microtus guentheri*) kan lenfositlerindeki genetik hasar derecesini ve ağır metal birikiminin değerlendirilmesidir. İlkbahar, yaz, sonbahar (2017) ve kış (2018) mevsimlerinde, Korkuteli-Antalya’da seçilmiş istasyonlarda yaşayan (istasyon 1-5=kirli istasyonlar ve kontrol=temiz bölge) *Microtus guentheri* örneklerinin deri-keratin, kemik, kas, karaciğer ve böbrek doku ve organlarında 13 ağır metal (Fe, Al, Zn, Cu, Cr, Mn, Ni, B, Pb, As, Co Cd ve Hg) incelenmiştir. Diğer taraftan bu çalışmanın bir amacı, comet testinde genetik hasar ile bir kirlilik biyomonitör türü olarak Tarla farelerinin (*Microtus guentheri*) potansiyelini ve genetik hasar ile ağır metal birikimi arasındaki ilişkiyi saptamaktır. Bu çalışmada, altı lokaliteden bireyler yakalanmıştır. Kirli alanlar olarak beş farklı istasyon seçilmiştir ve kontrol sahası olarak bir alan seçildi ve daha sonra *M. guentheri* örnekleri ilkbahar, yaz ve sonbahar (2017) mevsimlerinde Sherman tuzakları ile canlı olarak yakalanmıştır (her istasyondan en az beş örnek toplandı). Kış mevsiminde (2018), iki istasyondan sadece 5 örnek toplanmıştır (istasyon 4’ten 4 birey ve kontrol istasyonundan 1 birey). Örnekler yakalandıktan sonra, comet testi ile genetik hasar değerlendirmesi için lenfosit izolasyonu amacıyla kan örnekleri alındı. Daha sonra yakalanan örneklerin deri-keratin, kemik, kas, karaciğer ve böbrek dokuları ve organları diseksiyonla çıkarılmıştır ve ağırlıkları tartılan doku ve organ numuneleri İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ile ağır metal birikimi için analiz edildi. İstatistiksel analiz için tanımlayıcı parametreler hesaplanmış (ortalama, standart hata) ve tüm istasyonlar için kan lenfositlerdeki genetik hasar ve ağır metal birikimi konsantrasyonları için ANOVA yapılmıştır. Ayrıca istasyonlardan yakalanan örnekler arasında lenfositlerdeki genetik hasar düzeyleri ve deri-keratin, kemik, kas, karaciğer ve böbrek doku ve organlarında ağır metal birikimi açısından fark olup olmadığı belirlenmiştir. Öte yandan, ağır metal birikimi açısından mevsimsel farklılıklar ve doku-organ farklılıkları kanonik diskriminant analiz ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, yüzde kuyruk DNA’sı açısından tüm kirlilik yükü olan bölgelerdeki (istasyonlar 1-5) kan lenfositlerindeki genetik hasarın kontrolden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu gösterirken, sonbahar mevsiminde üç bölgenin (istasyonlar 3-5) kontrolden daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Elde ettiğimiz sonuçlar, Fe, Al, Zn, Ni, Mn, Cr, Co, As ve Pb'nin deri-keratin dokuda biriktirdiğini, böbreklerde Cu ve Cd biriktiğini, karaciğerde Cu, Cd ve B biriktiğini göstermiştir. Diğer taraftan *M. guentheri*'nin kemik dokusunda As ve Pb birikimi tespit edilmiştir. Belirlenen ağır metal birikimleri açısından, Canonical diskriminant analiz sonuçlarına göre böbrek organ ve kemik dokusu birbirine benzerken, karaciğer organ ve kas dokusun birbirine benzer ve deri-keratin dokusu ise tüm doku ve organlardan önemli ölçüde farklıdır. Belirlenen ağır metal birikimleri açısından, Canonical diskriminant sonuçlarına göre ilkbahar ve yaz mevsimleri birbirine yakın ve sonbahar mevsimi ise bu iki mevsimden değerlendirilen tüm ağır metal birikimleri açısından farklıdır. Bu çalışma, *M. guentheri*'nin kan lenfositlerindeki genotoksik etkilerin ve ekotoksikolojik çalışmalar için bir biyomonitör olarak hizmet eden küçük kemirgen bir tür olan *M. guentheri*'nin doku ve organlarındaki ağır metal birikiminin tespit edildiği ilk çalışmadır. Elde edilen sonuçlara göre maden ocakları nedeniyle (taş ve mermer vb.) ağır metal kirliliği (Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Cr, Pb, As ve Co bakımından) Antalya Korkuteli'nde başlamıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Ağır metal birikimi, Biyoizlem, Comet testi, Ekotoksikoloji, Genetik hasar, *Microtus guentheri*

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAVUZ

Prof. Dr. Figen ERKOÇ

Prof. Dr. Aysun ÖZKAN

Prof. Dr. Mehmet ÖZ

Doç. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ

ABSTRACT

DETERMINATION OF HEAVY METAL ACCUMULATION LEVELS AND GENETIC DAMAGE IN *MICROTUS GUENTHERI* SAMPLES LIVING IN LOCALITIES WITH DIFFERENT POLLUTION POTENTIALS

Fatma TURNA DEMİR

PhD Thesis in Biology

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa YAVUZ

June 2018; 287 pages

The aim of this study was to carry out genetic damage degree in blood lymphocytes and heavy metal accumulation in Levant voles (*Microtus guentheri*) inhabiting the close sites stone quarry and mining activities and a clean control site in Korkuteli-Antalya, Turkey. Thirteen heavy metals (Fe, Al, Zn, Cu, Cr, Mn, Ni, B, Pb, As, Co Cd, and Hg) were investigated from skin with fur, bone, muscle, liver and kidney of *Microtus guentheri* (*M. guentheri*) specimens, which inhiting selected localities (localities 1-5=polluted localities and control=clean locality) in Korkuteli-Antalya in spring, summer, autmn (2017) and.winter (2018) seasons. On the other hand, another aim of this study was determining the potential of Levant voles (*M. guentheri*) as a biomonitor species of pollution with genetic damage in Comet assay and the relationship between heavy metal accumulation and genetic damage. In this study, individuals were caught in 6 localities. Five different sites were chosen as polluted sites and one site was chosen as control clean site and then *M. guentheri* specimens (for each localities at least five specimens were collected) were caught by Sherman traps as alive in spring, summer and autumn (2017) seasons. In winter season (2018) only 5 specimens were collected from two localities (4 individuals from locality 4 and 1 individual from control locality). After collection of specimens, blood samples were taken with the aim of isolation blood lymphocytes for evaluating genetic damage analyses by Comet Assay. And then, skin with fur, bone, muscle, liver and kidney tissues and organs were removed by dissection from the captured specimens and weighted tissue and organ samples were analyzed by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS) for heavy metal accumulation. For statistical analyses descriptive parameters were calculated (mean, standard error) and carried out ANOVA for genetic damage of blood lymphocytes and heavy metals accumulation concentrations for all localities. Besides, it was determined whether there was any difference between the samples captured from the localities in terms of genetic damage levels of blood lymphocytes and heavy metal accumulation in skin with fur, bone, muscle, liver and kidney tissue and organs. On the other hand, seasonal and tissue and organ differences were evaluated by canonical discriminant analyse in terms of heavy metal accumulation. Results revealed that while in spring and summer seasons genetic damage of blood lymphocytes of all polluted localities (localities1-5) are significantly higher than control, in autumn season three sites (localities 3-5) are higher than control in terms of percentage tail DNA. Our results showed that while Fe, Al, Zn, Ni, Mn, Cr, Co, As and Pb primarily deposits in the skin with fur tissues,Cu and Cd deposits in the kidney, Cu, Cd and B deposits in liver. On the other hand, As and Pb deposition were detected in bone tissue of *M. guentheri*.

In terms of all determined heavy metal accumulations, according to results of Canonical discriminant analyse it was found that the kidney organ and bone tissue are similar to each other, the liver organ and muscle tissue are similar to each other, and the skin-keratin tissue is significantly different from all tissues and organs. In terms of all determined heavy metal accumulations, according to results of Canonical discriminant Spring and Summer seasons are close to each other and fall season is different from these two seasons in terms of all determined heavy metal accumulations. This study is the one of the first record of detecting the genotoxic effects in blood lymphocytes of *M. guentheri* and heavy metal accumulation in different tissue and organs of small rodent species, namely *M. guentheri* which serve a biomonitoring model for ecotoxicological studies. According to results, the heavy metal pollution (in terms of Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Cr, Pb, As ve Co) from mines (etc. stone and marble) began at Korkuteli, Antalya.

KEYWORDS: Heavy metal accumulation, Biomintoring, Comet assay, Ecotoxicology, Genetic damage, *Microtus guentheri*

COMMITTEE: Assist. Prof. Dr. Mustafa YAVUZ

Prof. Dr. Figen ERKOÇ

Prof. Dr. Aysun ÖZKAN

Prof. Dr. Mehmet ÖZ

Assoc. Prof. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ

ÖNSÖZ

Ekosistem farklı antropojenik nedenlerle kirliliğe maruz kalabilmektedir. Ağır metal kirliliği de bunların arasında yer almaktadır. Çevreye çeşitli şekillerde salınan ve/veya doğal olarak bulunan ağır metaller ekosistemdeki pek çok canlı türünü etkileyerek istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir. Bunlar arasında en bilinenleri arasında maruz kalma ile canlıların metalleri bünyelerine alarak bu metallerin çeşitli canlılarda biyolojik birikime uğraması ve alınan ağır metallerin genetik hasara neden olması sayılabilmektedir.

Yapılan bu doktora tezi kapsamında taş ve maden ocaklarına yakın olduğu ön çalışmalar ile tespit edilen ve kirlilik oranları birbirinden farklı olan 5 istasyondan ve temiz olduğu bilinen bir kontrol istasyonundan farklı mevsimlerde (ilkbahar, yaz, güz ve kış) ve periyodik olarak toplanan ve bir tarım zararlısı olup “tarla fareleri” olarak bilinen *Microtus guentheri* (*M. guentheri*) örneklerindeki ağır metal birikimleri organ ve dokular seviyesinde analiz edilmiştir. Ayrıca toplanan *M. guentheri* bireylerinden elde edilen kan örneklerinden izole edilen lenfositlerdeki genetik hasar, genetik hasarın tespit edilmesi açısından hızlı ve güvenilir bir yöntem (Cabarcas-Montalvo vd. 2012; Mitkovska vd. 2012; Tovar-Sánchez vd. 2012; Lourenço vd. 2013) olan comet testi ile tespit edilmiştir. Karşılaştırmalar kirlilik açısından temiz olduğu bilinen bir istasyondan elde edilen *Microtus guentheri* türü örnekleri ile yapılmıştır. Böylece taş ve maden ocaklarına yakın olduğu bilinen farklı kirlilik oranlarına sahip istasyonlarda doğal yayılış gösteren *Microtus guentheri* örneklerindeki genetik hasar ve ağır metal birikimi doku ve organsal boyutta temiz olduğu bilinen istasyon ile karşılaştırılarak, bu canlının biyoindikatör tür olarak kullanılabilme potansiyelinin ve ağır metal birikimi ve genetik hasar arasındaki olası ilişkinin ortaya çıkarılmasına olanak sağlamıştır. Özellikle literatürde çok sayıda küçük kemirgen tür kirliliğin önlenmesi amacıyla erken uyarı sistemi görevi ile birer biyoindikatör olarak kullanılmasına rağmen, *Microtus guentheri* ile yapılan böyle bir çalışma mevcut olmayıp, bu çalışma *M. guentheri* ile comet testi kullanılarak yapılan ilk çalışma olma niteliği taşımaktadır.

Bana farklı ve yeni bir çalışma alanının kapılarını açan, en zor zamanlarda her daim paha biçilmez desteği ve emeği ile bu çalışmayı yapabilmeme olanak sağlayan Tez Danışmanı ve Tez İzleme Komitesi Üyesi olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAVUZ’a tüm kalbimle teşekkür ederim. Fikirleri ile çalışmamda bana yol gösteren Saygıdeğer Tez İzleme Komitesi Üyeleri Sayın Prof. Dr. Figen ERKOÇ ve Sayın Prof. Dr. Aysun ÖZKAN’a çok teşekkür ederim. Bu tez T.C. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2016-1421 nolu proje ile desteklenmiştir. Ayrıca TÜBİTAK-BİDEB 2211-E Doğrudan Yurtiçi Doktora Burs Programı’na ve Tezim kapsamında çeşitli genetik hasar testlerini öğrenme imkanı bulmama yardımcı olan TÜBİTAK-BİDEB 2214/A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı’na teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca TÜBİTAK-BİDEB 2214/A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı kapsamında önerilmiş olan projede Danışman Hocam olan ve U.S. Food and Drug Administration (FDA)’daki laboratuvarlarında çalışma imkanı bulduğum Sayın Dr. Tao CHEN’e ve çok sayıda tekniği kendisinden öğrendiğim Sayın Dr. Jian YAN’a ve Sayın Dr. Xiaoqing GUO’ya çok teşekkür ederim. Bunun yanı sıra lisans eğitimimden itibaren öğrencisi olduğum ve laboratuvar olanaklarını kullandığım Akdeniz Üniversitesi Biyoloji Bölümü’ne, ayrıca floresans mikroskop ile yapılan görüntüleme analizlerini gerçekleştirdiğim Akdeniz Üniversitesi

Tıp Fakóltesi Anatomi Anabilim Dalı'nda bana çalışma imkanı sağlayan Sayın Prof. Dr. Levent SARIKçIOęLU'na teşekkür ederim. Tüm yaşamım boyunca olduğu gibi doktora tez dönemimde de tüm desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme, kendisinden daima yeni şeyler öğrendiğim ve desteğini hep kalbimde hissettiğim sevgili eřim Doç. Dr. Eřref DEMİR'e en kalbi duygularımı ve teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
AKADEMİK BEYAN	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	5
2.1. <i>Microtus</i> Cinsinin Sistematikteki Yeri.....	5
2.2. <i>Microtus</i> Cinsinin Genel Özellikleri	5
2.3. <i>Microtus</i> Cinsi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	7
2.4. Yuva Ekolojisi.....	7
2.5. Morfometrik Özellikler	8
2.5.1. Vücut özellikleri.....	8
2.6. Çevresel Kirlilik ve Biyoizlem Çalışmaları	9
2.7. Küçük Kemirgen Memeliler ve Ağır Metal Kirliliği	11
2.7.1. Küçük Kemirgen Memelilerin Ekotoksikoloji Çalışmalarında Kullanımı	16
2.7.1.1. Comet testi	16
2.7.1.2. Küçük kemirgen memelilerin comet testi ile genotoksisite tayininde kullanımı	16
2.7.1.3. Küçük kemirgen memeli türleri ile yapılan ekotoksikoloji çalışmalarında ağır metallerin birikim yaptıkları doku ve organlar.....	22
3. MATERYAL VE METOT	27
3.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri.....	27
3.2. Mevsimsel Olarak <i>Microtus guentheri</i> Örneklerinin Yakalanması.....	27
3.3. <i>Microtus guentheri</i> Örneklerinin Periferik Lenfositlerindeki Genetik Hasarın Comet testi ile Saptanması	33
3.4. Mevsimlere ait <i>Microtus guentheri</i> Örneklerinde Ağır Metal Analizi	36
3.4.1. Ağır Metal Analiz Metodu.....	37
3.4.1.1. <i>M. guentheri</i> örneklerinin ağır metal analizi için hazırlanması	37
3.4.1.2. Metot validasyonu.....	39

3.5. İstatistiksel Analizler.....	42
4. BULGULAR.....	45
4.1. İlkbahar, Yaz ve Güz Mevsimlerinde Yakalanan <i>Microtus guentheri</i> Örneklerine Ait Morfometrik Veriler	45
4.1.1. Yakalanan örneklerle ait morfometrik ölçülerin alınması.....	45
4.2. İlkbahar, Yaz, Güz ve Kış Mevsimlerine ait <i>Microtus guentheri</i> Örneklerinin Periferal Kan Lenfositlerinde Comet Testi ile Genetik Hasar Tespiti.....	50
4.2.1. İlkbahar mevsimi.....	50
4.2.2. Yaz mevsimi.....	53
4.2.3. Güz mevsimi	56
4.2.4. Kış mevsimi	59
4.3. İlkbahar, Yaz, Güz ve Kış Mevsimlerine ait <i>Microtus guentheri</i> Örneklerinde Ağır Metal Analizi	61
4.4. Ağır Metallerin Birikim Seviyelerinin <i>M. guentheri</i> 'de Organ ve Doku Düzeyinde Karşılaştırılması	145
4.4.1. Demir (Fe) ağır metali.....	145
4.4.2. Alüminyum (Al) ağır metali.....	148
4.4.3. Çinko (Zn) ağır metali.....	150
4.4.4. Bakır (Cu) ağır metali	152
4.4.5. Nikel (Ni) ağır metali	154
4.4.6. Mangan (Mn) ağır metali	156
4.4.7. Bor (B) ağır metali	158
4.4.8. Krom (Cr) ağır metali.....	160
4.4.9. Arsenik (As) ağır metali.....	162
4.4.10. Kadmiyum (Cd) ağır metali	164
4.4.11. Kurşun (Pb) ağır metali.....	166
4.4.12. Kobalt (Co) ağır metali	168
5. TARTIŞMA	171
5.1. Ağır Metal Kirliliği ve Genetik Hasarın Comet Testi ile Tespit Edilmesi	171
5.2. İstasyonlardan Yakalanan <i>Microtus guentheri</i> Örneklerindeki Ağır Metal Birikimleri.....	176
5.2.1. Deri - keratin dokuda ağır metal birikimleri	176

5.2.1.1. Deri - keratin dokuda Al birikimi	176
5.2.1.2. Deri - keratin dokuda Fe birikimi	177
5.2.1.3. Deri - keratin dokuda Zn birikimi	178
5.2.1.4. Deri - keratin dokuda Mn birikimi	179
5.2.1.5. Deri - keratin dokuda Ni birikimi	180
5.2.1.6. Deri - keratin dokuda B birikimi.....	180
5.2.1.7. Deri - keratin dokuda Cu birikimi.....	181
5.2.1.8. Deri - keratin dokuda Cr birikimi	182
5.2.1.9. Deri - keratin dokuda Co birikimi.....	183
5.2.1.10. Deri - keratin dokuda Pb birikimi	183
5.2.1.11. Deri - keratin dokuda As birikimi	184
5.2.1.12. Deri - keratin dokuda Cd birikimi.....	187
5.2.1.13. Deri - keratin dokuda Hg birikimi	187
5.2.2. Kas dokuda ağır metal birikimleri.....	188
5.2.2.1. Kas dokuda Fe birikimi.....	188
5.2.2.2. Kas dokuda Al birikimi.....	189
5.2.2.3. Kas dokuda Zn birikimi	189
5.2.2.4. Kas dokuda Cu birikimi	190
5.2.2.5. Kas dokuda B birikimi	191
5.2.2.6. Kas dokuda Mn birikimi	191
5.2.2.7. Kas dokuda Cr birikimi.....	192
5.2.2.8. Kas dokuda Ni birikimi.....	193
5.2.2.9. Kas dokuda Co birikimi	193
5.2.2.10. Kas dokuda As birikimi	194
5.2.2.11. Kas dokuda Pb birikimi	195
5.2.2.12. Kas dokuda Cd birikimi	195
5.2.2.13. Kas dokuda Hg birikimi	196
5.2.3. Böbrek organında ağır metal birikimleri.....	196
5.2.3.1. Böbrek organında Fe birikimi	196
5.2.3.2. Böbrek organında Zn birikimi	197
5.2.3.3. Böbrek organında Al birikimi	198
5.2.3.4. Böbrek organında Cu birikimi	198

5.2.3.5. Böbrek organında Mn birikimi	199
5.2.3.6. Böbrek organında B birikimi	200
5.2.3.7. Böbrek organında Cr birikimi	200
5.2.3.8. Böbrek organında Ni birikimi	201
5.2.3.9. Böbrek organında Co birikimi	202
5.2.3.10. Böbrek organında As birikimi	202
5.2.3.11. Böbrek organında Cd birikimi	203
5.2.3.12. Böbrek organında Pb birikimi.....	204
5.2.3.13. Böbrek organında Hg birikimi	204
5.2.4. Karaciğer organında ağır metal birikimleri.....	205
5.2.4.1. Karaciğer organında Fe birikimi	205
5.2.4.2. Karaciğer organında Al birikimi	206
5.2.4.3. Karaciğer organında Zn birikimi	206
5.2.4.4. Karaciğer organında Cu birikimi	207
5.2.4.5. Karaciğer organında Mn birikimi	208
5.2.4.6. Karaciğer organında B birikimi	209
5.2.4.7. Karaciğer organında Cr birikimi.....	209
5.2.4.8. Karaciğer organında Ni birikimi	210
5.2.4.9. Karaciğer organında Co birikimi	210
5.2.4.10. Karaciğer organında As birikimi	211
5.2.4.11. Karaciğer organında Cd birikimi	212
5.2.4.12. Karaciğer organında Pb birikimi.....	213
5.2.4.13. Karaciğer organında Hg birikimi	214
5.2.5. Kemik dokuda ağır metal birikimleri.....	214
5.2.5.1. Kemik dokuda Fe birikimi	214
5.2.5.2. Kemik dokuda Al birikimi	215
5.2.5.3. Kemik dokuda Zn birikimi.....	216
5.2.5.4. Kemik dokuda Cu birikimi	216
5.2.5.5. Kemik dokuda Mn birikimi	217
5.2.5.6. Kemik dokuda B birikimi	217
5.2.5.7. Kemik dokuda Cr birikimi	218
5.2.5.8. Kemik dokuda Ni birikimi	218

5.2.5.9. Kemik dokuda Co birikimi	219
5.2.5.10. Kemik dokuda As birikimi.....	219
5.2.5.11. Kemik dokuda Cd birikimi	220
5.2.5.12. Kemik dokuda Pb birikimi.....	220
5.2.5.13. Kemik dokuda Hg birikimi	222
5.3.1. Tüm vücut ağır metal birikim seviyeleri açısından istasyonların karşılaştırılması.....	222
5.3.2. Tüm vücut ağır metal birikim seviyelerinin doku ve organ düzeyinde karşılaştırılması.....	227
5.4. Ağır Metal Birikim Seviyeleri Açısından Mevsimlerin ve Doku-Organların Diskriminant Analiz İle Karşılaştırılması.....	229
5.4.1. Mevsimlere Ait Diskriminant Model	229
5.4.2. Doku ve Organlara Ait Diskriminant Model	230
5.5. Ağır Metal Birikimi ve Etkileri.....	231
5.5.1. Demir (Fe).....	232
5.5.2. Bakır (Cu)	233
5.5.3. Çinko (Zn).....	234
5.5.4. Mangan (Mn)	236
5.5.5. Nikel (Ni)	236
5.5.6. Kurşun (Pb).....	237
5.5.7. Kadmiyum (Cd)	238
5.5.8. Civa (Hg).....	240
5.5.9. Arsenik (As).....	240
5.5.10. Krom (Cr).....	241
5.5.11. Kobalt (Co)	246
6. SONUÇLAR	249
7. KAYNAKLAR	257
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “**FARKLI KİRLİLİK POTANSİYELLERİNE SAHİP LOKALİTELERDE YAŞAYAN *MICROTUS GUENTHERI* ÖRNEKLERİNDEKİ AĞIR METAL BİRİKİM SEVİYELERİNİN SAPTANMASI VE GENETİK HASARIN ARAŞTIRILMASI**” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

19.../06.../2018



Fatma TURNA DEMİR

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

Al : Alüminyum

ATP : Adenozin tri fosfat

As : Arsenik

B : Bor

Cd : Kadmiyum

Co : Kobalt

Cr : Krom

Cu : Bakır

d.w. : Kuru ağırlık

DMSO: Dimetil sülfoksit

EtBr : Etidyum bromür

Fe : Demir

Hg : Civa

ICP-MS: İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma-kütle spektrometresi

Mn : Mangan

MT : Metallotiyonein

MCT : Çoklu karşılaştırma analizleri

µg/ml : Mikrogram / mililitre (derişim birimi)

Ni : Nikel

NMA : Normal erime sıcaklığına sahip agaroz

LMA : Düşük erime sıcaklığına sahip agaroz

LOD : Tespit sınırı

LOQ : Ölçüm sınırı

PAH : Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

RPM : Dakikada devir sayısı

Pb : Kurşun

Ppm : Milyonda bir birim (derişim birimi)

ROS : Reaktif Oksijen Türleri

RNS : Reaktif Nitrojen Türleri

w.w. : Yaş ağırlık

$\bar{X}$: Ortalama

Zn : Çinko

%RSD: Tekrarlanabilirlik değeri

R^2 : Kalibrasyon katsayısı

Tezde ondalık ayıraç olarak “nokta” kullanılmıştır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanına ait harita.....	3
Şekil 2.1. <i>M. guentheri</i> ' ye ait yuva krokisi.....	7
Şekil 2.2. <i>M. guentheri</i> ' ye ait görünüm	9
Şekil 3.1. Antalya İli Korkuteli İlçesi sınırları içerisinde kirliliği saptanan istasyonlar ve kontrol istasyonlarının uydu görüntüsü üzerindeki yerleri	28
Şekil 3.2. Uzun süreli arazi çalışmasında saha keşif çalışmasına ait görüntüler.	28
Şekil 3.3. <i>Microtus guentheri</i> bireylerine ait aktif bir yaşam alanı ve bu bireylere ait taze dışkı örneklerine ait görüntüler.	29
Şekil 3.4. Saha araştırmalarında aktif olarak işletilen mermer ocağı ve taş ocağına ait görüntü.	30
Şekil 3.5. Aktif yaşam alanları olduğu düşünülen sahalarda Sherman tipi kapanların hazırlanması ve kurulmasına ait görüntüler.	32
Şekil 3.6. Sherman tipi canlı yakalama tuzakları ile yakalanan bir <i>Microtus guentheri</i> bireyine ait görüntü.	32
Şekil 3.7. Comet testinde izlenen basamaklara ait görüntüler.	35
Şekil 3.8. Floresans mikroskobu altında EtBr boyama yöntemi ile boyanan lenfositlere ait görüntüler.	36
Şekil 3.9. <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin doku ve organlarının ayrılması için yapılan disseksiyona ait genel görüntüler.	37
Şekil 3.10. Ağır metal analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla ICP-MS cihazı için örneklerin hazırlanmasına ait görüntüler.	38
Şekil 4.1. Örneklerin vücut ölçülerine ait görüntü.	46
Şekil 4.2. İlkbahar Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferel lenfositlerindeki Kuyruk Yoğunluğu (%) bakımından genetik hasar düzeyi	52
Şekil 4.3. İlkbahar Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferel lenfositlerindeki Kuyruk Momenti (μm) bakımından genetik hasar düzeyi	52
Şekil 4.4. Yaz Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferel lenfositlerindeki Kuyruk Yoğunluğu (%) bakımından genetik hasar düzeyi	55

Şekil 4.5. Yaz Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferel lenfositlerindeki Kuyruk Momenti (µm) bakımından genetik hasar düzeyi	55
Şekil 4.6. Güz Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferel lenfositlerindeki Kuyruk Yoğunluğu (%) bakımından genetik hasar düzeyi	58
Şekil 4.7. Güz Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferel lenfositlerindeki Kuyruk Momenti (µm) bakımından genetik hasar düzeyi	58
Şekil 4.8. Güz Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferel lenfositlerindeki Kuyruk Yoğunluğu (%) bakımından genetik hasar düzeyi	60
Şekil 4.9. Kış Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferel lenfositlerindeki Kuyruk Momenti (µm) bakımından genetik hasar düzeyi	60
Şekil 4.10. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen bakır (Cu) birikim seviyeleri	85
Şekil 4.11. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen demir (Fe) birikim seviyeleri	86
Şekil 4.12. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen mangan (Mn) birikim seviyeleri	87
Şekil 4.13. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen alüminyum (Al) birikim seviyeleri	88
Şekil 4.14. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri	89
Şekil 4.15. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen nikel (Ni) birikim seviyeleri	90
Şekil 4.16. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen çinko (Zn) birikim seviyeleri	91
Şekil 4.17. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri	92
Şekil 4.18. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen arsenik (As) birikim seviyeleri	93
Şekil 4.19. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen kurşun (Pb) birikim seviyeleri	94

Şekil 4.20. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri.....	95
Şekil 4.21. <i>M. guentheri</i> örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen bor (B) birikim seviyeleri.....	96
Şekil 4.22. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen bakır (Cu) birikim seviyeleri	97
Şekil 4.23. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen demir (Fe) birikim seviyeleri.....	98
Şekil 4.24. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen mangan (Mn) birikim seviyeleri.....	99
Şekil 4.25. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen alüminyum (Al) birikim seviyeleri.....	100
Şekil 4.26. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri	101
Şekil 4.27. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri	102
Şekil 4.28. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen çinko (Zn) birikim seviyeleri.....	103
Şekil 4.29. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri.....	104
Şekil 4.30. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri.....	105
Şekil 4.31. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen kurşun (Pb) birikim seviyeleri.....	106
Şekil 4.32. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri	107
Şekil 4.33. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen bor (B) birikim seviyeleri	108
Şekil 4.34. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen bakır (Cu) birikim seviyeleri.....	109
Şekil 4.35. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen demir (Fe) birikim seviyeleri	110
Şekil 4.36. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen mangan (Mn) birikim seviyeleri	111

Şekil 4.37. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen alüminyum (Al) birikim seviyeleri	112
Şekil 4.38. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri	113
Şekil 4.39. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen nikel (Ni) birikim seviyeleri.....	114
Şekil 4.40. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen çinko (Zn) birikim seviyeleri	115
Şekil 4.41. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri	116
Şekil 4.42. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen arsenik (As) birikim seviyeleri.....	117
Şekil 4.43. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen kurşun (Pb) birikim seviyeleri	118
Şekil 4.44. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri.....	119
Şekil 4.45. <i>M. guentheri</i> örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen bor (B) birikim seviyeleri.....	120
Şekil 4.46. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen bakır (Cu) birikim seviyeleri.....	121
Şekil 4.47. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen demir (Fe) birikim seviyeleri	122
Şekil 4.48. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen mangan (Mn) birikim seviyeleri	123
Şekil 4.49. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen alüminyum (Al) birikim seviyeleri	124
Şekil 4.50. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri	125
Şekil 4.51. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen nikel (Ni) birikim seviyeleri.....	126
Şekil 4.52. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen çinko (Zn) birikim seviyeleri	127
Şekil 4.53. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri	128

Şekil 4.54. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen arsenik (As) birikim seviyeleri.....	129
Şekil 4.55. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kurşun (Pb) birikim seviyeleri	130
Şekil 4.56. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri.....	131
Şekil 4.57. <i>M. guentheri</i> örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen bor (B) birikim seviyeleri.....	132
Şekil 4.58. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen bakır (Cu) birikim seviyeleri.....	133
Şekil 4.59. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen demir (Fe) birikim seviyeleri	134
Şekil 4.60. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen mangan (Mn) birikim seviyeleri	135
Şekil 4.61. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen alüminyum (Al) birikim seviyeleri	136
Şekil 4.62. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri	137
Şekil 4.63. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen nikel (Ni) birikim seviyeleri.....	138
Şekil 4.64. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen çinko (Zn) birikim seviyeleri	139
Şekil 4.65. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri	140
Şekil 4.66. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen arsenik (As) birikim seviyeleri.....	141
Şekil 4.67. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kurşun (Pb) birikim seviyeleri	142
Şekil 4.68. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri.....	143
Şekil 4.69. <i>M. guentheri</i> örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen bor (B) birikim seviyeleri.....	144
Şekil 5.1. <i>M. guentheri</i> bireylerine ait ağır metal birikim seviyeleri açısından mevsimlerin Canonical Diskriminant Analiz sonuçları	230

Şekil 5.2. <i>M. guentheri</i> bireyelerine ait ağır metal birikim seviyeleri açısından doku ve organların Canonical Diskriminant Analiz sonuçları.....	231



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Comet testi ile kirli alanlarda doğal olarak yaşayan küçük memeli türlerinde meydana gelen genetik hasarın araştırılmasına dayalı çalışmalar	20
Çizelge 3.1. Mikrodalga parçalama metodu ile ilgili detaylı bilgiler	38
Çizelge 3.2. ICP-MS Çalışma Şartları	40
Çizelge 3.3. Çalışılan Elementlerin Metot Validasyon Sonuçları	41
Çizelge 3.4. Çalışılan Elementlerin Geri Kazanım ve %RSD Değerleri	42
Çizelge 4.1. İlkbahar Mevsiminde yakalanan <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin morfolometrik ölçümleri	47
Çizelge 4.2. Yaz Mevsiminde yakalanan <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin morfolometrik ölçümleri	48
Çizelge 4.3. Güz Mevsiminde yakalanan <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin morfolometrik ölçümleri	49
Çizelge 4.4. İlkbahar Mevsimine ait Comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferallenfositlerindeki genetik hasar düzeyi.....	51
Çizelge 4.5. Yaz mevsimine ait Comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferallenfositlerindeki genetik hasar düzeyi	54
Çizelge 4.6. Güz mevsimine ait Comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferallenfositlerindeki genetik hasar düzeyi	57
Çizelge 4.7. Kış mevsimine ait Comet testi ile seçilen lokalitelerdeki <i>Microtus guentheri</i> bireylerinin periferallenfositlerindeki genetik hasar düzeyi	59
Çizelge 4.8. İlkbahar mevsimine ait örneklerin karaciğer organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri.....	62
Çizelge 4.9. İlkbahar mevsimine ait örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri	63
Çizelge 4.10. İlkbahar mevsimine ait örneklerin böbrek organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri.....	64
Çizelge 4.11. İlkbahar mevsimine ait örneklerin deri-keratin dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri.....	65
Çizelge 4.12. İlkbahar mevsimine ait örneklerin kemik dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri	66
Çizelge 4.13. İlkbahar mevsimine ait örneklerin tüm vücutlarındaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) ağır metal birikim seviyeleri.....	67

Çizelge 4.14. Yaz mevsimine ait örneklerin karaciğer organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri	68
Çizelge 4.15. Yaz mevsimine ait örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri	69
Çizelge 4.16. Yaz mevsimine ait örneklerin böbrek organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri	70
Çizelge 4.17. Yaz mevsimine ait örneklerin deri-keratin dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri	71
Çizelge 4.18. Yaz mevsimine ait örneklerin kemik dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri	72
Çizelge 4.19. Yaz mevsimine ait örneklerin tüm vücutlarındaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+ kemik) ağır metal birikim seviyeleri.....	73
Çizelge 4.20. Güz mevsimine ait örneklerin karaciğer organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri.....	74
Çizelge 4.21. Güz mevsimine ait örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri	75
Çizelge 4.22. Güz mevsimine ait örneklerin böbrek organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri	76
Çizelge 4.23. Güz mevsimine ait örneklerin deri-keratin dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri.....	77
Çizelge 4.24. Güz mevsimine ait örneklerin kemik dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri	78
Çizelge 4.25. Güz mevsimine ait örneklerin tüm vücutlarındaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) ağır metal birikim seviyeleri.....	79
Çizelge 4.26. Kış mevsimine ait örneklerin karaciğer organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri	80
Çizelge 4.27. Kış mevsimine ait örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri	81
Çizelge 4.28. Kış mevsimine ait örneklerin böbrek organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri	82
Çizelge 4.29. Kış mevsimine ait örneklerin deri-keratin dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri.....	83
Çizelge 4.30. Kış mevsimine ait örneklerin kemik dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri	84

Çizelge 4.31. Demir (Fe) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	147
Çizelge 4.32. Alüminyum (Al) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	149
Çizelge 4.33. Çinko (Zn) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	151
Çizelge 4.34. Bakır (Cu) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	153
Çizelge 4.35. Nikel (Ni) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	155
Çizelge 4.36. Mangan (Mn) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	157
Çizelge 4.37. Bor (B) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	159
Çizelge 4.38. Krom (Cr) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	161
Çizelge 4.39. Arsenik (As) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	163
Çizelge 4.40. Kadmiyum (Cd) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	165
Çizelge 4.41. Kurşun (Pb) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	167
Çizelge 4.42. Kobalt (Co) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri	169

1. GİRİŞ

Ekosistem çeşitli nedenlerle kirliliğe maruz kalabilmektedir. Bu kirliliğin arasında çeşitli nedenlerden kaynaklanan ağır metal kirliliği de bulunmaktadır. Çevreye çeşitli şekillerde salınan ve/veya doğal olarak bulunan ağır metaller ekosistemdeki pek çok canlı türünü etkileyerek çeşitli sonuçlara neden olabilmektedir. Bunlar arasında en bilineni; maruz kalma ile canlıların metalleri bünyelerine almaları, bu metallerin çeşitli canlılarda bio-akümülyasyon (biyolojik birikim) denen biyolojik birikmeye neden olmalarıdır. Ancak tek aşamalı ve oldukça basit gibi görünen bu olay, daha karmaşık ve beklenmedik sonuçları olabilen bir sürecin başlangıcıdır. Bir canlıda meydana gelen biyolojik birikim besin zinciri yolu ile farklı canlılara değişen miktarlarda aktarılacak canlı organizmalarda çeşitli istenmeyen etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu durumda geçişin nedenlerini, geçişin miktarlarını ve sonuçlarını anlamak oldukça önemlidir.

Yapılan bu doktora tezi kapsamında kirlilik oranları birbirinden farklı olan 5 istasyondan farklı mevsimlerde ve periyodik olarak toplanan *Microtus guentheri* (*M. guentheri*) örneklerindeki ağır metal birikimleri organ ve dokular seviyesinde analiz edilmiştir. Ayrıca toplanan *M. guentheri* bireylerinden elde edilen kan örneklerinden izole edilen lenfositlerdeki genetik hasar, genetik hasarın tespit edilmesi açısından hızlı ve güvenilir bir yöntem (Da Silva vd. 2000a,b; Festa vd. 2003; Knopper vd. 2005; León vd. 2007; Mateos vd. 2008; Cabarcas-Montalvo vd. 2012; Mitkovska vd. 2012; Tovar-Sánchez vd. 2012; Lourenço vd. 2013) olan comet testi ile tespit edilmiştir. Karşılaştırmalar kirlilik açısından temiz olduğu bilinen bir istasyondan elde edilen *Microtus guentheri* türü örnekleri ile yapılmıştır. Bu doktora tezinin amacı kirlilik oranları ile *Microtus guentheri* örneklerindeki genetik hasar ve ağır metal birikimi arasındaki olası ilişkinin ortaya çıkarılmasıdır.

Yapılan bu doktora tezi kapsamında farklı mevsimlerde kirlilik oranları birbirinden farklı istasyonlardan toplanan *Microtus guentheri* bireylerinden periferik kan örnekleri alınarak lenfositler izole edilmiştir ve lenfositlerdeki genetik hasar comet testi ile değerlendirilmiştir. Bunun için Antalya ili Korkuteli ilçesi sınırları dâhilinde yer alan yoğun tahıl tarımı ve meyvecilik yapıldığı bilinen Dereköy-Sülekler-Başpınar-Taşkesiği Mevkiileri arasındaki sahadan (Tefenni/Burdur'a kadar olan alan) kirlilik potansiyeli olduğu bilinen 5 ayrı istasyon değerlendirilmiştir. Diğer taraftan aynı sahaya yakın daha yüksek rakımlı ve kirliletiçi faktörlerden uzak, kirlilik potansiyeli yok denecek kadar az olan bir istasyon ise kontrol olarak (kontrol grubu örneklerin yakalandığı) seçilmiştir. Genetik hasarın yanı sıra elde edilen tüm bireylerdeki organlardan alınan numunelerdeki ağır metal birikimleri de ayrıca tespit edilmiştir. Ağır metal birikim seviyeleri karaciğer ve böbrek organlarında ve kas, kemik ile deri-keratin dokuda analiz edilmiştir. Bu kapsamda biyobirikim seviyeleri araştırılan metaller şunlardır: Alüminyum (Al), Arsenik (As), Bor (B), Kadmiyum (Cd), Kobalt (Co), Bakır (Cu), Krom (Cr), Demir (Fe), Civa (Hg), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Çinko (Zn), Kurşun (Pb).

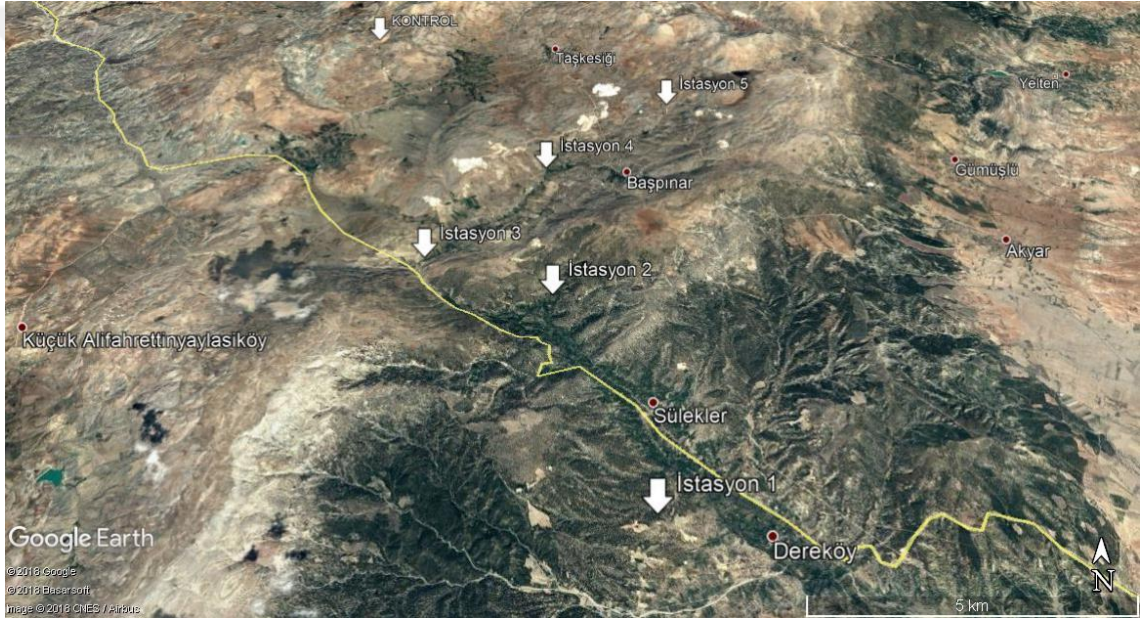
Özellikle insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle hızla kirlenen ekosistemde yaşayan canlılar bu kirlilikten çeşitli yollarla etkilenmektedir. Maden arama faaliyetlerine maruz kalan alanlar, yoğun pestisit uygulamalarına maruz kalan tarım arazileri ve çeşitli endüstriyel atıkların boşaltıldığı Dünya üzerindeki pek çok alanda başta ağır metaller olmak üzere çeşitli etkilere sahip kimyasallar çevreye ve dolayısıyla

bu çevreyi habitatı olarak kullanan canlılara ulaşmaktadır. Ağır metaller normal olarak belirli oranlarda yer kabuğunda bulunan maddeler olmalarına rağmen, maden arama etkinlikleri ile, endüstriyel ürünlerin işlenmesi esnasında istenmeyen yan ürünler olarak meydana gelme yolu ile, ayrıca pek çok tarım zararlısına karşı kullanılan pestisitlerde yoğun olarak bulunması sebebi ile bu ağır metallerin Dünya üzerindeki döngüleri değişerek, toprak, sucul ortamlar ve havada bulunan miktarları da normal değerlerin üzerine çıkmaktadır. Normal değerlerin üzerinde çevrede bulunan farklı ağır metaller, bu metallerle temasa geçerek bu metallere maruz kalan canlıların bünyelerine alınmaktadır. Alınan bu metaller belirli doku ve organlarda biyoakümülyasyon denilen biyolojik birikime (biyobirikim) neden olarak hayvanlarda istenmeyen etkilerin görülmesine sebep olmaktadır. Bu istenmeyen etkiler hücresel seviyede olabileceği gibi doku ve organ seviyesinde de olabilir ve bazı hastalıkların ortaya çıkmasına neden olabilir ve hatta ilerleyen düzeylerde canlının hayatını tehlikeye atabilir. Tüm bunların yanı sıra, canlı organizmanın besin zincirindeki yeri düşünüldüğünde, canlı organizma hayatına devam etmese bile biyolojik birikime sahip olduğu için, besin zincirinde kendisinden sonra gelecek canlıya büyük miktarda ağır metal aktarımına neden olacak, bu da istenmeyen bir maruziyeti yaşatacaktır. Bu durumda, biyobirikim besin zincirinin en üst basamağı olan insana doğru gelirken, insan tarafından yüksek miktarlarda maruz kalan metaller pek çok hastalığı beraberinde getirebilir. Ayrıca metal kirliliğine maruz kalan canlıların ölmesiyle beraber ekosistemdeki populasyon dengesinin bozulması, besin zincirinin kesintiye uğraması ve bunların sonucu olarak da ekosistemdeki geri dönüşü olmayan zararların yaşanması mümkündür. Tüm bunların önüne geçilebilmesi için son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan metotlarla ekosistemin karşı karşıya kaldığı kirlilik tehditlerinin önceden saptanabilmesi, bu kirliliğin önüne geçilebilmesi açısından geç kalmadan önlemlerin alınabilmesi için farklı canlı türleriyle eko-genotoksikolojik çalışmalar yürütülmektedir. Ekotoksikoloji çalışmaları kirli ekosistemler için birer erken uyarı sistemi olarak işlev görmektedir ve bu nedenle çevre ile insan sağlığının korunması için büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda yapılan bu doktora tezi kapsamında; özellikle çeşitli kirletici etmenler (maden ve taş ocağı faaliyetleri, tarım alanı ilaçlamaları vs.) nedeniyle ağır metaller ile kirlendiği belirlenmiş olan (Turna Demir ve Yavuz 2017a,b; Turna vd. 2017; Turna Demir vd. 2017; Turna Demir vd. 2018) Antalya'nın Korkuteli Bölgesinden seçilen 6 istasyon (5 Kirli istasyon ve 1 Temiz istasyon) doğal olarak yaşayan bir kemirgen türü olan *Microtus guentheri* örneklerinin organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri değerlendirilmiştir. Buna ek olarak son yıllarda pek çok ekotoksikolojik çalışmada (Da Silva vd. 2000a,b; Festa vd. 2003; Knopper vd. 2005; León vd. 2007; Mateos vd. 2008; Cabarcas-Montalvo vd. 2012; Mitkovska vd. 2012; Tovar-Sánchez vd. 2012; Lourenço vd. 2013) yaygın ve etkili bir metot olarak kullanılan comet testi ile *Microtus guentheri* örneklerinin lenfositlerindeki genetik hasar değerlendirilmiştir. Kirli olmadığı bilinen bir istasyondan toplanan *Microtus guentheri* örnekleri kontrol grubunu temsil etmiştir. Kirli bölgelerden alınan örneklerdeki ağır metal seviyeleri ve genetik hasar (Hem ağır metal birikim düzeylerinin karşılaştırılmasında hem de comet testi ile genetik hasar tespitinde) temiz bölgeden alınan örneklerdekiyle karşılaştırılmıştır; kirlilik düzeyi ile genetik hasar ve organlardaki ağır metal birikim seviyeleri arasında ilişki olup olmadığı araştırılmıştır.

Diğer taraftan; Dünyada comet testi ile pek çok memeli türü ekotoksikolojik çalışmalarda biyoindikatör tür olarak kullanılmış olmasına rağmen, yine bir memeli türü olan ve bu tezin hedef türü konumundaki *Microtus guentheri* (Danford ve Alston 1880)

(Tarla Faresi) henüz bu kapsamdaki bir çalışmada kullanılmamıştır. Yapılan bu doktora tezi kapsamında kirliliği saptanmış istasyonlarda doğal olarak yaşamını sürdürebilen bir tür olan *Microtus guentheri* ilk kez genetik hasar ve ağır metal birikimi açısından değerlendirilmiştir. Bu doktora tezinden elde verilerin, *Microtus guentheri* 'nin memeli bir tür olması ve insan ile benzer biyolojik yolları kullanması olasılığı bulunması nedeniyle, ortaya çıkan sonuçların yorumlanmasında ve gelecekte yapılabilecek daha geniş ölçekli çalışmalara model olabilme potansiyeli nedeniyle ayrı bir önem arz ettiği düşünülmektedir.

Bu doktora tezi kapsamında Korkuteli Bölgesi'nde kirliliği önceden saptanmış istasyonlar bulunmaktadır. Şekil 1.1'deki uydu görüntüsü üzerinde gösterilen istasyonlardan 1-5 ile belirtilen istasyonlar kirlilik etmenlerine maruz kalması nedeniyle kirliliği olduğu düşünülen istasyonlardır. Kontrol olarak belirtilen istasyon ise kirlilik etmenlerinden oldukça uzakta bulunan ve dolayısıyla kirlilik etmenlerinden etkilenmemesi nedeniyle temiz olduğu düşünülen istasyondur.



Şekil 1.1. Antalya İli Korkuteli İlçesi sınırları içerisinde kirliliği önceden saptanmış istasyonlar ve kontrol istasyonunun uydu görüntüsü üzerindeki yerleri (Kirlilik potansiyeli bulunan istasyonlar: İstasyon 1-5, temiz olan istasyon: KONTROL olarak işaretlenmiştir). Çalışma alanına ait harita

Çevre kirliliği kaynaklı değişimler cansız ortamları tehdit ettiği gibi bu ortamlarda yaşayan ve birbirleri ile etkileşim halinde olan tüm canlıları doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Bu nedenle, çevre kirliliğinin erkenden saptanması ile ilerleyen süreçlerde meydana gelebilecek olası zararlı etkilerin önüne geçilmesi sonradan telafisi mümkün olmayan hasarların meydana gelmesinden önce gerekli tedbirlerin alınarak engellenmesine olanak tanır.

Çevre kirliliği ve bu kirliliğin olası etkilerinin saptanmasında kullanılan pek çok yöntem ve bazı biyoindikatör canlılar ekosistemin korunması açısından erken uyarı sistemi olarak kabul edilmektedir (Yavuz vd. 2016; Yavuz ve Aktaş 2018). Bu nedenle son yıllarda yapılan pek çok çalışma çevre kirliliği ve bazı biyoindikatör

canlılardaki genetik hasarın çeşitli yöntemlerle (Comet, Mikronükleus vb.) ortaya çıkarılmasını ve kirlilik kaynağına bağlı olarak bu canlılarda biyobirikim olup olmadığının ortaya konulmasına yöneliktir (Festa vd. 2003; Leon vd. 2007; Mateos vd. 2008; Tovar-Sanchez vd. 2012).

Bu tezde; farklı kirlilik potansiyellerine sahip istasyonlardan farklı mevsimlerde ve periyodik olarak toplanan *Microtus guentheri* örneklerindeki ağır metal birikimi ve genetik hasar comet testi ile değerlendirilmiştir. Bu bağlamda bu tez; kirliliği daha önce yapılmış çalışmalarla belirlenmiş istasyonlarda doğal yaşayan *Microtus guentheri* örneklerinden alınarak yapılan ilk çalışma olması bakımından önem arz etmektedir. Literatüre bakıldığında; daha öncede belirttiği gibi, Dünya üzerinde farklı kirlilik alanlarına sahip bölgelerde farklı küçük kemirgenlerin comet testi ile genetik hasarları tespit edilerek biyoindikatör olarak kullanılabileceği belirtilmesine rağmen, *Microtus guentheri* bu alanda biyoindikatör olarak ilk kez kullanılacak tür olma özelliğinde olup, buna benzer olarak ülkemizde bu yöntem ile ağır metal birikimi seviyeleri açısından organsal ve dokusal bağlamda değerlendirilecek ilk memeli türü olma özelliğini de taşımaktadır. Bu nedenle, alandaki kirliliğin biyolojik indikatörü olarak kullanılan bu tür ile saptanmasının, ülkemiz açısından literatürdeki önemli bir eksikliği kapatacağını düşünmekteyiz.

Bu doktora tezi kapsamındaki çalışmalardan elde edilen veriler, kirlilik potansiyelleri farklı olan istasyonlarda, kirliliğin ekosistemde meydana getirebileceği hasarın önceden tespit edilebilmesi için daha önce bu kapsamda biyoindikatör olarak kullanılmamış bir tür olan *Microtus guentheri*'nin olası bir biyoindikatör olarak kullanılabilmesine dair bilgilerin elde edilmesini sağlayacaktır. Eğer bu tür kirlilik biyoindikatörü olarak kullanılabilirse farklı kirletici etmenlerin etkisine maruz kalan farklı bölgelerde de bu türün biyoindikatör olarak kullanılabilmesinin önü açılacaktır.

Bu doktora tezinden elde edilen bulgulardan yola çıkılarak hangi tür kirletici kaynağın nasıl bir etki yaptığıyla ilgili de ön veriler elde edilmiştir. Böylece hem örneklem sahalarındaki kirletici faktörlerden kaynaklanan mevcut durum hakkında yeni bilgilere ulaşılmış olup, hem de gelecekte olabilecek olası kirlenmelere karşı tedbirlerin erkenden alınabilmesinin önü açılmıştır.

Diğer taraftan, yapılan bu doktora tezi ile başka araştırmacıların da *Microtus guentheri*'yi ekotoksikoloji çalışmalarında olası bir biyoindikatör tür olarak kullanabilecekleri önerilmektedir.

2. KAYNAK TARAMASI

Türün ekolojisi ve bazı etholojik özelliklerine ait veriler, 2008 yılında Yavuz tarafından yapılan doktora tezi kapsamında *Microtus* cinsine ait Batı Akdeniz’de yayılış gösteren türlerin biyoe ekolojisi ve biyotaksonomisine ait araştırmalara dayalı olarak detaylı bir şekilde verilmiştir (Yavuz 2008). Bu bağlamda, *Microtus* cinsinin sistematikteki yeri, bu cinsin genel özellikleri, bu cinse dâhil olan *Microtus guentheri* türünün yuva ekolojisine ait bilgiler ile bu türün morfometrik ve vücut özelliklerine ait bilgiler Yavuz (2008)’in tezindeki bilgiler ışığında aşağıdaki biçimde derlenmiştir ve arazi çalışmaları ile tür tespiti yapılması aşamalarında bahsi geçen bilgilerden etkin bir biçimde yararlanılmıştır.

2.1. *Microtus* Cinsinin Sistematikteki Yeri

Microtus cinsinin sınıflandırmadaki yeri (Wilson ve Reeder 2005’e göre) şu şekilde karşımıza çıkmaktadır:

- Classis :** Mammalia (Memeliler)
- Subclassis:** Theria=Placentalia=Monodelphia (Plasentalı memeliler)
- Ordo:** Rodentia (Kemiriciler) Bowdich, 1821
- Subordo:** Myomorpha (Fare benzeri kemiriciler) Brandt, 1855
- Superfamilia:** Muroidae Illiger, 1811
- Familia:** Cricetidae (Avurtlaklar=Hamsterler) Fischer, 1817
- Subfamilia :** Arvicolinae (Kır fareleri) Gray, 1821
- Genus :*Microtus*** (Kır fareleri=Tarla fareleri) Schrank, 1798

Microtus cinsinin Sinonimleri:

<i>Agricola</i> Blasius, 1857	<i>Oecomicrotus</i> Rabeder, 1981
<i>Ammomys</i> Bonaparte, 1831	<i>Orthriomys</i> Merriam, 1898
<i>Arbusticola</i> Shidlovsky, 1919	<i>Pallasiinus</i> Kretzoi, 1964
<i>Arvalomys</i> Chaline, 1974	<i>Parapitymys</i> Chaline, 1978
<i>Aulacomys</i> Rhoads, 1894	<i>Pinemys</i> Lesson, 1836
<i>Bicunedens</i> Hodgson, 1863	<i>Psammomys</i> Le Conte, 1830
<i>Campicola</i> Schulze, 1890	<i>Steneocranius</i> Trouessart, 1904
<i>Campicoloma</i> Strand, 1928	<i>Sumeriomys</i> Argyropulo, 1933
<i>Chilotus</i> Baird, 1857	<i>Suranomys</i> Chaline, 1972
<i>Euarvicola</i> Acloque, 1899	<i>Sylvicola</i> Fatio, 1867
<i>Herpetomys</i> Merriam, 1898	<i>Tetramerodon</i> Rhoads, 1894
<i>Iberomys</i> Chaline, 1972	<i>Tibercola</i> Koenigswald, Fejfar, and Tchernov, 1992
<i>Isodelta</i> Cope, 1871	<i>Tyrrhenicola</i> Major, 1905
<i>Meridiopitymys</i> Chaline, 1974	
<i>Micrurus</i> Major, 1877	

2.2. *Microtus* Cinsinin Genel Özellikleri

Evrimsel açıdan bakıldığında takribi olarak 1.3 milyon yıl öncesinde çeşitlenme göstermeye başladığı düşünülen *Microtus* cinsine ait türlerin genel olarak Paleartik bölgede geniş bir yayılış gösterdiği belirtilmektedir (Conroy ve Cook 2000). Genellikle kalın bir kürk taşıyan bu canlılar, kısa kıllı ve yumuşak bir post yapısına sahiptir. Dişlerine

bakılacak olursa, kemirgenlerin çoğunluğunda mevcut olduğu gibi azı dişlerinin (molar) kökleri bulunmamaktadır ve bu azı dişleri (molar) sivri çıkıntılara sahip bir mine tabakası ile örtülüdür. Bu canlıların azı dişleri (molar) yaşam süreleri boyunca büyüme gösterir ve bu canlıların yaşlarına bağlı olarak bahsi geçen dişlerin üzerinde bulunan mine tabakası aşınarak molar adacıkları meydana getirir. Bu molar adacıkların şekillerinin ve derecelerinin, canlıların yaş tayininde veya yaş gruplarının meydana getirilmesinde sıkça kullanıldığı bilinmektedir. Bu cinse ait canlıların arka ve ön üyelerinin taban kısımlarında 5-6 adet nasırlaşmış tüberkül bulunmaktadır. Bu canlılar, toprağın altında çok sayıda kola ayrılan ve çok büyük bir alanda yayılış gösteren birbirleriyle bağlantılı olan galerilerde yaşamlarını sürdürmektedirler (Nevo 1979; Laundré 1989; Kefelioğlu 1991; Mankin ve Getz 1994; Demirsoy 1996; Özkurt vd. 1999; Redman vd. 1999). *Microtus* cinsine ait galeriler toprağın yaklaşık 15-30 cm. kadar derin kısımlarında oluşturulabilir ve bu galerilerde aynı aileden 15-20 kadar birey bir arada sosyal ya da yarı sosyal bir biçimde yaşamlarını sürdürebilmektedir. Bu galerilerin toprak üzerinde kapladıkları alanlar 100 m² ye ulaşabilirken, her bir galerinin bir diğer galeri ile veya diğer galeri grupları ile bağlantılı olması mümkün olabildiğinden, başlangıçta çok az sayıda bireyden oluşan bir popülasyonunun zaman içerisinde birkaç dönümlük bir alanı aktif şekilde işgal edebilme potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir. Bu galeriler içerisinde dinlenme ve uyuma odaları, depo odacıkları gibi farklı kısımların bulunması nedeniyle bu canlıların sosyal veya yarı sosyal bir yaşam biçimlerinin olduğu düşünülmektedir. Bu canlılar, yaşamlarını devam ettirebilmek için özellikle tahılların yeşil kısımları, tohumlar ve yeşil fidanlar ile beslenmektedirler ve bu nedenle tarımsal olarak büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. *Microtus* cinsine ait üyeler diğer pek çok kemirici türünde olduğu gibi mart ve nisan aylarında çiftleşmektedirler ve çiftleşme sonrası dişilerin gebelik süreleri 20-21 gün olarak karşımıza çıkmaktadır. Eylül ve Haziran ayları arasında da çok sayıda gebelik dönemi yaşayabilen dişi bireyler bir batında ortalama 3-9 yavru dünyaya getirebilirler. Dişi bireylerin gebelik dönemleri arasında 20-60 gün civarında aralık meydana gelebilmektedir. Dünyaya getirilen yavrular gözleri kapalı ve çıplak olarak doğarlar. Bu yavrular ortalama 30-35 gün içinde eşeysel olgunluğa ulaşabilirler (Çolak vd. 1996). Bu cinse ait olan tüm bu özellikler göz önünde bulundurulduğunda, bu canlıların uygun koşullarda hızlı bir şekilde çoğaldığı görülmektedir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa, bu canlılar hayat döngülerinin kısa olması ve hızlı üreyebilmeleri nedeniyle çok kısa bir zaman dilimi içerisinde hızla çoğalarak sayıları yüzleri aşan büyük popülasyonlar meydana getirebilirler ve böylece tarım ve kültür bitkilerine çok büyük ölçüde zarar verebilirler (Lidicker 1988; Özkurt vd. 1999; Millar 2003; Yavuz 2008).

Microtus cinsine ait türlerin doğal yaşam alanları bozulmamış stepler ve düzlükler olmasına rağmen, tahıl (hububat) tarlalarının kenar kısımları ve tarlalardaki sürülmemiş şeritlerde küçük koloniler meydana getirebildikleri belirtilmektedir (Özkurt vd. 1999; Yiğit vd. 1999). Bu canlılar, lokalize oldukları bahsi geçen bu yerlerden beslenmek için tarla içlerine girerek tahılların (hububatların) sap kısımlarını keserler ve tıraşlanmış bir görüntü almasına neden olurlar. *Microtus* cinsine ait bir tür olan ve bizim de üzerinde çalışmış olduğumuz *M. guentheri* ile ilgili yapılan çalışmalar bu türe ait bireylerin yuvalarında besin depolamadığını, yaz-kış, gece-gündüz aktif olduğunu ve bu nedenle hibernasyonlarının (kış uykusunun) olmadığını göstermiştir. Ayrıca bu türe ait bireylerin yuva giriş deliklerinin bulunduğu alanlarda bu canlıların günlük aktiviteleri sonucu meydana gelen izler ve deliklerin önünden görülebilen 2-3 mm uzunluğundaki dışkılarıyla kolay bir biçimde ayırt edilebileceği belirtilmiştir (Özkurt vd. 1999; Yiğit vd. 1999; Yavuz 2008). Bu bilgilerden yararlanılarak yapılan çalışmalarda, *Microtus guentheri* bireylerinin olası yuva girişlerinin ön kısımlarında dışkı ve günlük aktivite izleri aranmış ve bu bireylerin yakalanması için kurulacak kapanların yerleşim alanları bu şekilde seçilmiştir.

2.3. *Microtus Cinsi* ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Microtus cinsi ile Türkiye’de yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye’de ilk kez Kahramanmaraş ilinde yakalanan *Microtus* cinsine ait bireyler *M. guentheri* olarak Danford ve Alston (1880) tarafından tanımlanmıştır. Bu araştırmacılar, Kahramanmaraş ilinde yakalanan bu iki örneğin morfolojik özelliklerini değerlendirmişler; değerlendirilen özellikler bakımından bu örneklerde kuyruğun başbeden uzunluğunun % 20’si kadar olduğu ve ayak tabanının beş tüberkül taşıdığı ve bu sebeplerle bahsi geçen örneklerin *M. guentheri* türüne ait olduğu belirtilmiştir.

• *M. (Microtus) guentheri* (Danford and Alston, 1880) **Synonimleri:**

ankaraensis Yigit and Çolak, 2002

hartingi Barrett-Hamilton, 1903

lydius Blackler, 1916

macedonicus Kretzoi, 1964

machintoni Bate, 1937

martinoi Petrov, 1939

mustersi Hinton, 1926

philistinus Thomas, 1917

shevketi Neuhäuser, 1936

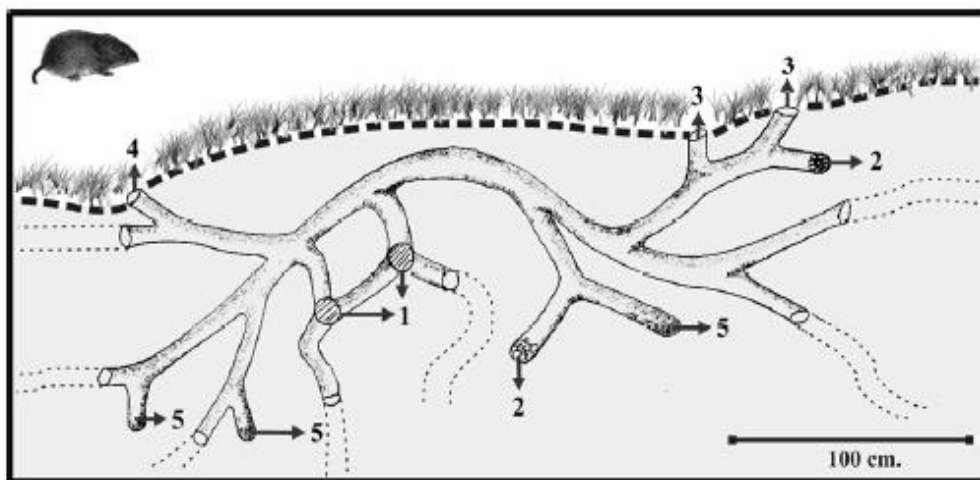
strandzensis Markov, 1960

2.4. Yuva Ekolojisi

Yavuz (2008)'in yapmış olduğu doktora tezi kapsamında “*Microtus guentheri* bireylerine ait olduğu bilinen ve bu kapsamda incelenen 9 yuvanın toprak yüzeyinde kapladığı alanın min=45, max=105 m² arasında değiştiği ve ortalama 76.5 ± 2.37 m² lik bir alana sahip olduğu” belirtilmiştir (Yavuz 2008).

Bu canlılara ait galerilerin genelde toprak yüzeyinin ortalama 20-40 cm derinliğinde bulunduğu fakat bazı galerilerin 50-90 cm derinliğe kadar inebildiği saptanmıştır. Bahsi geçen tez kapsamında 9 yuvanın 5'inde galerilerin yaklaşık 1 m derinliğe kadar indiği tespit edilmiştir (Yavuz 2008).

“*M. guentheri* nin yuvalarının genelde toprak yüzeyine paralel bir ana eksen etrafında yer alan çoğunlukla sekonder dallanan galeriler sistemi ile birbirine bağlantılı bir veya birden çok sayıda oda ve giriş-çıkış amaçlı kullanılan deliklerden oluştuğu” belirtilmiştir (Yavuz 2008). Genel yuva krokişi Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.1. *M. guentheri* 'ye ait yuva krokisi. 1: Yuva Çemberi, 2: Depo Odası, 3: Giriş Deliği, 4: Giriş-Cıkış Deliği, 5: Kör Tünel (Yavuz 2008'den alınmıştır)

Yavuz (2008) tarafından yapılan çalışmada, bu yuva alanının merkezine yakın kısımlarında kurumuş otlardan meydana gelen ortalama 11.07 ± 0.30 ($n=14$) çaplarında bir ya da iki yuva çemberinin bulunduğu belirtilmiş, kazılarak araştırılan yuvaların 9'unda da bu çemberin varlığı saptanmıştır. Ayrıca bazı galerilerin uç kısımlarında besin depolamak amacıyla oluşturulan depo odaları saptanırken, bahsi geçen bu odalarda tahıl başakları, yeşil otlar ve çeşitli bitki parçalarına rastlanmıştır. “Depolanan bu materyallerin ortalama 16.3 ± 0.98 gr olduğu ve bir iki gün içerisinde tüketilebildiği ve bu depolamanın uzun vadeli bir depolama ya da zor şartlara hazırlık amacı taşımadığı” belirtilmiştir (Yavuz 2008).

Genelde galerilerin her birinde tek bir giriş deliği olmasına rağmen birden fazla giriş deliği olan galeriler de mevcuttur. Bunların da yeni ya da geçici olarak yapılan galerilere ait olabileceği ihtimali üzerinde durulmaktadır. Genelde bu giriş delikleri iki tipe ayrılmaktadır; 1. ortalama eğim açısı $20-45^\circ$ olanlar (giriş-çıkış deliği) ve 2. Eğim açısı $45-60^\circ$ 'nin üzerinde olanlar. Yavuz (2008)'un yapmış olduğu doktora tezinde galerilere ait giriş-çıkış deliklerinin ortalama çaplarını 7.3 ± 0.21 olarak saptandığı belirtilirken bu deliklerin vejetasyonun yoğun olduğu yüzeylere açılmaları nedeniyle dışarıdan kolaylıkla fark edilemediği ve “incelenen 345 giriş-çıkış deliğinin 273'ünün eğiminin 30° 'nin altında olduğu” saptanmıştır (Yavuz 2008). Yine aynı doktora tezinde “giriş deliklerinin çaplarının ortalaması 8.6 ± 0.33 olarak” bulunurken, “giriş deliği bulunduran bir tünelin mutlaka bir ya da birden fazla giriş-çıkış deliğine sahip olduğu ve bu durumunda tünel kazımı sırasında ortaya çıkan toprakların kolayca uzaklaştırılması için bir avantaj olduğu” belirtilmiştir ve bahsi geçen tez kapsamında “incelenen 310 giriş deliğinin 284 tanesinde eğimin 45° 'nin üzerinde olduğu” belirlenmiştir (Yavuz 2008).

2.5. Morfometrik Özellikler

2.5.1. Vücut özellikleri

Microtus guentheri bireylerine ait vücut özelliklerine bakılacak olursa, *M. guentheri* erginlerinde Şekil 2.3'de görüldüğü gibi vücudun dorsal kısmı kahverengimsi, sarıdan kahverengimsi griye kadar değişmektedir. Genç bireylere bakılacak olursa, genç bireylerdeki dorsal ve ventral renklenmenin erginlere oranla daha koyu olduğu belirtilmiştir. Vücudun yan kısımlarına ve burun ucuna doğru kahverengi rengin gittikçe azaldığı sarı rengin ise arttığı görülmektedir (Yavuz 2008). “Yanlarda birleşim deseni genellikle belirgin değildir buna rağmen belirgin olduğu durumlarda sarımsı bir şerit görünümüne sahiptir”. Bu canlıların kürkleri yumuşak ama yoğun bir yapıya sahiptir. Dorsal kılların yaz mevsiminde 8-9 mm, kış mevsiminde ise 13-14 mm arasında değiştiği belirtilmektedir. Vücudun dorsal kısmında bulunan kılların dip kısımları koyu renge sahipken, uçlara doğru bu rengin açıldığı gözlenir. Bu canlıların bıyık kıllarının uzunluğu 30 mm'ye erişebilmektedir. Kuyruğun başbeden uzunluğunun %20 kadar olduğu belirtilirken, kuyruğun üst tarafının sarımsı kahverengi seyrek dizilimli kısa kıllarla kaplı olduğu, kuyruğun alt tarafının ise beyazımsı ya da sarımsı gri renkte olduğu belirtilirken bu iki farklı renklemenin kuyruk laterallerinde belirgin bir hatla kesiştiği ifade edilmektedir. Ayrıca kuyruk ucunda bulunan kıl demeti uzunluğunun 3 mm.'den daha kısa olduğu belirtilmiştir. Bu canlılarda kulakların dış yüzeyi vücut üstü renginde kıllarla kaplıdır ve vücut kılları arasına gömülü olması nedeniyle dışarıdan zor fark edilebilmektedir. Ayakların dorsal kısmı sarımsı gri ya da sarımsı beyaz renkteyken, ventral kısmı ise açık pembe renge sahip ve çıplaktır. Ayak tabanlarında 5 tüberkül mevcut olduğu bilinmektedir. Bu canlılarda iki cinsiyet arasındaki renk farkı ayırt edici olmamasına rağmen erkek bireylerin daha koyu bir renge sahip oldukları gözlenmektedir. Dişi bireyler 4 çift memeye sahiptir ve bunların 2 çift pektoral ve 2 çift inguinal'dir.

Yapılan bu tez kapsamında bireylerin yakalanması ve yakalanan bireylerin tür tespitlerinin yapılması için yukarıdaki bilgilerden yararlanılmıştır.



Şekil 2.2. *M. guentheri*’ ye ait (A) dorsalden ve (B) ventralden görünüm (Yavuz 2008’den alınmıştır)

2.6. Çevresel Kirlilik ve Biyoizlem Çalışmaları

Son yıllarda teknoloji ve sanayi alanında gerçekleşen büyük gelişmeler nedeniyle artan antropojenik faaliyetler sonucu çevreye pek çok kirlenici madde salınmaktadır. Evsel ve endüstriyel atıkların çevreye salınması ile bu atıklar ekosistemde çeşitli değişikliklere neden olmaktadır. Çevreye salınan pek çok kirlenici faktör ve antropojenik etkiler nedeniyle ekosistemde meydana gelen değişiklikler çok sayıda canlının yaşam alanını biyolojik ve ekonomik bağlamda etkilemektedir. Böylece birçok canlının yaşam alanı değişikliğe uğramaktadır. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, günümüzde ve yakın gelecekte bu problemin olası çözüm yollarının tespit edilmesi için ekolojik süreçlerin ve çevresel risk değerlendirme süreçlerinin faydalı ve gerekli olduğu neredeyse tüm uluslar tarafından kabul edilen önemli bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bugünlerde tüm dünyada ilgi çeken araştırma alanlarının başında gelen konular arasında doğal ve antropojenik (insan kaynaklı) etkilerin hem ekosistemi hem de insan sağlığını doğrudan veya dolaylı olarak nasıl etkilediği olguları yer almaktadır.

Beslenme değişimi ve eksikliği, ultraviyole (UV) radyasyonu, toksik endüstriyel kimyasal madde kirliliği, habitat yok oluşu, artan hipoksi ve patojenlerin oluşturduğu hastalıklar gibi pek çok stres faktörü biyolojik hiyerarşiyi izleyerek moleküler ve hücresel seviyeden başlamak suretiyle organizma, popülasyon, komünite ve ekosistem düzeylerinde çeşitli etkilere sebep olmaktadır (Rice 2003). Endüstriyel kazalar, petrol sızıntıları gibi geçmişte meydana gelen ekolojik felaketlerin akut ve/veya kronik etkiler ile çevreye zarar verdiği bilinmektedir. Genellikle, bu zararlı etkiler insan sağlığı üzerindeki olumsuzluklar ve belirli popülasyon ya da komünitelerin kaybı ile saptanabilirken, tüm bunların yanı sıra insan kaynaklı faktörlerin ve kimyasal kirleticilerin neden olduğu stres etmenlerine uzun vadede ve kronik maruziyet sonucu hızla gelişen felaketler de meydana gelebilir. Fakat çevresel etki kademeli olarak oluşan ve doğal süreçlerin etkisi sebebiyle zor saptanabilen bir şekilde meydana gelebilir. En önemlisi ise; zamansal açıdan bakıldığında yıllarca devam eden bu etkilerin oluşturduğu olguların değerlendirilme ihtimalinin azalmasıdır. Bu unsurun özellikle çevresel etkilerin değerlendirilmesindeki temel sorun olduğu belirtilmektedir (Moore 2002; Moore vd. 2004).

Ekotoksikoloji, ağır metallerin veya farklı çevresel kirleticilerin sebep olduğu kirliliğin biyolojik indikatörü olan hayvanlardaki etkilerin güvenilir testlerle (biyoindikatörle) değerlendirilmesi ile bu canlıların yaşadığı çevrenin, biyotanın ve çeşitli canlı türlerinin nasıl etkileneceğine dair araştırmacılara bakış açısı kazandırmaktadır (Depledge 1989; Moore ve Simpson 1992; Depledge vd. 1993). Bu sebeple dünyada ekotoksikoloji alanında farklı faktörler sebebiyle ağır metaller ile kirlenen bölgelerde doğal yaşayan küçük memeli kemirgen türlerin dokularındaki ağır metal birikimi ve/veya genetik hasarın değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur.

Önceki yıllarda ekotoksikoloji alanında omurgasız canlılar ve balıklarda yapılan pek çok çalışmanın sonuçlarına göre çeşitli kirlenici faktörlerin genetik hasara neden olduğu bildirilirken, memeli hayvanların insana benzerlik oranlarının diğer canlı gruplarına göre çok daha fazla olması nedeniyle genotoksikolojik açıdan değerlendirilmelerinin çok daha fazla avantaja sahip olduğu belirtilmiştir (Dixon vd. 2002). Yaşamın ve üremenin erken evrelerinde sıklıkla meydana gelmesi nedeniyle doğal popülasyonlarda meydana gelen genetik hasar ve ekolojik değerlendirmeler küçük bir sorun olarak kabul edilmektedir. Buna karşın çeşitli kirlenici etmenler ile kirlenen alanlarda yaşayan canlılarda meydana gelen genetik hasar ise büyük bir sorun olarak değerlendirilmektedir (Jha vd. 2000). Örneğin, pek çok balık türünün bünyesine aldığı genotoksinlerin değerlendirilmesi, bu balıkların insan besin zincirine girmesi nedeniyle önem arz etmektedir. Çünkü balık bünyesine alınan bu genotoksinler besin zinciri ile pek çok memeli canlının vücuduna girerek birikebilmektedir ve/veya parçalanarak kendisinden çok daha toksik özelliğe sahip metabolitlere dönüşebilmektedir (Albertini vd. 1996). Tüm bu nedenler ile genetik toksikoloji testleri erken uyarı sistemleri olarak kullanılan bazı belirteçleri sağlayarak etkisi zor saptanabilen zararlı metabolitlerin etkilerinin gösterilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

DNA eklenti (DNA adduct) oluşumu, Mikronükleus (MN) oluşumu ya da Kromozom Aberasyonu (KA) gibi bazı biyobelirteçler, genotoksisite çalışmalarında ve çevredeki mutajen ve karsinojenlerin maruziyetinin ortaya çıkarılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kurelec 1993; Lyons vd. 2000; Kalpaxis vd. 2004). Genomiks çalışmaları ekolojiden tıbbı ve yaşam bilimlerine kadar pek çok bilim alanında çeşitli

olguların aydınlatılması amacıyla son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ekotoksikolojik çalışmalarda genomik bilgi eldesiyle farklı kimyasalların neden olabileceği ekolojik risklerin değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Bu nedenle çevresel koruma olguları ile ilişkili olarak memelilerde gerçekleştirilen “toksikogenomiks” ve “ekotoksikogenomiks” yaklaşımlar eş değer seviyede tutulmaktadır (Nuwaysir vd. 1999; Pennie vd. 2000; ECETOC 2001; Snape vd. 2004). Bu bağlamda, çeşitli kirleticilere çevresel maruziyet sonucunda popülasyon nüfusunun hayatta kalma, gelişme ve üreme parametrelerinin ölçülmesi ile ilişkilendirilen genomik, proteomik ve metabolomik konularını birleştiren iyi tasarlanmış *in vivo* araştırmaların büyük önem taşıdığı belirtilmektedir (Snape vd. 2004).

Çeşitli nedenlerle çevreye salınan pek çok kirleticinin çevrede doğal yayılım gösteren canlılar üzerindeki farklı etkileri ve besin zinciri ile dolaylı ya da direkt olarak insanlar üzerindeki zararlı etkilerinin başlangıç evrelerinde tespit edilebilmesi, hem canlıları hem de ekosistemi koruyabilmek için erken uyarı sistemleri olarak işlev görebilmektedir.

2.7. Küçük Kemirgen Memeliler ve Ağır Metal Kirliliği

En genel ifade biçimiyle, toksik etkiye sahip olan herhangi bir metal (kütlesinden ve yoğunluğundan bağımsız olarak) ağır metal olarak ifade edilmektedir (Singh 2007). Ağır metaller, metalik özellik gösteren elementlerin alt grubu olarak kabul edilmektedir ve Cu, Pb ve Zn gibi bazı yaygın metaller geçiş metalleri olarak nitelendirilmektedir. Dünya üzerinde yer kabuğunda doğal olarak bulunan ağır metaller çeşitli insan kaynaklı faaliyetler sebebiyle çevreye salınmaktadır ve bu ağır metallerin biyokimyasal dengeleri ve jeokimyasal döngüleri değişiklik göstermektedir. Kurşun içeren benzin, çeşitli endüstriyel atıklar ve asit yağmurları ile metal iyonları toprağa, topraktan göllere ve akarsulara karışarak çevresel kirliliğe neden olmaktadır (Oxford University Press 2000).

Çeşitli sebeplerle çevreye salınan ağır metallerin bitki ve hayvanlarda biyolojik birikime neden olduğu ve sekonder metabolitler üreterek farklı etkiler gösterdiği belirtilmektedir. Şöyle ki; bazı ağır metallere kronik maruziyet sonucu (Cd, Cu, Pb, Ni ve Zn vb.) insanlarda çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıktığı gözlenmiştir (Singh vd. 2011). Ayrıca bu ağır metallere düşük konsantrasyonlarda maruziyet dahi toksik etkilere neden olabilmektedir. Yer altı su kaynaklarına ve toprağa karışmak suretiyle besin zincirine dâhil olan bu ağır metaller canlılarda biyobirikim gerçekleştirerek biyotada zararlı etkiler göstermektedir. Ayrıca kirleticiler etmenler ortadan kalksa bile ağır metaller uzun yıllar boyunca çevrede varlıklarını sürdürebilmektedir. Ağır metaller besin zinciri yoluyla, sırasıyla topraktan bitkilere, omurgasız canlılara, küçük ve büyük memeli canlılara geçerek insanı da kapsayan çok sayıda canlı türünü farklı düzeylerde etkileyebilmektedir. Hayvanlardaki ağır metal birikim seviyelerini etkileyen faktörler arasında diyet, fizyoloji ve davranış gibi etmenler sayılabilmektedir. Genellikle küçük memelilerin ağır metalleri bünyelerine almaları diyetle gerçekleşirken, diyetin yanı sıra deri, soluma ve hamilelik periyodunda plasenta yolları ile de bu ağır metalleri vücutlarına alımları söz konusudur (Gall vd. 2015). Literatür incelemesi sonucunda; metallerin neden olduğu toksisite ve karsinojenite çalışmalarında, ağır metallerin Reaktif Oksijen Türleri (ROS) ve Reaktif Azot Türleri (RNS) meydana getirerek etki gösterdiği ve canlılarda oksidatif stresi indükleyebildiği görülmüştür (López-Barea

1995; Stohs ve Bagchi 1995; Halliwell ve Gutteridge 1999; Chen vd. 2001; Pekarkova vd. 2001; Leonard vd. 2004; Shih vd. 2004; Valko vd. 2005; Valko vd. 2006a) Metallerin yürüttüğü serbest radikal oluşumları lipid peroksidasyonuna, DNA baz değişimlerine, kalsiyum ve sülfhidril dengelerinde değişikliklere sebep olarak canlı organizmaların yaşamını olumsuz etkilemektedir (Valko vd. 2006b; Lushchak 2011).

Farklı etmenlerle kirlenen alanlarda doğal yayılım gösteren küçük memeli canlı türlerinin çevreye yayılan farklı ağır metalleri içeren metal tozlarına maruz kalmaları, vücutlarında ağır metal bulunduran organizmaları ve bitkileri yemeleri sebebiyle bu ağır metalleri bünyelerine almaları söz konusudur ve bu nedenler ile risk altında oldukları düşünülmektedir. Bu riskin boyutlarının bu küçük memeli canlıların küçük vücut ağırlıklarına oranlı günlük beslenme sıklıklarının oldukça fazla olması nedeniyle doğrudan ağır metallerle beslenme yolu ile maruz kalmaları ile ilgili olabileceği belirtilmektedir (U.S. Environmental Protection Agency 1993).

Bu ve bunun gibi nedenlerle ağır metallerin canlı vücutlarında birikimlerinin saptanması önemli bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyolojik birikim incelenirken, kirlilik etmenine maruz kalan organizmanın türüne ve bu organizmanın besin zincirindeki konumuna dikkat edilmelidir. Çok sayıda model tür biyoinдикatör olarak ekosistemde meydana gelen kirliliğin tür üzerindeki etkilerinin ve biyolojik parametreler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Böylece çevresel strese cevap olarak meydana gelen pek çok moleküler parametre ekosistemin korunması amacıyla erken uyarı sistemi olarak işlev görmektedir (Depledge vd. 1993).

Son yıllarda ekotoksikoloji alanında yapılan çalışmalarda, köstebekler, orman yedi uyurları, tarla fareleri ve farklı küçük fare türleri farklı kirlenici etmenlerin ekosistem üzerindeki etkisini göstermek amacıyla biyomonitör tür (biyoizlem için kullanılan tür) olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Cooke vd. 1990; İsmail ve Roberts 1992; Reinecke vd. 2000; Milton vd. 2003; Marques vd. 2007; Sánchez-Chardi vd. 2007a, b, c; Sánchez-Chardi ve López-Fuster 2009; Martiniková vd. 2010; Adham vd. 2011; Blagojević vd. 2012; Okati ve Rezaee 2013; Elturki 2015; Dimitrov vd. 2016; Janiga vd. 2016; Khazaei vd. 2016; Markov vd. 2016; Yavuz vd. 2016; Zarrintab ve Mirzaei 2017; Yavuz ve Aktaş 2018; Turna Demir ve Yavuz 2017a, b).

Küçük memeli türlerinin ekotoksikoloji çalışmalarında yaygın olarak kullanılmalarının nedenleri arasında bu canlıların genel beslenme alışkanlıkları, yaygın yayılım alanlarına ve sınırlı kullanım aralığına sahip olmaları, yaşam döngülerinin kısa olması, üreme potansiyellerinin yüksek olması ve kolay yakalanabilmeleri gibi nedenler sayılabilmektedir. Tüm bu sebeplerin yanı sıra yüksek metabolik hız ve küçük vücut boyutlarına sahip olmaları nedeniyle bu canlıların, büyük memeli canlı türlerine göre çevresel kirlenicilere daha yüksek oranlarda maruz kaldıkları bilinirken (Sánchez-Chardi vd. 2007a; Levengood ve Heske 2008), araştırmacılar tarafından insan yerine kullanılabilme potansiyellerinin de olduğu kabul edilmektedir (Shore ve Rattner 2001; Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003; Al Sayegh Petkovšek vd. 2014).

Biyomonitör tür olarak kullanılan canlılarda biyolojik birikim, memeli türüne ve ağır metal türüne bağlı olarak farklı doku ve organlarda değişkenlik göstermektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde karaciğer büyük önem arz eden bir organdır ve Pb, Cd ve Zn gibi metallerinin bulunduğu alanlarda yapılan ekotoksikoloji çalışmalarında bu

metallerin biriktiği organ olarak karşımıza çıkmaktadır (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2004; Sánchez-Chardi vd. 2007b; Levengood ve Heske 2008; Schleich vd. 2010; Salińska vd. 2013; Dimitrov vd. 2016; Markov vd. 2016).

Küçük memeli canlı türlerinde ağır metallerin vücuda alınmasının, çalışılan memeli türlerinin beslenme alışkanlıkları ve yaşam biçimleri ile doğrudan ilişkili olduğu belirtilmektedir (Metcheva vd. 2003; Topashka-Ancheva vd. 2003a,b). Literatür çalışmaları göz önünde bulundurulduğunda böcekçil beslenen (insektivor) küçük memeli canlıların en yüksek ağır metal birikim seviyelerine sahip olduğu gözlenirken, bunun en önemli sebeplerinden biri olarak insektivor küçük memelilerin toksik metalleri vücutlarında biriktiren larvalar ile beslenmeleri olduğu belirtilmiştir (Reinecke vd. 2000; Scheifler vd. 2006; Roodberge vd. 2008).

Literatürdeki bazı çalışmalara göre, biyobirikim açısından sıralamanın sivri burunlu fareler > küçük fareler > tarla fareleri şeklinde olabileceği belirtilmiştir, fakat bazı çalışmalarda farklı sonuçlar gözlemlenmiştir. İrlanda’da yapılan bir çalışmada toprak kurtçukları ile beslenen *Sorex araneus* ve *Clethrionomys glareolus* farelerinin Cd, Cu ve Pb birikimi açısından en riskli grup olduğu saptanmıştır (Hamers vd. 2006). Yapılan çalışmalar hayvanların yaşlarının, cinsiyetlerinin metal birikimlerini etkileyebileceğini göstermiştir. Bunların yanı sıra genel olarak değerlendirildiğinde ağır metal birikimi seviyelerinin canlı türüne ve spesifik metal türüne bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Örneğin Sánchez-Chardi ve arkadaşları (2007b)’nin yapmış olduğu bir çalışmaya göre; insektivor memelilerden olan farelerin hem erkek hem de dişilerinde Pb ve Cd düzeylerinin yaşa bağlı olarak arttığı gözlenirken, Cr düzeylerinin ise düştüğü gözlenmiştir. Bunun ötesinde besin zincirindeki yüksek değerlerin daima biyoindikatör türün ağır metal yükü ile ilgili olmadığı bunun yerine (Metcheva vd. 2003), besin zincirinin genel yapısına da bağlı olabileceği şu örnekle belirtilmektedir: küçük memeli türleri, daha büyük memeli türleri ve kuşlar için av olmaları nedeniyle, avcı olan organizmalarda besin zinciri yolu ile ağır metal geçişi artmaktadır ve bu da ağır metal birikimi oranlarını arttıran bir yol olarak kabul edilmektedir (Reinecke vd. 2000; Levengood ve Heske 2008; Sánchez-Chardi ve Nadal 2007; Wijnhoven vd. 2008).

Ekotoksikolojik çalışmalar arasında, farklı kirlilik etmenleri ile kirlenen alanlarda doğal yayılım gösteren küçük memeli türlerinin yakalanarak farklı doku ve/veya organlarındaki ağır metal birikim seviyelerinin tespit edildiği pek çok çalışma mevcuttur. Literatürde çok farklı alanlardan toplanan küçük memeli örneklerinin doku ve/veya organlarındaki ağır metal seviyelerinin yüksek çıktığı gözlenirken toplanan alanların özelliklerine dair bilgiler şöyledir: metal işleme fabrika alanları (Hunter vd. 1989; Zarrintab ve Mirzaei 2017), atık dökümü yapılan alanlar (Beyer vd. 1985; Beyer ve Storm 1995), kurşun-çinko döküm fabrikası yakınlarındaki alanlar (Dimitrov vd. 2016), trafik ile kirlenen taşıt yollarının yakınında bulunan alanlar (Getz vd. 1977; Chmiel ve Harisson 1981; Ieradi vd. 1996; Hamers vd. 2006; Marcheselli vd. 2010; Zarrintab ve Mirzaei 2017) taşkın yatağı olan sulak alanlar (Hamers vd. 2006; Levengood ve Heske 2008; Wijnhoven vd. 2008), poligon alanları (Reinecke vd. 2000, Stansley ve Rosce 1996; Lewis vd. 2001; Bennet vd. 2007) maden arama atıkları ile kirlenen alanlar (Cooke vd. 1990; Cooke ve Johanson 1996; Sánchez-Chardi vd. 2007b; Sánchez-Chardi vd. 2007c; Elturki 2015; Yavuz ve Aktaş 2018), tarımsal faaliyetler nedeni ile kirlenen alanlar (Schleich vd. 2010; Khazaee vd. 2016; Markov vd. 2016; Zarrintab ve Mirzaei 2017), antropojenik etkiler nedeniyle kirlenmiş dağlık alanlar

(Janiga vd. 2016). Bahsi geçen bu çalışmalarda kullanılan küçük memeli türlerinin ağır metal kirliliğinin biyoindikatörü olarak kullanılmaya müsait olan *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus 1758), *Apodemus flavicollis* (Melchior 1834), *Chionomys nivalis* (Martins 1842), *Crocidura russula* (Hermann 1780), *Ctenomys talarum* (Thomas 1898), *Dryomys nitedula* (Pallas 1778), *Myodes glareolus* (Schreber 1780), *Mus macedonicus* (Petrov and Ružič 1983) ve *Microtus arvalis* (Pallas 1778), *Peromyscus leucopus* (Rafinesque 1818), *Rattus norvegicus* (Berkenhout 1769), *Rhombomys opimus* (Lichtenstein 1823), *Sorex araneus* (Linnaeus 1758), türleri olduğu belirtilmiştir.

Maden arama faaliyetleriyle ekosisteme çeşitli metal, metalloid ve/veya zararlı bileşiklerin salındığı bilinmektedir. Örneğin, kömür maden ocaklarının yakın çevrelerinde kömür külü kalıntılarına rastlanır. Ayrıca bu bölgelerde maden arama çalışmaları sonucu bu alanlarda yüksek oranlarda ağır metaller ortaya çıkmaktadır ve bu metallerin arasında karsinojenik etkilere sahip olduğu bilinen Cd, Cr, Hg, Ni elementleri de bulunmaktadır (Bai vd. 2004). Farklı maden arama faaliyetleri nedeniyle çevreye yüksek oranda salınan metal ve metalloid bileşikler, ekosistemde pek çok canlı türünü etkilerken, çevreye salınan bu bileşiklerin olumsuz etkilerinin değerlendirilmesinde, kirlenmiş alanlarda doğal yaşayan kemirgenler biyoindikatör olarak kullanılmaktadır. Kirlenmiş doğal alanlarda yaşayan yabani kemirgen türleri özellikle toprak, su ve hava ile yakın temasları sebebiyle metaller ile kirlenen alanlarda metal karışımlarına maruziyetin değerlendirilmesi bakımından oldukça gerçekçi sonuçlar veren güçlü model organizmalar olarak kabul edilmektedir (Tovar-Sánchez vd. 2012). Ayrıca küçük memeli canlı türlerinde (örneğin; *Apodemus sylvaticus*) metal biyobirikiminin çeşitli bölgelerde değerlendirildiği belirtilirken, biyobirikimi değerlendirilen metaller arasında Cu, Cd, Cr, Fe, Hg, Mg, Mn, Mo, Pb ve Zn karşımıza çıkmaktadır (Sánchez-Chardi vd. 2007c). Dünya üzerinde en fazla Pb ve Zn üretimi gerçekleştiren maden arama bölgeleri arasında gösterilen Alaska'daki 'Red Dog' Maden arama bölgesinde yaşayan yabani küçük memeli türlerinden *Clethrionomys rutilus* ve *Microtus oeconomus* türlerinin dokularındaki Pb, Zn ve Cd birikim seviyeleri ve kan hücrelerinde genetik hasar araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, Pb ve Cd konsantrasyonlarının kontrol alanından toplanan örneklerdeki konsantrasyonlar ile karşılaştırıldığında kan ve karaciğer dokusundaki Pb seviyesinin 20 kat, Cd seviyesinin ise 3 kat daha yüksek olduğu gözlenmiş, fakat Zn seviyesinde fark olmadığı saptanmıştır (Brumbaugh vd. 2010).

Endüstri, maden ve tarım faaliyetleri sebebiyle ağır metaller ile kirlenen Doñana Ulusal Park'ında (İspanya) gerçekleştirilen bir çalışma ile *Mus spretus* örneklerinin beyin, karaciğer, böbrek ve kan plazması gibi organ ve dokularında Fe, Cu ve Zn seviyelerinin yüksek olduğu, As, Cd ve Ni seviyelerinin ise düşük olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada akciğer, beyin ve kan plazması gibi kısımlarda ise oldukça düşük ağır metal seviyeleri gözlenmiştir. Farklı özelliklere sahip üç farklı lokaliteden toplanan örneklerin plazma dokularındaki Fe oranı açısından en yüksek değerlere sahip örneklerin Iberian Pirit Madenine yakın alandan toplananlar olduğu saptanmıştır. Maden asit drenajı nedeniyle bu bölgeye yüksek derişimlerde salınan Fe metaline maruziyetin bu sonuca neden olabileceği belirtilmiştir. Çalışılan diğer iki lokalitenin ise hem Guadiamar Nehri'ne salınan herbisit ve pestisitler sebebiyle, hem de Aznalcollar madenin 1998 yılında aynı nehre maden atık suyunun karışması ile taşıdığı ağır metaller ile kirlendiği ve bu lokaliteden toplanan örneklerin karaciğer dokularında As seviyelerinin bu sebeplerle çok yüksek çıktığı belirtilmiştir. Tüm bu kirlilik

etmenlerinin yanı sıra bu iki lokaliteden birinin yüksek oranda endüstriyel faaliyetler nedeniyle de hava kirliliğine maruz kaldığı bu nedenle de bu lokaliteden toplanan örneklerin karaciğer dokularındaki As düzeylerinin diğerlerine oranla çok daha yüksek olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde bahsi geçen her iki lokalitedeki örneklerin akciğer dokularında da As seviyeleri oldukça yüksek çıkmıştır (García-Sevillano vd. 2013).

Bir başka çalışmada; İran'da Aran ve Bidgol şehrinde çelik eritme fabrikası, yol ve tarım alanları yakınlarından toplanan *Rombomys opimus* ve *Rattus norvegicus* küçük kemirgen memeli türlerinin böbrek, karaciğer, kas ve keratin doku/organlarında Zn, Cu, Ni, Pb ve Cd ağır metallerinin birikimleri araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmanın sonuçları göz önünde bulundurulduğunda, metal içerikleri bakımından aynı özelliklere sahip toprak örneklerini ihtiva eden örneklem alanlarından toplanan küçük kemirgen memelilerin farklı organ ve dokularında farklı spesifik ağır metallerin biyobirikime uğramalarının nedenleri arasında beslenme durumunun, ağırlığa bağlı metabolik hızın ve mikrohabitatın etkisi sayılabilmektedir. Böylece bu nedenlerin tür içi ve türleri arası metal konsantrasyonları arasındaki varyasyona neden olabileceği belirtilmiştir (Zarrintab ve Mirzaei 2017).

Toksik etkiye sahip ağır metal ve metalloid bileşikler, biyolojik birikime neden olurken, aynı zamanda hücresel seviyelerde de canlıları olumsuz olarak etkilemektedirler. Ağır metal toksisitesinin küçük memeli organizmaları hücresel ve genetik seviyede etkileyebildiğine dair çalışmalara örnek olarak 60 gün boyunca Pb ve Cd içeren endüstriyel tozlara maruz bırakılan küçük bir kemirgen memeli tür olan *Microtus guentheri*'de bu tozun klastojenik etkiye neden olması gösterilebilir. Bulgaristan'daki Pb/Zn endüstriyel ürünlerinin atık tozlarındaki ağır metallerin etkisi *Microtus guentheri* ve laboratuvar BALB/c farelerinde değerlendirilmiştir ve yapılan bu çalışmada farelerin vücut ağırlığında düşüş saptanmıştır. Yine aynı çalışmada zamana bağlı olarak *Microtus guentheri* örneklerinin karaciğer, böbrek ve vücudunda Cu, Cd, Pb ve Zn metallerinin birikiminde artış gözlenirken, ayrıca kemik iliği hücrelerinde kromozom aberasyonu (KA) gözlenmiştir (Topashka-Ancheva vd. 1995; Topashka-Ancheva vd. 1998).

Küçük memeli türlerinden olan *Microtus arvalis*, *Microtus rossiaemeridionalis*, *Clethrionomys glareolus*, *Pitymys subterraneus*, *Chionomys nivalis*, *Apodemus flavicollis*, *Apodemus sylvaticus* ve *Mus macedonicus* türleri ile gerçekleştirilen bir çalışmada, bahsi geçen bu türler Bulgaristan'da endüstriyel olarak kirlenmiş iki alanda doğal olarak yayılım gösteren türlerdir ve bu alanlardan toplanarak biyomonitör olarak kullanılmışlardır. Aynı çalışmanın sonuçlarında ise biyomonitörlerdeki ağır metal yükü ile kromozom yapısındaki patolojik değişimler bakımından önemli bir ilişki gözlenmiştir. Bu çalışmada kan hücrelerindeki hasarın ve kromozomal hasarın sebebinin Hg metali olabileceği belirtilmiştir (Topashka-Ancheva vd. 2003a). Bir diğer çalışmada ise, biyomonitör olarak *Apodemus agrarius* örnekleri kullanılmıştır. Sırbistan'daki kirli bir bölgelerden toplanan *Apodemus agrarius* örneklerinde Fe, Mn, Co, Cd, Zn, Ni, Pb ve Cu ağır metallerinin birikim seviyeleri araştırılmıştır ve sonuçta kirli alandan toplanan örneklerde Mn, Cd, Fe ve Ni metal biyobirikim seviyelerinin kirlenmemiş bölgeye kıyasla önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir (Blagojević vd. 2012).

2.7.1. Küçük Kemirgen Memelilerin Ekotoksikoloji Çalışmalarında Kullanımı

2.7.1.1. Comet testi

Tek Hücre Alkali Jel Elektroforezi olarak bilinen comet testi ökaryotik hücre DNA hasarı değerlendirilmesinde kullanılan hassas, hızlı ve kantitatif bir yöntemdir (Singh vd. 1988; Tice vd. 1990). Bu yöntem DNA lezyonlarının saptanması için hücrelere elektrik akımı verilmesi sonucu DNA fragmentlerinin çekirdek dışına göç etmesi esasına dayanmaktadır. Elde edilen DNA göçüne ait görüntüler baş ve kuyruk bölgelerinin bulunması nedeniyle bir kuyruklu yıldız benzediği için bu yöntem “Comet” adı verilmiştir (Klaude vd. 1996; Singh ve Stephens 1996). DNA hasarına neden olan toksik ajanlar genellikle dokuya ve hücreye spesifiktir, bu nedenle bireysel DNA lezyonlarını saptayabildiği için Tek Hücre Alkali Jel Elektroforezi çok kullanışlı bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Tice 1995). Bu yöntemin bir diğer avantajı da ökaryotik herhangi bir organizmada ve hücrede uygulanabilmesidir. Ayrıca diğer yöntemlere kıyasla daha ucuz ve birkaç saat içerisinde sonuçların alınması sebebiyle hızlı olarak kabul edilen bu yöntem, sayılan bu nedenler ile çevresel biyoizlem çalışmaları için uygun bir test yöntemidir.

Comet testi kullanılarak çevresel biyoizlem çalışmalarını gerçekleştirmek için küçük memeli hayvanlar, biyoindikatör olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde çeşitli etmenlerle kirlenmiş alanlarda doğal olarak yaşayan küçük memeli türlerinin toplandığı ve bu canlıların kan hücrelerindeki genetik hasarın comet testi ile değerlendirildiği çok sayıda çalışma mevcuttur (De Lapuente vd. 2015). Son yıllarda küçük memeli canlılar ile yapılan pek çok ekotoksikolojik çalışmada, ekosistemde farklı sebepler ile meydana gelen kirliliğin, kirlenen alanlarda yaşayan küçük memeli canlılarda biyobirikime neden olmasının yanı sıra (Talmage ve Walton 1991), bu canlılarda DNA hasarına da sebep olabildiği gösterilmiştir (Da Silva vd. 2000a,b; Festa vd. 2003; Knopper vd. 2005; León vd. 2007; Mateos vd. 2008; Cabarcas-Montalvo vd. 2012; Mitkovska vd. 2012; Tovar-Sánchez vd. 2012; Lourenço vd. 2013).

2.7.1.2. Küçük kemirgen memelilerin comet testi ile genotoksisite tayininde kullanımı

Literatür incelemesinde saptandığı üzere; çeşitli nedenlerle oluşan kirliliğin ekosistem içerisinde bu kirliliğin meydana geldiği alanlarda doğal olarak yaşayan yabani küçük kemirgen memeli türlerinde biyobirikime neden olabileceği günümüze kadar yapılan pek çok çalışmada detaylı biçimde gösterilmiştir (Talmage ve Walton 1991). Radyoaktivite (Cristaldi vd. 1990; Yavuz vd. 2016), pestisit (McBee ve Bickham 1988) ve ağır metal kirliliği (Tull-Singleton vd. 1994; Ieradi vd. 1998) olan alanlarda doğal olarak yaşayan kemirgenlerde tespit edilen genetik hasar arasında önemli derecede korelasyon gözlenmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, küçük memeli türleri çeşitli çevresel kirlenici faktörlerin etkilerinin ortaya çıkarılması için biyoindikatör olarak kullanılmaktadır (Ieradi vd. 1998; Tovar-Sánchez vd. 2012). Bu çalışmalara örnek olarak 1998 yılında Ieradi ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışma verilebilir. Bahsi geçen bu çalışmada, *Apodemus sylvaticus*, *Crucidura russula* ve *Mus spretus* türleri biyomonitör (biyoizlem) amacıyla model organizma olarak kullanılmıştır.

Bu küçük memeli türleri arasında özellikle *Mus spretus*'un r-tipi üreme stratejisi (R-tipi üreme potansiyeline sahip canlılar olarak tanımlanan organizmalar genellikle kararsız, öngörülemeyen ortamlarda yaşarlar. Burada hızlı çoğaltma yeteneği önemlidir. Bu tür organizmalar, yüksek doğurganlığa sahiptir, kısa ömürlüdür, genellikle küçüktür, olgunlaşması çabuktur ve çok fazla enerji harcarlar. R-tipi üreme potansiyeline sahip canlıların tipik örnekleri şunlardır: fareler, tavşanlar ve bakterilerdir (Herron ve Freeman 2009) göstermesi ve yüksek populasyon yoğunluğuna sahip olması nedenleriyle biyoizlem çalışmalarında kullanılması için uygun bir model organizma olduğu belirtilmiştir (Cagnin vd. 1998). Mitkovska ve arkadaşları (2012) tarafında gerçekleştirilen bir çalışmada 2010 ve 2011 yıllarında kirliliği belirlenmiş olan Strandzha Ulusal Park'ında (Bulgaristan) bulunan lokalizasyonda doğal olarak yayılış gösteren *Apodemus flavicollis* bireylerini toplanmıştır ve bu bireylerden elde edilen kan lökositlerinde genetik hasar meydana geldiği saptanmıştır. Yine bu çalışmaya benzer şekilde terkedilmiş bir uranyum madeni alanında (Portekiz) doğal olarak yaşayan ve bu alandan toplanan *Apodemus sylvaticus* örneklerindeki genetik hasar comet testi ile değerlendirilmiştir ve sonuç olarak kontrol alanından toplanan örnekler göre, terkedilmiş uranyum madeni alanından toplan örneklerin DNA bütünlüğünde bozulmalar ve hasar olduğu saptanmıştır (Lourenço vd. 2013). Maden ve mermer ocakları ile birlikte turbalar, petrol yatakları ve kömür ocakları da insanlar tarafından zengin element kompozisyonuna sahip olan kaynaklar olarak görülür ve yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bunların arasında kömür madenlerinden çıkarılan ve büyük öneme sahip olan kömür bileşikler bünyesinde 50'den fazla heterojen karışıma sahiptir. Kömür çıkarılırken çeşitli oksitler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), silika, ağır metaller atmosfere karışabilmektedir ve bu maddeler karışım oluşturabilme potansiyeline sahiptir. Bu karışımlarda her bileşik birbiriyle sinerjistik etki gösterebilmektedir ve böylece bu karışımlar sağlık açısından riskler taşımaktadır (Gold ve Ames 1990). Literatür incelendiğinde; kömür bileşiklerinin ve karmaşık karışımlarının sebep olduğu çevresel mutajenik zararların neler olduğunun ortaya konması için yapılan çok az sayıda çalışma mevcuttur (Persson vd. 1988; Ong vd. 1985; Chen vd. 1990; Da Silva vd. 2000a). Örneğin Kolombiya'da gerçekleştirilen bir çalışmada: Açık kömür madeni alanında doğal olarak yayılış gösteren iki küçük memeli türünde (*Mus musculus* ve *Rattus rattus*) comet testi kullanılarak genetik hasar değerlendirilmiştir ve sonuçta kömür maden arama bölgesinde yaşayan bu iki kemirgen türünün periferik kan hücrelerinde meydana gelen genetik hasar, temiz bölgeden toplanan örneklerin periferik kan hücrelerinde meydana gelen hasara göre anlamlı biçimde yüksek çıkmıştır (León vd. 2007). Bahsi geçen bu çalışmada DNA hasarının değerlendirilmesi için DNA uzunluğu (length DNA migration-DNA kuyruk uzunluğu), indeksi ve hasarlı hücre yüzdesi gibi parametreler kullanılmıştır. Bu parametreler arasında kullanılan en iyi parametrenin DNA hasar indeksi olduğu belirtilirken, temiz bölge ile kömür madeni alanından toplanan *Mus musculus* örneklerinden elde edilen DNA hasar indeksleri karşılaştırıldığında temiz bölgeye oranla kömür alanından toplanan örneklerdeki genetik hasarın 8 kat fazla olduğu, bu oranın *Rattus rattus* örnekleri için 2.5 kat olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre hasar oranlarının iki farklı küçük memeli türünde birbirinden farklı çıkmasının sebepleri; tür farklılığı, çalışma için seçilen bölgedeki bazal örneklerdeki fare sayısının azlığı ve DNA tamir hızı arasındaki farklılıkları (yapılan bu çalışmanın kontrollü bir laboratuvar çalışması olmaması nedeniyle) olarak belirtilmiştir (León vd. 2007). Bir başka çalışmada ise Kolombiya'da maden ocaklarına yakın bölgelerden küçük bir memeli kemirgen olan *Mus musculus*

örnekleri toplanmıştır ve comet testi ile bu örneklerde genetik hasarın meydana geldiği tespit edilmiştir (Cabarcas-Montalvo vd. 2012). Brezilya’da yapılan başka bir çalışmada; kömür madenlerine yakın alanlarda (Rio Grandedo Sul bölgesinde bulunan bu kömür madeni alanları) yaşayan ve küçük memeli kemirgen türü olan *Ctenomys torquatus* örneklerinde genetik hasar comet testi ile (Da Silva vd. 2000a) kan hücrelerinde, karaciğer, böbrek ve akciğer dokularındaki hücrelerde DNA hasarı olduğu belirlenmiştir (Da Silva vd. 2000a; Da Silva vd. 2000b). Başka bir ekotoksikolojik çalışma ise İspanya’da Doñana Ulusal Park’ından toplanan *Mus spretus* örnekleri ile gerçekleştirilmiştir. 1998 yılında Aznalcollar pirit madeni kazası sonrasında çevreye yüksek miktarda maden atığı, asidik su, çeşitli ağır metaller ve As içeren atık yayılmıştır. Bu ekolojik felaketin ardından 6 ay ve 1 yıl sonrasında bahsi geçen kirleticilerle kirlenen alanda doğal olarak yaşayan *Mus spretus* örnekleri toplanmıştır ve elde edilen periferik kan hücrelerinde genetik hasar comet testi ile tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, 1998 yılında toplanan örneklerde genetik hasar yüksek çıkarken, 1999 yılındaki örneklerde düştüğü gözlenmiştir (Festa vd. 2003). Aynı sebeplerle kirlenen, İspanya’daki bir başka bölgeden elde edilen *Mus spretus* bireylerinde comet testiyle genetik hasar değerlendirilmiştir ve sonucta genetik hasarın yüksek olduğu saptanmıştır (Mateos vd. 2008). Yapılan başka bir çalışmada ise; doğal yaşam ortamları olan alandan yakalanarak laboratuvar ortamına getirilen *Mus spretus* örnekleri için toprağa karışan ham petrol sızıntı koşulları yapay bir biçimde meydana getirilmiştir ve tam 2 hafta (14 gün) boyunca *Mus spretus* bireyleri bahsi geçen koşullara maruz kalmıştır. Sonuç olarak bu bireylerinde kan hücrelerinde genetik hasarın olduğu comet testi ile tespit edilmiştir. (Da Silva vd. 2013). Knopper ve arkadaşları tarafından (2005) yapılan bir çalışmada aşırı pestisit maruziyeti olan bir golf sahası alanından (Ottawa/Gatineau- Kanada) toplanan *Microtus pennsylvanicus* örneklerinin kan hücrelerinde comet testi kullanılarak genetik hasar tespiti gerçekleştirilmiştir. Ağır metal içeren ve organoklorlü pestisitlere yüksek oranlarda ve sürekli biçimde maruz kalan doğal popülasyondaki bu canlıların, uzun süreli sub-letal kronik maruziyet açısından kullanışlı ve uygun bir model olarak işlev gördüğü belirtilmiştir.

Daha önce de belirtildiği üzere; ekosistemin çeşitli etmenler ile kirlenmesi ve meydana gelen bu kirliliğin potansiyel etkilerinin belirlenebilmesi amacıyla çok sayıda yöntem ve biyoindikatör canlı kullanılmaktadır ve biyoizlem amacıyla kullanılan bu canlılar ekosistemin korunması bakımından erken uyarı sistemi olarak büyük önem arz etmektedir. Tüm bu nedenlerle, son yıllarda çevre kirliliği ve bu kirliliğe maruz kalan biyoindikatör canlılarda meydana gelen genetik hasarın comet testi ile saptanmasına yönelik çok sayıda çalışma yapıldığı bilinmektedir (Da Silva vd. 2000a; Festa vd. 2003; Knopper vd. 2005; León vd. 2007; Mateos vd. 2008; Cabarcas-Montalvo vd. 2012; Tovar-Sánchez vd. 2012). Ayrıca çeşitli kirleticilerle maruz kalan alanlarda doğal olarak yayılış gösteren bazı canlılarda kirlilik kaynağına bağlı olarak biyobirikimin meydana gelebildiği bilinirken, bu birikimin tespit edilmesi için yapılan çok sayıda çalışma da literatürde göze çarpmaktadır (Andráš ve Križani 2006; Garcia-Sevillano vd. 2013; Al Sayegh Petkovšek vd. 2014; Yavuz ve Aktaş 2018).

Tüm bunlar ışığında farklı kirleticilerle maruz kalan alanlarda doğal olarak yaşayan ve bu kirleticilerle maruz kalan küçük memeli türlerindeki genetik hasarın değerlendirilmesi için comet testinin kullanıldığı çok sayıda ekotoksikoloji çalışması bulunmaktadır. Bu çalışmalar ve biyomonitör tür olarak kullanılan diğer canlı türleri ile ilgili Dünya’da yapılan çalışmalar De Lapuente ve arkadaşları tarafından

derlenmiştir (De Lapuente vd. 2015). Farklı nedenler ile kirlenmiş olan alanlarda doğal yaşayan küçük memeli türlerinde meydana gelen genetik hasarın comet testi ile araştırılmasına dair yapılan çalışmalara ait literatürün derlendiği çalışmadan elde edilen bilgiler Tablo 1 'de verilmiştir (Turna ve Yavuz 2016). Çeşitli nedenler ile meydana gelen çevresel kirliliğin potansiyel zararlı etkilerinin biyoizlem çalışmalarında kullanılan küçük memeli canlı türleri ile henüz başlangıç seviyelerindeyken tespit edilebilmesi çevreyi ve tüm ekosistemi korumak için önem taşımaktadır. Özellikle biyoizlem çalışmalarında yaygın olarak kullanılabilen küçük memeli canlı türlerinin insanlar ile çok sayıda ortak hücresel ve sistemsel mekanizmaya sahip olmaları nedeniyle bu tip çalışmalar insan popülasyonlarının da korunması için bilgi veren çalışmalar olarak değerlendirilmektedir. Farklı sebeplerle ağır metal kirliliği meydana gelmiş olan alanlarda doğal yayılış gösteren küçük memeli canlı türlerinin farklı doku ve/veya organlarındaki ağır metal birikim düzeylerinin tespit edilmesi ve aynı canlılarda genetik hasarın değerlendirilmesi ekotoksikolojik bakımdan önem taşımaktadır. Böylelikle çevre kirliliğinin erken evrelerde tespit edilmesi, ekosistemin ilerleyen süreçlerde karşı karşıya kalabileceği telafisi mümkün olmayan zararlı etkileri engellemek için çeşitli önlemlerin alınmasına olanak sağlayabilmektedir. Comet testi gibi güvenilirliği yüksek metotların kullanımı ve faydalı modeller olarak kabul gören küçük memeli türlerinin doğru biyoindikatörler olarak seçilmesi suretiyle ekotoksikolojik çalışmalarda kullanılması çevrenin korunması için yeni bir araç sunabilme potansiyeline sahiptir.

Çizelge 2.1. Comet testi ile kirli alanlarda doğal olarak yaşayan küçük memeli türlerinde meydana gelen genetik hasarın araştırılmasına dayalı çalışmalar (Turna ve Yavuz 2016'dan alınmıştır)

Referans	Küçük Memeli Türü	Kirlilik Faktörü	Lokalite	Sonuçlar
Lourenço vd. 2013	<i>Apodemus sylvaticus</i>	Terk edilmiş bir uranyum madeni alanındaki radyonüklidler ve metaller	Cunha Baixa Uranyum madeni alanı, Portekiz	Uranyum (U) ve radyonükleotidlere maruz kalan bireylerin kan hücrelerine DNA bütünlüğünde bozulmalar ve hasar olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu bireylerin dokularında kadmium (Cd) ve U seviyeleri yüksek çıkmıştır
Mitkovska vd. 2012	<i>Apodemus flavicollis</i>	Endüstriyel gaz salınımı ve diğer nedenlerle hava kirliliği	Strandzha Ulusal Parkı, Bulgaristan	Polimetal tozları ile kirlenen bölgelerde, bu toz içeriklerinde kurşun (Pb), kadmium (Cd) Çinko (Zn) bulunduğu saptanmıştır ve endüstriyel gaz salınımı nedeniyle kirliliğe maruz kalan alandan toplanan örneklerde DNA hasarı yüksek çıkmıştır
Cabarcas-Montalvo vd. 2012	<i>Mus musculus</i>	Kömür madeni	La Loma ve La Jagua de Ibirico, Kolombiya	Kömür madenine yakın alanlardan yakalanan bireylerden alınan kan örneklerinde DNA hasarı kontrol grubuna oranla daha yüksek çıkmıştır
Tovar-Sánchez vd. 2012	Sentinel (<i>Peromyscus selanophry</i>) türü ve nonsentinel (<i>Baiomys musculus</i>) türü	Maden atıkları	Morelos, Mexico	Kirliliğe maruz kalan bölgelerden toplanan bireylerde çinko, nikel, demir ve mangan birikim oranları ve genetik hasar yüksek çıkmıştır. Fakat <i>Baiomys musculus</i> türünde genetik hasar daha yüksek çıkmıştır ve bu türün biyobirikime neden olan kirliliklerin (metal kirliliği gibi) saptanmasında biyoindikatör olarak kullanılmaya daha uygun olduğu belirtilmiştir

Mateos vd. 2008	<i>Mus spretus</i>	Zehirli maden atıklarının dökülmesi	Huelva şehri yakınları İspanya	Maden atıkları ile kirlenen bölgelerden toplanan bireylerin kan hücrelerinde DNA hasarı gözlenmiştir
Leòn vd. 2007	<i>Rattus rattus</i> ve <i>Mus musculus</i>	Kömür madeni	Municipio de Puerto Libertador, Güney Doğu Cordoba, Kolombiya	DNA hasar indeksi iki türde de kirliliği yüksek olan yerlerden toplanan türlerde yüksek çıkmıştır ve her iki türde kömür madeninin neden olduğu kirlilik nedeniyle ortaya çıkabilecek DNA hasarını gösterebilmek açısından hassas organizmalar olarak belirlenmiştir
Knopper vd. 2005	<i>Microtus pennsylvanicus</i>	Pestisit ile kirlenme (fungisit, Dacconil)	Ottawa/Gatineau, Kanada (Golf sahası)	Pestisit uygulamasının yapıldığı alanlardan elde edilen bireylerde doza bağlı DNA hasarı gözlenmiştir
Festa vd. 2003	<i>Mus spretus</i>	Pirit madeninden yayılan asidik su ve toksik metal içerikli atık	Doñana Ulusal Park, İspanya	1998 yılında yaşanan kirlilik nedeniyle aynı yıl toplanan örneklerde DNA hasarı gözlenirken, 1999 yılında toplanan örneklerde DNA hasarı gözlenmemiştir
Da Silva vd. 2000a ve 2000b	<i>Ctenomys torquatus</i>	Kömür madeni	Candiota ve Butiá alanlarında (2000a), Pelotas ve Candiota (2000b), Brezilya	Kömür madenine yakın alanlardan yakalanan bireylerden alınan kan örneklerinde DNA hasarı kontrol grubuna oranla daha yüksek çıkmıştır

2.7.1.3. Küçük kemirgen memeli türleri ile yapılan ekotoksikoloji çalışmalarında ağır metallerin birikim yaptıkları doku ve organlar

Küçük kemirgen memeli türleri arasında yer alan tarla fareleri ve çeşitli küçük fare türleri farklı nedenlerle ağır metallerle maruz kalmaları durumunda, ağır metalin türüne, küçük kemirgen memelinin türüne bağlı olarak farklı organ ve/veya organlarda maruz kalınan ağır metaller birikebilmektedir. Son çeyrek yüzyılda ekotoksikoloji alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde, köstebekler, tarla fareleri gibi çeşitli karasal küçük kemirgen memeli türlerinin biyoizlem amacıyla biyomonitör türler olarak kullanıldığı görülmektedir (Reinecke vd. 2000; Marques vd. 2007; Sánchez-Chardi vd. 2007a, b, c; 2009; 2011; Okati ve Rezaee 2013; Yavuz vd. 2016; Yavuz ve Aktaş 2018; Turna Demir ve Yavuz 2017a, b; Zarrintab ve Mirzaei 2017). Küçük karasal kemirgenlerin çeşitli özellikleri nedeniyle pek çok ekotoksikoloji çalışmasında model biyomonitör tür olarak bu canlılar kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin yapılan bir derleme çalışmasında, kirlenmiş alanlarda doğal olarak yayılış gösteren ve böylece çeşitli kirlenici etmenlere maruz kalan memeli türlerinin bio-indikatör olarak kullanılarak hayvan-temelli ve insan-temelli çevresel sağlık çalışmalarında köprü görevi görebileceği ifade edilmiştir. (O'Brien vd. 1993). Ağır metaller ve metalloidlerin biyobirikimi, küçük memeli canlıların doku ve/veya organlarında metal türüne ve küçük memeli türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin yapılan ekotoksikoloji çalışmalarında karaciğerin özellikle Cd, Pb ve Zn metallerinin birikim gösterdiği hedef organ olduğu belirtilmiştir (Sánchez-Chardi vd. 2007b; Levengood ve Heske 2008; Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2004; Salińska vd. 2013). Yapılan bir çalışmada: Pb ve Zn üretimi açısından Dünya'da önemli bir yere sahip olan Alaska'daki Red Dog Maden arama bölgesinde yaşayan küçük memeli türleri *Microtus oeconomus* ve *Clethrionomys rutilus* türlerinin doku ve organlarında Pb, Zn ve Cd biyobirikim düzeyleri ve bu canlıların kan hücrelerindeki genetik hasar araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, kontrol alanından toplanan örneklerle kıyasla 'Red Dog' Maden arama bölgesinden toplanan örneklerin karaciğer organındaki Pb düzeyinin 20 kat, Cd seviyesinin ise 3 kat daha yüksek çıktığı saptanmıştır (Brumbaugh vd. 2010). İspanya'da gerçekleştirilen bir çalışmada endüstriyel, tarımsal ve madencilik faaliyetleri nedeniyle ağır metaller ile kirlenen Doñana Ulusal Park'ındaki alanlarda yayılış gösteren *Mus spretus* örneklerinin böbrek, beyin, akciğer, karaciğer ve kan plazması gibi doku ve organlarda ağır metal seviyeleri değerlendirilmiştir. Sonuçta kirlenen alanlardan toplanan örneklerin karaciğer ve böbrek dokularında Fe, Cu ve Zn düzeylerinin yüksek olduğu belirlenirken beyin, akciğer ve kan plazması gibi doku ve organlarında ağır metal seviyelerinin düşük olduğu saptanmıştır. Yapılan bu çalışmada: örneklerin toplandığı iki alanından toplanan örneklerin karaciğer organında As seviyelerinin çok yüksek çıktığı belirtilirken, bu sonucun olası nedenleri şu şekilde belirtilmiştir; bu iki alan Guadiamar Nehri'ne karışan herbisit ve pestisitler nedeniyle kirlenmiştir ve 1998 yılında Aznalcollar madeninin aynı nehre maden atık suyunun karışması ile bu atık suyun taşıdığı ağır metaller ile kirlenmiştir. Bunun yanı sıra bu iki alanında birinin yukarıda sayılan kirlilik etmenlerinin yanında aşırı endüstriyel faaliyetler nedeniyle de hava kirliliğine maruz kaldığı belirtilmiştir. Bahsi geçen tüm bu nedenlerin etkisiyle bu iki alandan toplanan örneklerin karaciğer organındaki As oranlarının çok yüksek çıktığı belirtilmiştir (García-Sevillano vd. 2013).

Bilindiği üzere; polimetal tozları farklı metallerin beraber bulunması nedeniyle toksik etkilere sahip olan endüstriyel kirleticilerden biri olarak kabul edilmektedir ve çok geniş alanlara yayılabilmektedir. Örneğin, Bulgaristan'daki Pb/Zn endüstriyel ürünlerinin atık tozlarında bulunan ağır metallerin ekotoksikolojik etkileri küçük memeli kemirgen türlerinden *Microtus guentheri* ve laboratuvar farelerinden olan BALB/c farelerinde değerlendirilmiştir. Bu polimetal tozlarına maruz kalan farelerin vücut ağırlığında düşüş ve zamana bağlı biçimde *Microtus guentheri* örneklerinin karaciğer ve böbrek organlarında Cd, Cu, Pb ve Zn metallerinin biyobirikiminde artış tespit edilmiştir (Topashka-Ancheva vd. 1995, 1998). Viyana'da *Talpa europea* örnekleri ile yapılan bir çalışmada ise; Cd, Cu, Pb ve Zn birikimleri deri dokusunda ile karaciğer, böbrek ve kemik gibi organlarda değerlendirilmiştir (Komarnicki 2000) ve bu çalışmanın sonuçlara göre Cd nin yaşa bağlı biçimde en yüksek seviyede böbreklerde, Pb'nin ise kemik dokusunda biriktiği saptanmıştır. Bunun yanı sıra Zn'nin deri dokusunda dişilerde erkeklere kıyasla daha yüksek çıktığı saptanmıştır (Komarnicki 2000). Kurşun (Pb) metalinin genellikle kemiklerde biriktiği bilinmektedir (Friberg vd. 1986; Cooke vd. 1990). Çeşitli nedenlerle maruz kalınarak emilen Cd ise böbreklerde ve karaciğerde biriktiği belirtilmektedir (Hunter vd. 1989; Shore and Rattner 2001). Yapılan çalışmalara göre; kömür madeni alanı yakınlarından toplanan *Microtus pennsylvanicus* (Alberici vd. 1989) ve maden arama çalışmaları nedeniyle kirlenen bir alandan yakalanan *Peromyscus maniculatus* ve *Microtus pennsylvanicus* (Pascoe vd. 1994), Anaconda madeni yakınlarındaki alanlardan toplanan *Peromyscus maniculatus* (Reynolds 2004) ve Pb madeni yakınından yakalanan *Clethrionomys glareolus* (Milton vd. 2003) örneklerindeki kronik Cd maruziyet neticesinde, Cd'nin diğer organlara oranla böbrekte çok daha fazla biyobirikime uğradığı saptanmıştır (Swiergosz-Kowalewska 2001; Reynolds 2004). Ayrıca Japonya'da kirli olan bir alanda doğal yaşayan kemirgenlerde yapılan bir çalışmada, kemirgenlerin böbreklerinde Cr, Cd ve Pb'un yüksek çıktığı gözlenmiştir. Başka bir çalışmada; topraktaki Cu seviyesi oldukça yüksek olan bir Uranyum madeni yakınındaki alandan yakalanan ve küçük kemirgen bir memeli türü olan *Apodemus sylvaticus* örneklerinin kemik dokularındaki biriken Cu seviyelerinin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Lourenço vd. 2013). Bilindiği üzere, ağır metal kirliliğine maruz kalmış alanlarda doğal yayılış gösteren küçük kemirgen memeli türlerinin karaciğer ve böbrek organlarında meydana gelen ağır metal birikimi çevreye salınan ağır metaller ile ilişkilidir (Jančová vd. 2006). Literatür çalışmalarında da belirtildiği üzere Pb kemikte biriken bir ağır metaldir ve çevreye yayılan Pb, uzun süreli çevresel maruziyetin ortaya çıkarılması için kemik doku uygun bir doku olarak karşımıza çıkmaktadır (Martiniaková vd. 2010). Bu bağlamda, yapılan bir çalışmada; *Apodemus flavicollis* ve *Myodes glareolus* örneklerinin kemik dokularında Cd ve Zn birikim seviyelerinin, karaciğer ve böbrekte ise Cu ve Demir (Fe) birikim seviyelerinin yüksek olduğu (Martiniaková vd. 2010) saptanmıştır. Uzun süreli maruziyet neticesinde *Apodemus flavicollis* ve *Myodes glareolus* örneklerindeki Cd ve Zn birikim seviyeleri en yüksek kemik dokuda saptanırken, Cu ve Fe birikim seviyeleri ise en yüksek böbrek ve karaciğerde saptanmıştır (Martiniaková vd. 2010). Aynı çalışmanın sonuçlarına göre, Zn seviyelerinin organsal olarak karaciğer, böbrek ve kemik dokularındaki biyobirikim oranları Milton ve arkadaşları (2003) tarafından İngiltere'nin Frongoch bölgesinde terk edilmiş bir Pb madeni yakınlarından toplanan *Clethrionomys glareolus* örneklerinin seçilen organlarındaki Pb, Zn ve Cd seviyelerinin değerlendirildiği bir çalışmaya oranla daha yüksek çıkmıştır. Fakat Zn birikim seviyeleri açısından bu iki çalışmanın sonuçlarının birbiriyle uyum gösterdiği

belirtilmiştir ve sırasıyla biyobirikim açısından organ ve dokulara göre Zn birikim seviyeleri kemik > karaciğer > böbrek > kas olarak gözlenirken, Cd için böbrek > kemik > karaciğer > kas olarak belirlenmiştir (Milton vd. 2003; Martiniaková vd. 2010). Slovakya’da yapılan bir çalışmaya göre; kirli alanlardan toplanan küçük kemirgen memeli türlerine ait örneklerin sert ve yumuşak dokularındaki ağır metal dağılım ve birikim seviyelerine ait sonuçların, Cd ve Zn ağır metallerinin birikimi açısından aynı bölgede yaşayan insanlardaki sonuçlar ile benzer çıkabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. (O’Brien vd. 1993; Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003). *Microtus arvalis* ile yapılan bir başka çalışmada kıl örneklerinde Fe ve Zn birikim seviyelerinin diğer dokulara oranla daha yüksek çıktığı gözlenmiştir (Paukert ve Obrusnik 1986). Avrupa’da yapılan başka bir çalışmada ise farklı küçük memeli türlerinde yapılan ağır metal analizinde karaciğer, böbrek ve kas dokusu kullanılmıştır. Bu türler şunlardır; *Microtus agretis*, *Microtus arvalis*, *Microtus minutus*, *Apodemus sylvaticus*, *Crocidura russula*, *Clethrionomys glareolus* (Wijnhoven vd. 2008). Küçük kemirgen bir memeli türü olan *Ctenomys talarum* ile Arjantin’de yapılan bir çalışmada, Pb, Zn, Fe ve Cu ağır metal birikimleri doğal kumul alanlar, askeri alanlar ve tarımsal faaliyetler yapılan alanlarda doğal yaşayan örneklerin karaciğer organında ve kas dokularında araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre, sadece tarımsal faaliyetlerin yapıldığı alanlardan toplanan örneklerin dokularında Pb birikim seviyesinin toksik düzeylere ulaştığı belirtilmiştir (Schleich vd. 2010). Amerika Birleşik Devletleri Oklahama’da yapılan bir mılışmasında; Ulusal Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından öncelikli koruma alanları listesinde bulunan ve 1890 ile 1970 yılları arasında ağırlıklı olarak çinko ve kurşun madencilik faaliyetleri yapılan Ottawa bölgesinden yakalanan *Peromyscus leucopus* örneklerinin böbrek organında Cd ve Pb seviyeleri tespit edilmiştir ve kontrol alanlarına oranla her iki ağır metalin de oranlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir (Elturki 2015). Yapılan başka bir çalışmada; Bulgaristan’da tarımsal faaliyetlerin yapıldığı bir alandan toplanan ve küçük kemirgen türlerden biri olan Orman Yediuyurlarının (*Dryomys nitedula*), karaciğer dokularındaki ağır metal birikimi incelenerek sonuçta bu örneklerin karaciğer dokularında Cd ve Pb ağır metallerinin oldukça yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir (Markov vd. 2016). Ayrıca yapılan bir başka çalışmada ise, kurşun-çinko döküm fabrikası yakınlarından toplanan küçük kemirgen türlerin (*Apodemus flavicollis*, *Mus macedonicus* ve *Microtus arvalis*) karaciğer dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; Cd ve Pb değerlerinin kurşun-çinko döküm fabrikasına yakın alanlardan toplanan örneklerin karaciğerlerinde yüksek olduğu saptanmıştır (Dimitrov vd. 2016). Bulgaristan ve Slovakya’da *Chionomys nivalis* örnekleri ile yapılan başka bir çalışmada; Vitosha-Rila Dağları (Bulgaristan) ve Tatra Dağları (Slovakya) bölgelerinden toplanan örneklerin kemik dokularındaki Pb konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Sonuçta Tatra Dağları bölgesinden toplanan örneklerin kemik dokularındaki Pb birikimi Vitosha - Rila Dağları Bölgesi’den toplanan örneklerine oranla yaklaşık olarak 3 kat daha yüksek çıkmıştır (Janiga vd. 2016). Ağır metal kirliliğinin bir biyoindikatörü olarak kullanılan ve tarla faresi olarak da bilinen *M. guentheri*’nin tahıl tarlalarında geniş yayılımı olan ve tahıllara zarar veren bir kemirgen türü olduğu belirtilmektedir (Yavuz vd. 2010). Burdur’da madencilik faaliyetleri nedeniyle kirlenen alanlardan toplanan *M. guentheri*’nin kas dokusunda B, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, ²⁰⁶Pb ve ²⁰⁸Pb ağır metal birikim seviyeleri tespit edilmiştir ve sonuçta B, Al, Co, Ni, Cd, Hg ve ²⁰⁶Pb ve ²⁰⁸Pb metallerinin konsantrasyonları kontrol bölgesine oranla çok daha yüksek çıkmıştır (Yavuz ve Aktaş

2018). Aynı şekilde, ön çalışma niteliği taşıyan bazı çalışmalarda *M. guentheri* bireylerinin kas ve böbrek dokularında çeşitli ağır metallerin birikim seviyeleri araştırılmıştır (Turna Demir ve Yavuz 2017a,b). Literatürdeki çalışmalardan da anlaşılacağı üzere; ağır metal kirliliğine maruz kalan çevrelerde doğal olarak yaşayan küçük kemirgen memeli türlerinin çeşitli ağır metallerin birikimi açısından hassas ve kritik olan organlar arasında karaciğer, böbrek organları ve kemik, kas ve deri-keratin dokuları sayılabilmektedir.





3. MATERYAL VE METOT

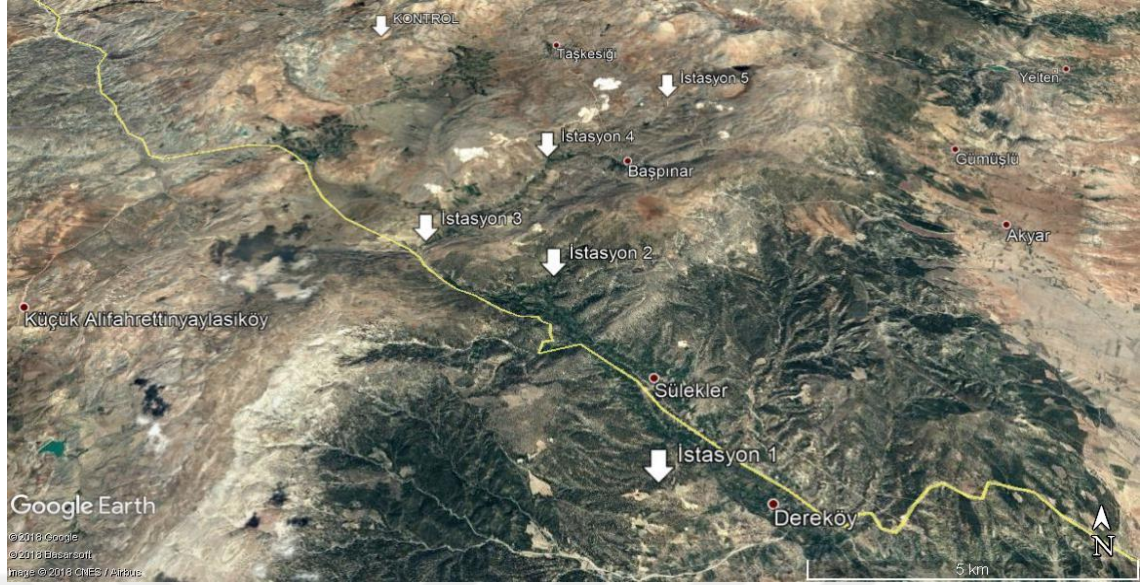
3.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri

Bu doktora tez çalışması için seçilen istasyonlar, Türkiye’de Antalya iline bağlı Korkuteli ilçe sınırları içerisinde bulunan istasyonlardır. Bu çalışma kapsamında saptanan istasyonlardan 5’i ağırlıklı olarak taş ve mermer ocaklarına yakın istasyonlar olma özelliği taşıırken, seçilen bir diğer istasyon ise ağır metal kirliliği bakımından temiz olan ve taş ile mermer ocakları faaliyetlerinin yapıldığı alanlara uzak olan bir lokalite olma özelliği taşımaktadır. Bu çalışmanın yürütüldüğü istasyona yakın olan ve halen faaliyet gösteren taş ve mermer ocaklarının isimleri aşağıda verilmiştir:

- ✓ Trio Kum Ocağı - Trio Çelik Müteahhitlik Yapı İnşaat Petrol Madencilik Taşımacılık San. Ve Tic. A.Ş. - Kum Ocağı Adres: Bayatbademleri Köyü Gedik, Korkuteli, Antalya Taş Ocakları
- ✓ Dülger Mermer - Taş Ocakları Römork İnşaat Nakliyat San. Tic. Ltd. Şti Fabrika - İmalat, Mermer ve Granit, Adres: Mehmet Akif Ersoy Blv. No:157 Uzunoluk Mah. Korkuteli, Antalya
- ✓ Deva Mermer Ocağı - Deva Tekstil Gıda Madencilik San ve Tic. Ltd. Şti - Taş Ocakları, Adres: Mamatlar Köyü Korkuteli, Antalya
- ✓ Nuhtaş Madencilik Antalya/Korkuteli - Bej Mermer Ocağı, Adres: Kızılcadağ Mevkii, Korkuteli, Antalya

3.2. Mevsimsel Olarak *Microtus guentheri* Örneklerinin Yakalanması

Sahada daha önceden belirlenen istasyonlarda uzun süreli arazi çalışmaları 2017 yılı ilkbahar, yaz, güz ve 2018 yılı kış mevsimlerinde gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, uzun süreli arazi çalışmalarına ait bilgiler aşağıda verilmiştir. Tespit edilen lokalitelerin (5 kirlili istasyon ve 1 temiz istasyon=Kontrol) harita üzerindeki yerleri Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1. Antalya İli Korkuteli İlçesi sınırları içerisinde kirliliği saptanan istasyonlar ve kontrol istasyonlarının uydu görüntüsü üzerindeki yerleri (Kirlilik potansiyeli bulunan istasyonlar: istasyon 1-5, temiz olduğu düşünülen istasyon: KONTROL olarak işaretlenmiştir)

Uzun süreli yapılan bu arazi çalışmalarında yukarıda belirtilen alanlarda detaylı olarak incelemeler yapılmıştır. Yapılan detaylı saha keşif araştırması ile *Microtus guentheri* bireylerini yakalamak için kapan kurulması gereken olası yaşam alanları tespit edilmiştir. Uzun süreli arazi çalışmalarının yapılması için gerçekleştirilen saha keşif çalışmalarına ait görüntüler Şekil 3.2.a ve b’de verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.2.a) Arazi alanına ait genel görüntü **b)** Saha keşif çalışmasında yuva alanlarına ait genel görüntü. Uzun süreli arazi çalışmasında saha keşif çalışmasına ait görüntüler

Yapılan keşif araştırmasında aktif yaşam alanları tespit edilirken *Microtus guentheri* bireylerine ait taze dışkıları da saptanmıştır. *M. guentheri* bireylerine aktif

yaşam alanlarının genel görüntüsü Şekil 3.3.a'da ve bu bireylere ait yuvaların aktif olarak kullanıldığını anlamamızı sağlayan dışkı ve yuva girişine ait görüntüler Şekil 3.3.b'de verilmiştir.



(a)

Şekil 3.3.a) *Microtus guentheri* bireylerine ait aktif yaşam alanları (yaşam alanları kırmızı kutu ile gösterilmiştir)



(b)

Şekil 3.3.b) *Microtus guentheri* bireylerine ait aktif bir yaşam alanı ve bu bireylere ait taze dışkı örnekleri (aktif yaşam alanı kırmızı ok ile gösterilirken, taze dışkı örnekleri kırmızı çember ile gösterilmiştir). *Microtus guentheri* bireylerine ait aktif bir yaşam alanı ve bu bireylere ait taze dışkı örneklerine ait görüntüler

Bu çalışma kapsamında belirlenen 5 kirli ve 1 temiz istasyonda yapılan keşif araştırmasından elde edilen bilgiler ışığında, aktif yaşam alanları olduğu düşünülen sahalarda 2017 yılı ilkbahar mevsiminde canlı yakalama tuzakları (Sherman tipi) kurulmuştur. Yapılan uzun süreli arazi çalışmalarında ilkbahar mevsimi kapsamında her gün 20 plastik-26 metal toplam 46 kapan kurulmuş, çalışmaların sürdürüldüğü 2 gün boyunca toplam 92 kez Sherman tipi kapan uygulaması yapılmıştır. Diğer mevsimler için (2017 yılı yaz, güz ve 2018 yılı kış) yapılan uzun süreli arazi çalışmalarında hem yaz ve güz hem de kış mevsimlerinde her gün 20 plastik-25 metal toplam 45 kapan kurulmuş, çalışmaların sürdürüldüğü 2 gün boyunca toplam 90 kez Sherman tipi kapan uygulaması yapılmıştır. Saha incelemesine göre, bu Doktora tez projesi için çalışılması planlanan istasyonlarda (5 kirli ve 1 temiz istasyon) kuraklık vb. olumsuz bir durum olmadığı saptanmıştır.



Şekil 3.4. Saha araştırmalarında aktif olarak işletilen mermer ocağı ve taş ocağına ait görüntü (Kırmızı ile işaretlenen sağ taraftaki görüntü aktif mermer ocağının, sol taraftaki ise aktif taş ocağının görüntüsüdür

Daha önceden bilindiği üzere; seçilen 1-5 numaralı istasyonlarda ve yakın çevresinde aktif olarak işletilen çok sayıda mermer ve taş ocağı bulunmaktadır. Yapılan saha keşif çalışmasında, aktif olarak işletilen mermer ocağı ve taş ocağına ait görüntü Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Detaylı saha incelenmelerinin ardından, kapanların kurularak bireylerin yakalanması amacıyla Yavuz ve arkadaşları (2010) tarafından belirtildiği şekilde taze bir biçimde hazırlanan besin (ekmek ve tuzsuz fıstık karışımı) *Microtus guentheri* yuva alanlarına açıldığı düşünülen tünel girişlerine, Sherman tipi kapanların içerisine konulmak suretiyle yerleştirilmiş, böylece canlı örnek yakalama tuzakları kurulmuştur. Bu besinlerin hazırlanışı ve Sherman tipi kapanların kuruluşuna ait görüntüler ve 3.5.a ve b'de gösterilmiştir. Sabahın erken saatlerinde kurulan kapanlar, akşamüzeri kontrol edilerek canlı yakalanan *M. guentheri* örnekleri toplanmıştır. Yakalanan örneklerden birine ait görüntü Şekil 3.6.'da gösterilmiştir.



(a)

Şekil 3.5.a) Yuva alanları olduğu düşünülen sahalarda taze hazırlanan yemlerin Sherman tipi kapanların içerisine konulması ve canlı yakalama tuzaklarının hazırlanmasına ait görüntüler



(b)

Şekil 3.5.b) Aktif yaşam alanları olduğu düşünülen sahalarda taze hazırlanan yemlerin Sherman tipi kapanların içerisine konularak canlı yakalama tuzaklarının hazırlanmasına ait görüntü. Aktif yaşam alanları olduğu düşünülen sahalarda Sherman tipi kapanların hazırlanması ve kurulmasına ait görüntüler



Şekil 3.6. Sherman tipi canlı yakalama tuzakları ile yakalanan bir *Microtus guentheri* bireyine ait görüntü

3.3. *Microtus guentheri* Örneklerinin Periferik Lenfositlerindeki Genetik Hasarın Comet testi ile Saptanması

Arazide canlı yakalanan *M. guentheri* örnekleri içerisinde haloten bulunan fanus içerisinde bayıltıldıktan sonra dorsal olarak bir tabla üzerine yatırılarak üyeleri flaster yardımıyla sabitlenmiştir, bu sırada bireyin baş kısmını içerisine alacak ve bu kısma hava pompalayacak bir düzenek yardımıyla baygın bireyin ölmesi engellenmiştir, hızlıca kardiyak kan alma yöntemi ile ince uçlu 1 mL hacimli insülin iğnesi yardımıyla kan alınmıştır ve alınan kan antikoagulant içeren tüplere alındıktan sonra hızlıca %1 DMSO içeren plastik tüplere aktarılmıştır ve ardından -80°C’de saklanmıştır. Bu şekilde uzun süre muhafaza edilebilen örnekler comet testi ile genetik hasar analizi yapılmadan önce 37°C su banyosunda ısıtılmıştır ve Comet prosedürü uygulanmıştır (Festa vd. 2003; Villavicencio 2006; Mitkovska vd. 2012; Akor-Dewu vd. 2014). Bahsi geçen bu muhafaza yönteminin kan hücrelerinde herhangi bir hasara neden olmadığı literatürde yapılan çalışmalar ile belirtilmiştir (Festa vd. 2003; Akor-Dewu vd. 2014; Villavicencio 2006). Ayrıca her bir örnekte aynı olacak şekilde comet testi yapılmadan önceki bekleme süreleri standardize edilmiştir. Yine kan örnekleri alınan *Microtus guentheri* örnekleri servikal dislokasyon ile Deney Hayvanları ile Çalışma ve Etik Kurallarına uygun biçimde öldürülmüştür ve ağır metal analizi yapılacak dokular olan karaciğer, böbrek, kas, kemik ve deri-keratin doku parafilmle sarılıp etiketlenerek -80°C’de ağır metal analizi yapılmaya kadar saklanmıştır. Yapılan tüm çalışmalar kör olarak gerçekleştirilmiştir. Her bir mevsime ait bireyler toplandıktan ve yukarıdaki işlemler gerçekleştirildikten sonra istasyon bakımından kör biçimde kodlandırılan örnekler doktora öğrencisi tarafından hem ağır metal analizleri için hem de comet testi için kodlar bilinmeden çalışılmıştır.

Yukarıdaki basamakların ardından Comet test yöntemi’nin *Microtus guentheri* bireylerinin lenfositlerindeki genetik hasarın tespit edilmesi için gerekli çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Öncelikli olarak elde edilen kan örneklerinden Biocoll yardımı ile lenfosit izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu izolasyon için literatürdeki yakın akraba türler ile yapılan deneyler küçük modifikasyonlar ile *Microtus guentheri* için uygun hale getirilmiştir (Shukla vd. 2009). Bunun için aşağıdaki basamaklar uygulanmıştır;

- ✓ 2 ml’lik endorff tüpün içerisine 1 mL Dulbecco’s Fosfat Tamponlu Salin koyuldu ve ardından yavaşça 20 µl kan eklendi. Ardından 100 µl Biocoll eklenerek buz içerisine alındı.
- ✓ Ardından yukarıda hazırlanan endorff tüpleri 1900 RPM’de 5 dakika santrifüj edildi.
- ✓ Santrifüjün ardından yavaşça karıştırılmadan dışarı çıkarılan endorfflar dikey biçimde buz içerisine alındı. Ardından en dipte koyu kırmızı bir tabaka, bu tabakanın üzerinde lenfositlerin bulunduğu açık kırmızı - pembe bir tabaka gözlemlendi. Lenfositlerin bulunduğu bu tabakada bulunan lenfositler mikropipet yardımıyla temiz endorfflara aktarıldı ve buz içerisine alındı.

Lenfosit izolasyon basamağı yukarıdaki şekilde tamamlandıktan sonra canlılık testi aşağıdaki basamaklar ile gerçekleştirildi;

- ✓ Kandan izole edilen lenfosit örnekleri 1:1 oranında (10 µl lenfosit / 10 µl %0.4'lük tripan mavisi çözeltisi) 1.5 mL'lik bir endorfun içerisinde karıştırılmıştır. Canlılık testi gerçekleştirilmesi amacıyla bu karışımdan yeterli miktarda alınıp mikropipet yardımıyla Thoma lamına aktarılmıştır. Işık mikroskobu altında canlı ve ölü hücreler sayılmıştır. Literatüre göre hücre canlılığı hesaplanmıştır (Freshney 2000; Ghosh vd. 2012). Hücre canlılığı hesaplanırken aşağıdaki formülden yararlanılmıştır. Canlılık hesaplaması tüm istasyonlara ait bireylerin lenfositlerinde yapılarak canlılık oranlarının %70'in üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

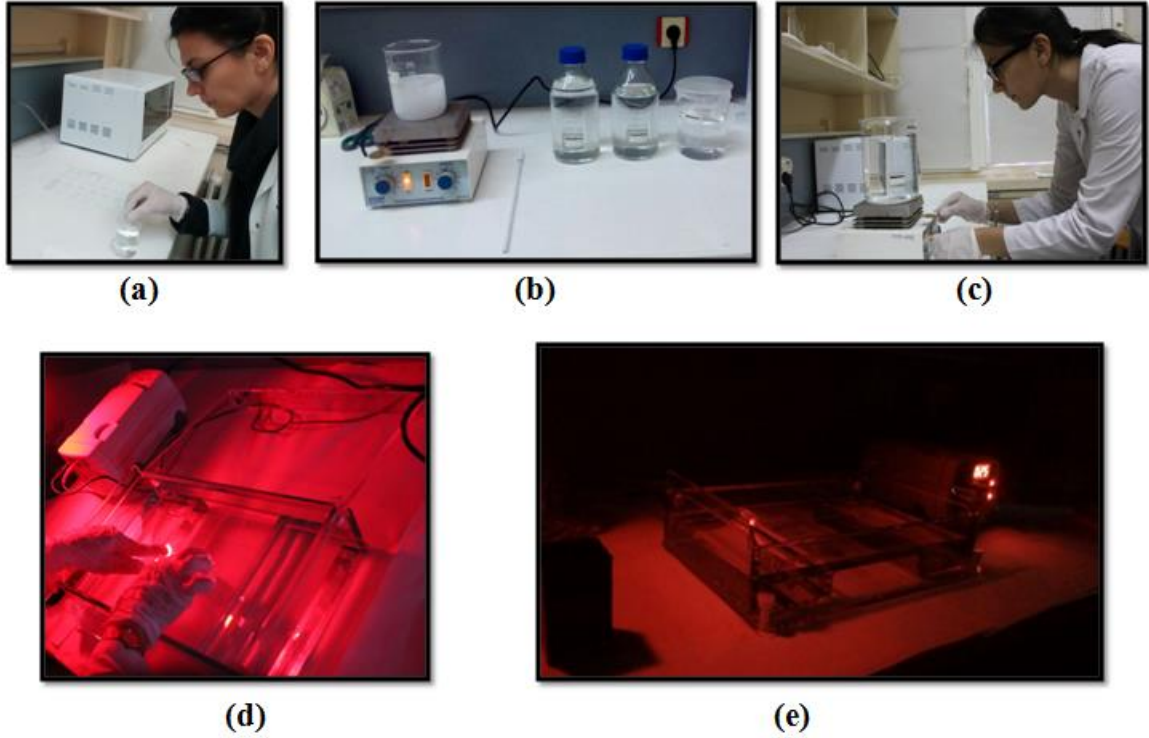
$$\text{Canlı hücre oranı (\%)} = (\text{Boya almamış hücrelerin sayısı} / \text{Toplam hücre sayısı}) \times 100$$

Hücre canlılığı comet testi yapılabilmesi için uygun olduğu saptanan tüm istasyonlara ait bireylerin lenfositlerindeki genetik hasarın tespit edilmesi amacıyla aşağıdaki işlemler sırayla gerçekleştirilmiştir;

- ✓ Comet testi Singh ve arkadaşları (1988) ve Tice ve arkadaşları (1990)'ın kullandığı basamaklar izlenerek bazı *Microtus* grubuna özgü optimizasyonlar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Biocoll lenfosit ayırıcı çözelti yardımı ile yukarıda anlatıldığı biçimde izole edilen hücrelerden 100 µl alınmıştır ve % 0.7 'lik PBS ile hazırlanmış 80 µl düşük erime sıcaklığına sahip agaroz (LMA) ile hızlıca pipetaj yapılarak daha önceden normal erime ısısına sahip agaroz (NMA) ile kaplanmış preparatların üzerine konulmuştur ve bu preparatlar lamel boyutundaki lamalar (24x60 mm boyutlarında) ile kapatılarak buz üzerinde 10 dakika bekletilmiştir bu basamağa ait görüntüler Şekil 3.7.c'de gösterilmiştir. Süre sonunda lamel kaldırılarak üçüncü katman olan LMA (80 µl) eklenmiştir ve tekrar buz üzerinde lam ile kapatılarak tekrar 10 dakika bekletilmiştir. Bunun ardından süre bitiminde lamalar kaldırılarak preparatlar ışık almayan şalelere yerleştirilmiştir ve şale içerisine preparatları kaplayacak biçimde lising solüsyonu (2.5 M NaCl, 100 mM Na₂EDTA, 10 mM Tris, 1% Triton X-100 pH = 10) eklenmiştir ve 1 saat boyunca +4 °C'de bekletilmiştir. Ardından preparatlar denaturasyon işlemi için elektroforez tankında bulunan solüsyon (1 mM Na₂EDTA ve 300 mM NaOH, pH = 13) içerisine konulmuştur ve burada 20 dakika bekletilmiştir. Ayrıca %1'lik Normal Erime sıcaklığına sahip agaroz (NMA) (distile suda çözünmüştür) ile kaplanan lamalar kuruması için bırakılmıştır, bu lamalara ait görüntüler Şekil 3.7.a'da gösterilmiştir ve bahsi geçen bu preparatlar deneye başlanmadan bir gün önce hazırlanarak toz almayacak biçimde kapaklı preparat kutularında yatay olarak saklanmıştır. Optimizasyonlar yapılırken *Microtus* grubuna yakın türler ile yapılan çalışmalar referans alınmıştır (Festa vd. 2003; Mateos vd. 2008; Shukla vd. 2009; Mughal vd. 2010).

- ✓ Preparatlar elektroforezde (elektroforez çözeltisi 1 mM Na₂-EDTA ve 300 mM NaOH içermektedir ve pH'ı 12.8'dir) 1 V/cm (300 mA)'de 20 dakika yürütülmüştür. Bu basamağa ait görüntü Şekil 3.7.d'de gösterilmiştir.
- ✓ Elektroforezin ardından elektroforez tankından alınan lamlar hücrelerdeki alkali ortamı ve deterjanı uzaklaştırmak amacıyla 3 kez nötralizasyon tamponu ile yıkanmıştır (Nötralizasyon çözeltisi 0.4 M Tris-HCl'dir ve pH'ı 7.5 'tür). Daha sonra lamlar %70'lik etil alkolde 10 dakika bekletilerek fikse edilmiştir ve kurumaya bırakılmıştır (Festa vd. 2003).
- ✓ Etil alkolde fikse edilip kurutulan lamlar preparat kutularına kaldırılarak ışık almayan ortamda boyama ve sayım yapılana kadar bekletilmiştir.

Yapılan bu çalışmaya ait bazı basamaklar Şekil 3.7. a,b,c,d'e gösterilmiştir.

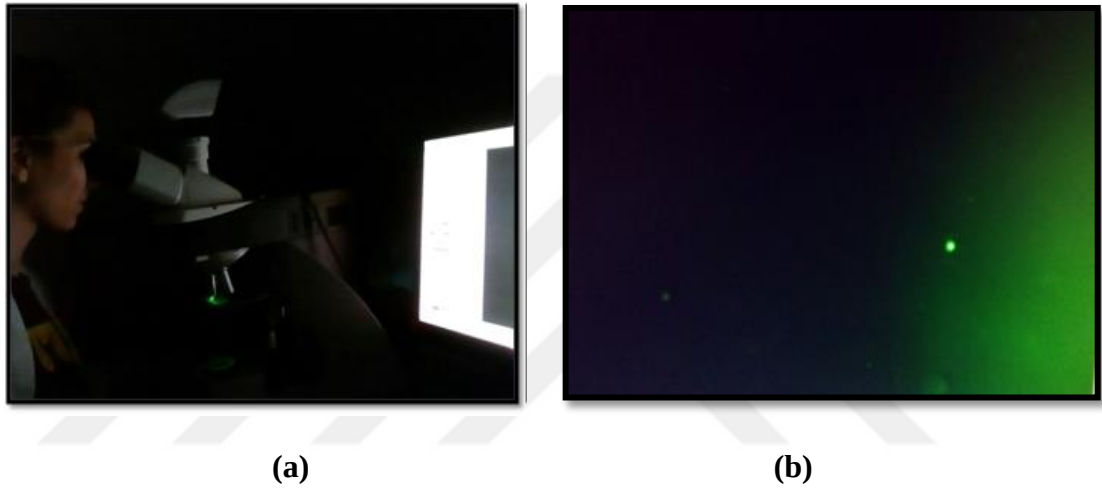


Şekil 3.7.a) Yüzde 1'lik Normal Erime sıcaklığına sahip agaroz (NMA) ile lamların kaplanmasına ait görüntü; **b-c)** Comet testi için hazırlanan solüsyonlara ait görüntü; **d)** Lamların elektroforez tankına yerleştirilmesine ait görüntü; **e)** Elektroforez basmağına ait görüntü. Comet testinde izlenen basamaklara ait görüntüler

Sayım yapılması amacıyla hazırlanan comet lamları fiksasyondan sonra boyama aşamasında etidyum bromür (EtBr) ile (20 µg/ml konsantrasyonundan 75 µl alınarak) boyanmıştır (Tovar-Sánchez vd. 2012). Boyamanın ardından floresans mikroskop (LEICA DM 400 B) altında, 520 nm dalga boyunda fotoğrafları (LEICA DFC345 FX ataçman ile) alınarak Comet Hasar değerlendirme programlarından biri olan ve

literatürde yaygın bir biçimde kullanılan (Könca vd. 2003; Dikilitas ve Kocyigit 2012; Ghosh vd. 2017; Meng vd. 2017) CaspLab (CaspLab-Comet Assay Software Project Lab) ile değerlendirilmiştir. Floresans mikroskop ile yapılan görüntüleme Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalında gerçekleştirilmiştir. Görüntüleme basamağına ait resimler Şekil 3.8.a,b’de gösterilmiştir.

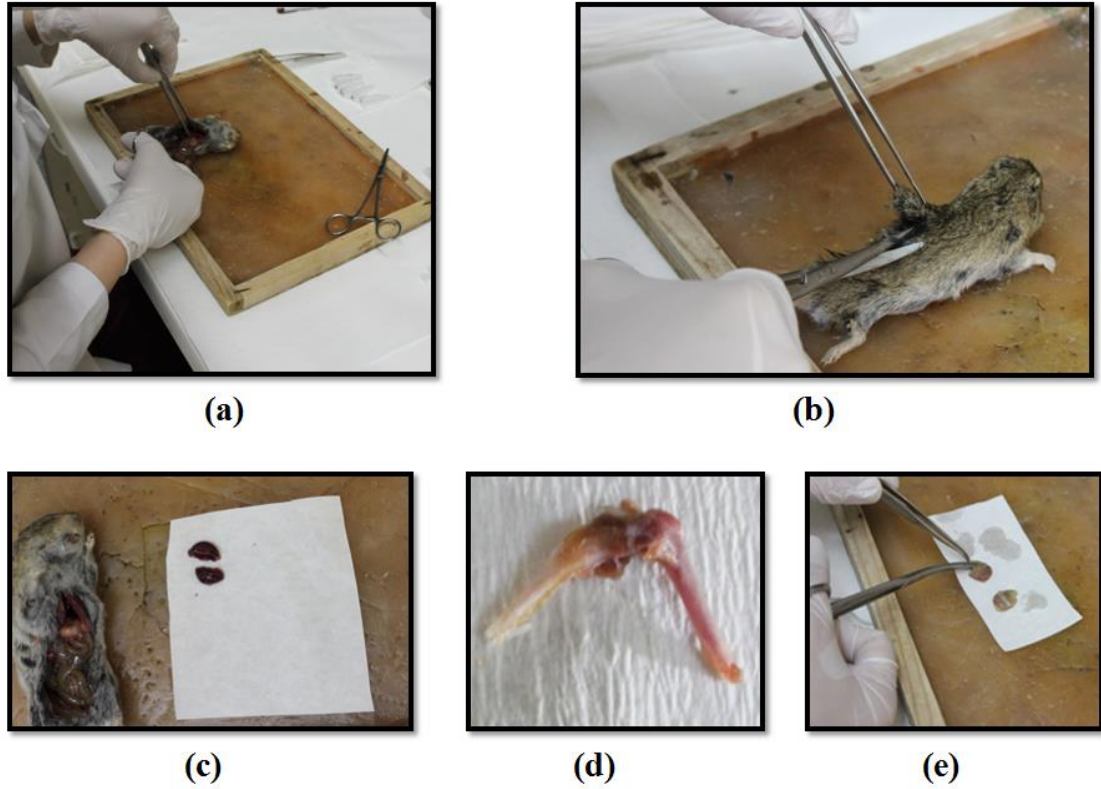
Bu Doktora çalışması için seçilen her bir lokalizasyondan elde edilen bireylere ait örneklerden 2’şer preparat hazırlanmıştır ve her bir preparattan 50’şer olmak üzere 100 lenfosit değerlendirilmiştir. Genetik hasar değerlendirme parametresi olarak Comet testinde izole edilmiş *M. guentheri* lenfositlerindeki % DNA Tail (Tail Intensity, Kuyruk Yoğunluğu), Tail Moment (Kuyruk Momenti) parametreleri kullanılmıştır. Bu parametreler genetik hasarın değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılan parametrelerdir (Festa vd. 2003; Mateos vd. 2008).



Şekil 3.8.a) Floresans mikroskobu altında genetik hasar analizi için görüntüleme **b)** EtBr boyama yöntemi ile boyanan lenfositlere ait floresans mikroskobundaki görüntü (40X). Floresans mikroskobu altında EtBr boyama yöntemi ile boyanan lenfositlere ait görüntüler

3.4. Mevsimlere ait *Microtus guentheri* Örneklerinde Ağır Metal Analizi

Bu doktora tezi kapsamında her bir örneğin karaciğer, böbrek, kas, kemik ve deri-keratin dokularından Civa (Hg), Bor (B), Aliminyum (Al), Krom (Cr), Mangan (Mn), Demir (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Arsenik (As), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb) ağır metallerinin analizleri ppb düzeyinde gerçekleştirilmiş olup elde edilen bulgular ppm düzeyinde verilmiştir. Ağır metal analizleri için ilkbahar, yaz, güz ve kış mevsimlerine ait örnekleri seçilen organların disseksiyon işlemlerine ait bazı basamaklar Şekil 3.9.a,b,c,d ve e’de gösterilmiştir. Disseksiyon sonucu ağır metal birikimleri tespit edilecek olan dokular/organlar tartılmıştır ve polistren tüpler içerisinde ağır metal analizleri yapılmaya kadar dondurucuya (-80°C) kaldırılmıştır.



Şekil 3.9.a) *Microtus guentheri* bireylerinin organlarının ayrılması için yapılan disseksiyona ait genel görüntü; **b)** Deri-keratin dokuya ait örneklerin sırt kısmından alınmasına ait görüntü; **c)** Böbreklere ait görüntü; **d)** Kas ve kemik dokunun birbirinden ayrılmasına ait görüntü; **e)** Kemik dokuya ait görüntü. *Microtus guentheri* bireylerinin doku ve organlarının ayrılması için yapılan disseksiyona ait genel görüntüler

3.4.1. Ağır Metal Analiz Metodu

3.4.1.1. *M. guentheri* örneklerinin ağır metal analizi için hazırlanması

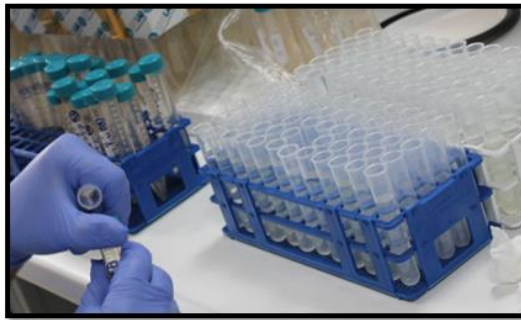
Yakalanan örnekler servikal dislokasyon ile öldürülmüş, daha sonra hızlı bir şekilde böbrek, karaciğer, deri-keratin dokuları ile kemik dokuları kas dokularından uzaklaştırılarak ayrılmış ve tartılmıştır. Bu işlemlerin ardından örnekler analizleri yapılncaya kadar polistren tüplerde -80°C 'de dondurularak muhafaza edilmiştir. Numuneler, Berghof speedwave MWS-2 mikrodalga parçalama sistemi kullanılarak çözünürleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Her bir örnekten yaklaşık 0.5 gram alınarak teflon parçalama kabına konulmuş ve üzerine 8 mL nitrik asit (HNO_3), 2 ml hidroklorik asit (HCl) eklenmiştir. Ardından her bir örnekten elde edilen tüm dokulara ait numuneler optimize edilmiş mikrodalga metodu (1. basamakta % 60 güç 160°C de 10 dakika, 2. basamakta % 80 güç 180°C de 10 dakika ve 3. basamakta % 95 güç 190°C de 10 dakika şeklinde 3 basamaklı mikrodalga parçalama metodu) ile çözünürleştirilmiştir. Çözünürleştirme işleminden sonra numuneler bekletilerek oda

sıcaklığına ulaşması sağlanmıştır ve ultra saf su ile seyreltilmiştir. Numunelerin içerisindeki ağır metaller Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS) cihazı [Elan DRC-e (Perkin Elmer SCIEX, Norwalk, CT, ABD)] ile analiz edilmiştir. Örneklerin tüm dokularına ait ağır metal konsantrasyonları kuru ağırlık için ppm düzeyinde verilmiştir. Mikrodalga parçalama ile ilgili detaylı bilgiler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Mikrodalga parçalama metodu ile ilgili detaylı bilgiler

Basamak	1	2	3
T (°C)	160	180	190
Power (%)	60	80	95
Time (min)	10	10	10

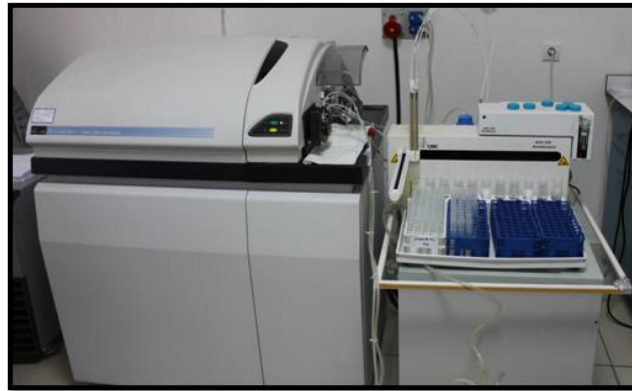
Ayrıca ICP-MS cihazı için örneklerin hazırlanmasına ait görüntüler Şekil 3.10 a,b,c’de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.10. a) ICP-MS cihazı için örneklerin hazırlanmasına ait görüntü; b) ICP-MS cihazı için hazırlanan örneklerin yerleştirilmesine ait görüntü; c) ICP-MS cihazına ait genel görüntü. Ağır metal analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla ICP-MS cihazı için örneklerin hazırlanmasına ait görüntüler

3.4.1.2. Metot validasyonu

Ağır metal analizlerinin gerçekleştirildiği metota ait, metot validasyonu için sertifikalı referans madde olarak NIST 1640A kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında ağır metal birikim seviyelerinin tespit edilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda, uygulanan yöntemin yapılan analizin amacına uygun olup olmadığı kapsamında elementel analizler için kullanılan yöntemle ait aşağıdaki parametreler hesaplanmıştır:

1. Doğrusal aralıklar,
2. Kalibrasyon denklemleri,
3. Kalibrasyon katsayıları,
4. Tespit sınırları,
5. Tayin sınırları,
6. Tekrarlanabilirlik değerleri
7. Geri kazanım değerleri

Yine bu çalışmadaki yöntemin ana bileşen analizleri için ise *M. guentheri* bireylerine ait doku ve/veya organ örnekleri ile gerçekleştirilen analizler sonucu saptanan sonuçların tekrarlanabilirlik değerleri hesaplanmıştır. Yöntem doğrulama çalışmalarında kullanılan hesaplama teknikleri ve parametreler şöyledir:

1. **Lineer (Doğrusal) Aralık:**
2. **Kalibrasyon Denklemi**
3. **Kalibrasyon Katsayısı**
4. **Tespit ve Tayin Sınırı**
5. **Tekrarlanabilirlik**
6. **Geri Kazanım**

1. Doğrusal aralık: Bu doktora tez çalışmasına ait ICP-MS çalışmaları için en az 6 farklı konsantrasyon noktasında ve üç tekrarlı olmak suretiyle analiz edilecek analitlerin standart çözeltileri, kullanılan cihazlara enjekte edilmiştir. Sonuçlar kullanılan cihazların yazılımları ile değerlendirilmiştir ve bu değerlendirmeler sonucunda kalibrasyon grafikleri meydana getirilmiştir.

2. Kalibrasyon Denklemi: Kalibrasyon denklemi, doğrusal aralık çalışmasından edinilen verilerin lineer regresyon analizi ile meydana getirilen denkleminidir

3. Kalibrasyon Katsayısı: Kalibrasyon denklemindeki R^2 değeri kalibrasyon katsayısı olarak ifade edilmektedir.

4. Tespit ve Tayin Sınırı: Kalibrasyon doğrusunda kullanılmış olan en düşük konsantrasyondaki analiz çözeltilisinin ve analitik parametreye ait sertifikalı referans standart madde standart örneğin ilgili analitik teknik kullanılarak en az 6 kez analizi gerçekleştirilmiştir. Ve böylece cihazın ürettiği sinyale karşılık gelen konsantrasyon değerine ait standart sapma değerinin 3 katı tespit sınırı (LOD) ve 10 katı ise ölçüm sınırı (LOQ) olarak belirtilmiştir.

5. Tekrarlanabilirlik: Tekrarlanabilirlik değeri, geri kazanım çalışmasından elde edilen sonuçların bağıl standart sapma değeri (%RSD) olarak ifade edilmektedir.

6. Geri Kazanım: Geri kazanım kapsamında analitleri içeren standart çözelti geri kazanım çalışma örneklerine eklenerek en az 6 paralel örnek hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler kullanılan cihaza üç kez verilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile geri kazanım değerleri saptanmıştır (Taverniers vd. 2004; Kılıç vd. 2015; Cengiz vd. 2017). Bu doktora tezi çalışmaları kapsamında ağır metal birikim seviyelerinin tespit edilmesi amacıyla kullanılan ICP-MS cihazına ait çalışma şartları detaylı bir şekilde Çizelge 3.2’de verilmiştir. Ayrıca çalışılan elementlere ait metot validasyonu sonuçları Çizelge 3.3.’de Geri Kazanım ve %RSD Değerleri ise Çizelge 3.4.’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. ICP-MS Çalışma Şartları

Cihaz	Elan DRC-e (Perkin Elmer SCIEX, Norwalk, CT, ABD)
Örnek girişi	Quartz CYCLONIC DRC Spray Chamber
RF Gücü	1100
Skimmer Cone	Nikel
Sampler Cone	Nikel
Nebulizer	Micromist Nebulizer 0.5 mL/dak
Gaz akış oranı (L/dak)	Nebulizer gaz akış: 0.93 Auxillary gaz akış: 1.20 Plazma gaz akış: 19
Tarama modu	Peak hopping
Analitik kütleler (amu)	Standart mod
Tekrar sayısı	3
Oto örnekleyici	CETAX ASX-520
Analitik kütle Dwell time	50

Çizelge 3.3. Çalışılan Elementlerin Metot Validasyon Sonuçları

Elementler	R ²	Kalibrasyon denklemi	Lineer aralık (µg.L ⁻¹)	LOD (µg.L ⁻¹)	LOQ (µg.L ⁻¹)
Cu	0.9988	y= 2444.2x – 631.23	2-100	2.29	7.65
Cr	0.9978	y = 3894.5x - 5738	2-100	0.58	1.94
Fe	0.9946	y=155.27x- 506.62	2-200	5.40	17.98
Mn	0.9996	y = 5130.2x – 194.12	2-100	2.39	7.96
Al	0.9992	y = 2512.3x + 99278	2-200	4.50	15.02
Co	0.9996	y = 4473.2x + 185.23	2-100	0.76	2.54
Ni	0.9994	y = 1096.7x – 1376.3	2-100	2.21	7.36
As	0.9995	y = 585.76x – 32.089	2-100	2.06	3.51
Pb	0.9991	y = 9078.3x - 4555	2-100	2.29	7.65
Cd	0.9954	y = 746.06x – 8.5055	2-100	0.32	1.06
Zn	0.9990	y= 398.72x – 346.63	2-100	3.54	11.82

Çizelge 3.4. Çalışılan Elementlerin Geri Kazanım ve %RSD Değerleri

Elementler	Geri Kazanım (SPS-SW2)	%RSD
Cu	97.42±0.76	0.78
Cr	94.57±0.19	1.99
Fe	98.36±1.80	1.85
Mn	101.73±0.80	1.54
Al	101.42±1.50	0.59
Co	112.33±0.25	2.30
Ni	97.95±0.74	1.48
As	96.25±0.69	1.42
Pb	92.20±0.76	3.20
Cd	99.88±0.11	4.48
Zn	98.40±1.18	1.21

3.5. İstatistiksel Analizler

Çalışma kapsamında değerlendirilen tüm örnekler yetişkin bireylerden oluşmakta olup (bu bireylere ait morfolojik ölçümlere ait ortalamalar Çizelge 4.1-4.3’de verilmiştir), sağlıklı bireyler seçilmiştir (yaralı, ölü bulunan veya organ noksanı mevcut olan bireyler değerlendirmeye alınmamıştır). Ayrıca daha önce yapılan çalışmalarda (Yavuz ve Aktaş 2018) ve tarafımızdan gerçekleştirilen ön çalışmalar ağır metal birikimleri bakımından cinsiyetler arasında bir farklılık bulunmadığı saptandığından, değerlendirmelerde cinsiyet farkları dikkate alınmamıştır.

Hem comet testi için, hem de ağır metal birikim seviyeleri için karşılaştırılan gruplar arasında (1 Temiz olduğu düşünülen Kontrol ve 5 kirli olduğu düşünülen istasyon) fark olup olmadığı istatistiksel analizler ile değerlendirilmiştir. Bu analizler yapılmadan önce verilerin normal dağılım gösterip göstermedikleri Shapiro Wilk testi değerlendirilmiş olup normal dağılım gösterdikleri saptanmıştır. Genetik hasar değerlendirme parametresi olarak Comet testinde izole edilmiş *M. guentheri* lenfositlerindeki % DNA Tail (Tail Intensity, Kuyruk Yoğunluğu), Tail Moment (Kuyruk Momenti) parametreleri kullanılmıştır. Bu parametreler genetik hasarın

değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılan parametrelerdir (Festa vd. 2003; Mateos vd. 2008). Uygulamalar sonucunda; elde edilen veriler SPSS paket programında (versiyon 21.0) One Way ANOVA testi ile değerlendirilmiştir ($\alpha=0.05$). Her değerlendirme için geçerli olan df (degrees of freedom, serbestiyet derecesi) ve p (possibility, test güven olasılığı) ayrıca verilmiştir.

Her bir doku ve organda birikim gösteren her bir ağır metal (Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg) için ayrı ayrı olacak biçimde istasyonlar arasında ilgili mevsimde ağır metal birikimi açısından anlamlı bir fark olup olmadığı değerlendirilmiş olup sonuçlar ANOVA testi ile değerlendirilmiş olup, aralarında fark saptanan grupların çoklu karşılaştırma analizleri (MCT) gerçekleştirilmiş olup Tukey ve Duncan sonuçları verilmiştir. Bu değerlendirmeler yapılırken her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen istasyonlar arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan istasyonlar farklı harfler ile gösterilmiştir. Bu çalışmada “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir.

Doku ve organlardaki ağır metal birikim seviyeleri (Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg) birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler (her bir ağır metal için ayrı ayrı olacak biçimde) birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları ANOVA testi ile değerlendirilmiş olup aralarında fark saptanan grupların çoklu karşılaştırma analizleri (MCT) gerçekleştirilmiştir. MCT analizleri için Tukey ve Duncan sonuçları verilmiştir.

Ayrıca bu çalışma kapsamında, ilkbahar yaz ve güz mevsimlerinde belirlenen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* örneklerinde meydana gelen ağır metal birikimleri (Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg) ayrı ayrı mevsimsel ve doku-organsal olarak Canonical Diskriminant Analiz ile değerlendirilmiştir.

Ağır metal birikimleri bakımından elementler arasında korelasyonlar her mevsim için ayrı ayrı ele alınmış olup, elementler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde Pearson korelasyon testi uygulanmıştır.



4. BULGULAR

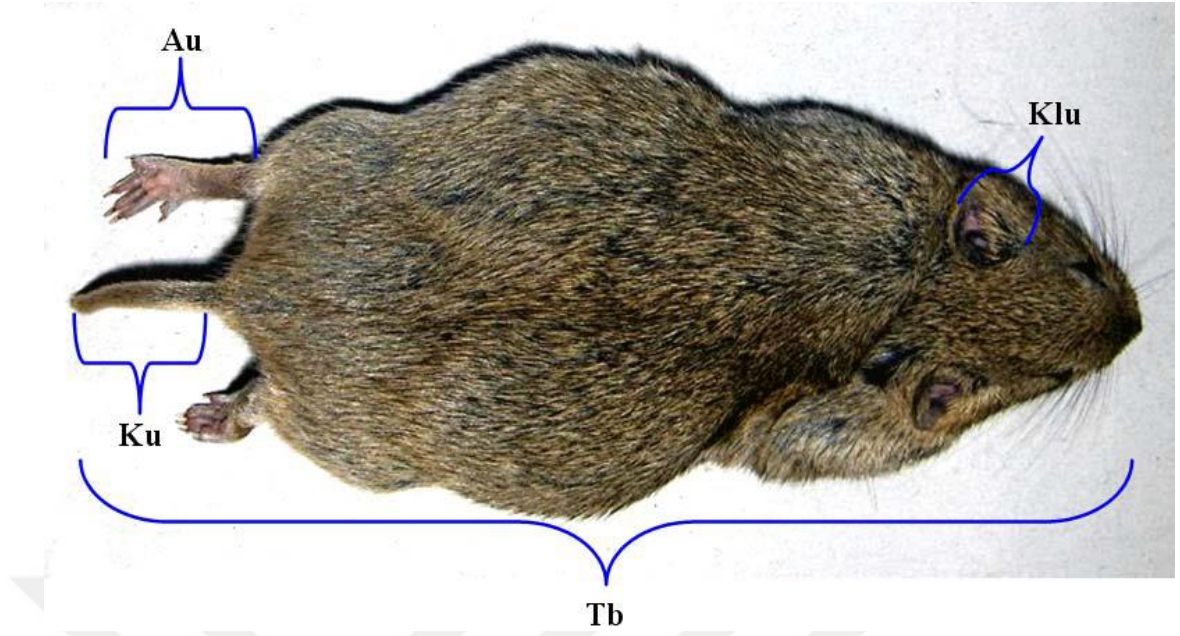
Bu doktora tez çalışması için seçilen istasyonlar, Türkiye’de Antalya iline bağlı Korkuteli ilçe sınırları içerisinde bulunan istasyonlardır. Doktora tezi kapsamında saptanan istasyonlardan 5’i ağırlıklı olarak taş ve mermer ocaklarına yakın istasyonlar olma özelliği taşınırken, seçilen bir diğer istasyon ise ağır metal kirliliği bakımından temiz olan ve taş ile mermer ocakları faaliyetlerinin yapıldığı alanlara uzak olan bir lokalite olma özelliği taşımaktadır. Bu çalışmanın yürütüldüğü istasyona yakın olan ve halen faaliyet gösteren taş ve mermer ocakları bulunmaktadır. Bu taş ve maden ocaklarının açık isimleri ve adresleri materyal ve metot kısmında verilmiştir.

4.1. İlkbahar, Yaz ve Güz Mevsimlerinde Yakalanan *Microtus guentheri* Örneklerine Ait Morfometrik Veriler

Antalya İl’i Korkuteli İlçesi’nde taş ve maden ocaklarının faaliyetleri ile nedeniyle çeşitli ağır metaller ile kirlenmiş olduğu saptanan istasyonlar olarak belirlenen istasyon 1-5 ve temiz olduğu bilinen bir bölge olarak saptanan kontrol istasyonundan 2017 yılı ilkbahar, yaz, güz ve yakalanan *M. guentheri* örneklerine ait morfometrik ölçümler yapılmış olup, verilerin ortalamaları tespit edilmiştir. Kış mevsimi *M. guentheri* bireyleri açısından çok aktif geçmeyen bir dönem olması nedeniyle, uzun süreli arazi çalışmalarının yapılmış olmasına rağmen bu mevsime (2018 yılı kış mevsimi) ait sadece kontrol ve 4 numaralı istasyon bölgelerinden bireyler toplanabilmiştir ve kontrolden 1 adet, istasyon 4’ten ise 4 birey yakalanmıştır. Birey sayılarının az olması, her bir gruptan birey yakalanamaması nedenleri ile, bireylerin morfometrik ölçülerine ait ortalamalar verilmemiştir.

4.1.1. Yakalanan örneklerle ait morfometrik ölçülerin alınması

Yakalanan örneklerle ait dört standart vücut ölçüleri (tümboy, kuyruk uzunluğu, ardayak uzunluğu, kulak uzunluğu)’nin saptanması için milimetrik bir kumpas, ağırlıkları için ise 0.01 gr. hassasiyetinde cep tipi (Tiny marka) digital tartı aletinden faydalanılmıştır (Yavuz 2008). Örneklerden alınan vücut ölçülerine ait örnek Şekil 4.1’de ve bunların açıklamaları aşağıda verilmiştir. İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin morfometrik ölçümleri Çizelge 4.1, yaz mevsiminde yakalananların Çizelge 4.2 ve güz mevsiminde yakalananların Çizelge 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.1. Örneklerin vücut ölçülerine ait görüntü (Yavuz 2008’den alınmıştır)

Ağırlık (Agl): Vücut Ağırlığı (Total Ağırlık)

Tümboy (Tb): Milimetrik bir cetvel üzerine sırt üstü yatırılan örneğin burun ucundan kuyruğun etli kısmının sonuna kadar olan mesafe (Total Boy)

Ard ayak uzunluğu (Au): Topuğun en arka noktasından en uzun parmağın tırnak ucuna kadar olan mesafe (Ard ayak Uzunluğu)

Kulak uzunluğu (Klu): Dış kulak kanalı önündeki en alt nokta ile kulak kepçesinin tepe noktası arasındaki mesafe (Kulak Uzunluğu)

Kuyruk uzunluğu (Ku): İlk kuyruk omurunun en uç kısmından kuyruğun etli kısmının sonuna kadar olan mesafe (Kuyruk Uzunluğu)

İlkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin vücut ölçüleri Çizelge 4.1’de, Yaz mevsiminde yakalanan örneklerin vücut ölçüleri Çizelge 4.2’de ve Güz mevsiminde yakalanan örneklerin vücut ölçüleri Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.1. İlkbahar Mevsiminde yakalanan *Microtus guentheri* bireylerinin morfolometrik ölçümleri

İstasyon	Ölçüler	Min-Max	X± Se
Kontrol (n=5)	Agl	35.78-66.04	47.55±1.03
	Tb	133.85-169.24	146.21±1.06
	Au	16.30-26.98	21.61±1.48
	Klu	6.50-11.72	8.69±0.91
	Ku	15.92-27.15	20.76±0.98
İstasyon 1 (n=5)	Agl	36.41-66.75	47.63±1.14
	Tb	136.64-167.45	145.76±2.16
	Au	18.13-26.50	21.07±1.81
	Klu	7.28-10.76	8.41±0.96
	Ku	16.22-25.72	20.82±0.94
İstasyon 2 (n=7)	Agl	36.45-64.87	47.06±1.00
	Tb	135.45-165.04	145.32±1.75
	Au	16.96-25.47	21.06±0.91
	Klu	6.51-9.33	8.01±0.53
	Ku	15.08-25.15	20.17±0.85
İstasyon 3 (n=5)	Agl	37.22-67.74	48.72±1.09
	Tb	134.00-164.18	145.41±2.02
	Au	16.73-24.09	20.27±1.14
	Klu	6.10-9.23	7.46±0.61
	Ku	15.25-23.78	19.37±0.50
İstasyon 4 (n=5)	Agl	36.12-66.24	47.84±1.54
	Tb	137.03-167.22	146.81±2.16
	Au	18.25-26.75	21.62±1.70
	Klu	6.54-10.13	8.18±0.72
	Ku	16.22-25.51	20.88±0.95
İstasyon 5 (n=5)	Agl	35.36-65.33	45.68±1.20
	Tb	134.23-164.40	145.02±2.08
	Au	16.83-25.04	19.73±1.55
	Klu	6.11-9.07	7.76±0.71
	Ku	16.02-23.14	20.01±0.67

Agl= Ağırlık

Tb= Tümboy

Au= Ardayak uzunluğu

Klu= Kulak uzunluğu

Ku=Kuyruk uzunluğu

X+Se= Ortalama+Standart Hata

Çizelge 4.2. Yaz Mevsiminde yakalanan *Microtus guentheri* bireylerinin morfometrik ölçümleri

İstasyon	Ölçüler	Min-Max	X± Se
Kontrol (n=5)	Agl	37.11-65.93	48.72±1.32
	Tb	136.61-167.14	148.33±1.88
	Au	18.30-26.71	22.43±1.03
	Klu	7.52-10.98	9.77±0.86
	Ku	17.49-26.50	21.81±0.97
İstasyon 1 (n=5)	Agl	36.73-65.02	47.64±1.28
	Tb	137.10-166.43	146.86±2.37
	Au	18.09-25.73	20.93±1.86
	Klu	7.22-10.15	8.38±0.93
	Ku	16.31-25.09	20.04±0.99
İstasyon 2 (n=5)	Agl	37.54-65.62	49.31±1.10
	Tb	137.02-166.70	147.27±1.52
	Au	18.16-26.66	22.08±1.01
	Klu	7.51-10.35	9.38±0.83
	Ku	17.02-26.35	21.03±0.96
İstasyon 3 (n=5)	Agl	36.28-66.04	47.95±1.11
	Tb	137.41-166.08	146.04±2.08
	Au	18.25-25.82	21.03±1.81
	Klu	7.20-10.19	8.16±0.78
	Ku	16.55-25.27	20.38±0.83
İstasyon 4 (n=5)	Agl	36.92-66.02	47.55±1.39
	Tb	137.24-167.04	146.58±2.30
	Au	18.03-26.35	21.04±1.77
	Klu	6.92-10.04	8.27±0.84
	Ku	16.71-25.42	21.03±0.99
İstasyon 5 (n=5)	Agl	35.16-64.57	46.83±1.09
	Tb	135.44-165.71	145.41±2.16
	Au	17.02-25.62	20.73±1.62
	Klu	6.21-9.54	8.01±0.70
	Ku	16.07-24.68	20.57±0.81

Agl= Ağırlık

Tb= Tümboy

Au= Ardayak uzunluğu

Klu= Kulak uzunluğu

Ku=Kuyruk uzunluğu

X+Se= Ortalama+Standart Hata

Çizelge 4.3. Güz Mevsiminde yakalanan *Microtus guentheri* bireylerinin morfometrik ölçümleri

İstasyon	Ölçüler	Min-Max	X± Se
Kontrol (n=5)	Agl	39.36-67.44	49.93±1.75
	Tb	140.16-170.10	151.36±1.75
	Au	19.93-28.74	24.03±1.11
	Klu	8.52-12.08	10.15±1.02
	Ku	17.96-27.94	22.04±0.99
İstasyon 1 (n=5)	Agl	39.03-67.20	49.16±1.52
	Tb	140.92-170.00	150.62±1.74
	Au	19.07-28.42	23.98±1.09
	Klu	8.47-12.16	10.02±1.00
	Ku	17.08-27.18	21.43±0.79
İstasyon 2 (n=5)	Agl	40.67-69.67	50.26±1.78
	Tb	142.06-174.03	152.46±1.92
	Au	19.81-29.66	24.78±1.42
	Klu	9.12-13.95	11.37±1.02
	Ku	18.65-29.52	22.43±0.86
İstasyon 3 (n=5)	Agl	33.85-70.20	48.21±1.53
	Tb	136.08-175.60	150.53±1.77
	Au	18.00-29.92	23.35±1.36
	Klu	8.01-12.16	10.04±0.97
	Ku	16.72 -25.14	20.72±0.92
İstasyon 4 (n=5)	Agl	34.26-71.49	49.11±1.48
	Tb	137.05-176.72	151.02±1.61
	Au	17.95-27.24	23.06±1.70
	Klu	9.04-13.12	11.07±0.91
	Ku	17.27 -26.00	21.03±1.14
İstasyon 5 (n=5)	Agl	34.61-68.44	47.89±1.54
	Tb	136.15-166.00	146.74±2.09
	Au	18.06-26.71	21.44±1.52
	Klu	8.26-9.98	9.28±0.86
	Ku	17.67-26.03	21.94±0.88

Agl= Ağırlık

Tb= Tümboy

Au= Ardayak uzunluğu

Klu= Kulak uzunluğu

Ku=Kuyruk uzunluğu

X+Se= Ortalama+Standart Hata

4.2. İlkbahar, Yaz, Güz ve Kış Mevsimlerine ait *Microtus guentheri* Örneklerinin Periferal Kan Lenfositlerinde Comet Testi ile Genetik Hasar Tespiti

Antalya İl'i Korkuteli İlçesi'nde taş ve maden ocaklarının faaliyetleri ile nedeniyle çeşitli ağır metaller ile kirlenmiş olduğu saptanan istasyonlar olarak belirlenen istasyon 1-5 ve temiz olduğu bilinen bir bölge olarak saptanan kontrol istasyonundan 2017 yılı ilkbahar, yaz, güz ve 2018 kış mevsimlerinde yakalanan *M. guentheri* örneklerinin kan hücrelerinden lenfositler izole edilerek comet testi ile genetik hasar tespit edilmiştir.

4.2.1. İlkbahar mevsimi

Yapılan çalışmalar doğrultusunda, ilkbahar mevsiminde tüm istasyonlardan toplam 32 birey Sherman tipi canlı yakalama kapanları ile yakalanarak genetik hasar tespiti için comet testi ile değerlendirilmiştir. Comet testi'nde genetik hasar tespit parametresi olarak yaygın biçimde kullanılan iki parametre olan kuyruk yoğunluğu ve kuyruk momenti değerlendirilmeler için kullanılmıştır. Temiz, ve 1-5 olmak üzere 6 farklı istasyondan yakalanan *M. guentheri* bireylerine ait periferal kan lenfositlerinde genetik hasar değerleri bakımından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olup olmadığı tespit edilmiştir. İlkbahar mevsimine ait *M. guentheri* bireylerinin periferal lenfositlerindeki genetik hasar düzeyleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Hem kuyruk yoğunluğu hem de kuyruk momenti parametreleri açısından elde edilen sonuçların normal dağılım gösterdiği saptanmıştır. İlkbahar mevsiminde toplam 32 birey ile çalışma gerçekleştirilmiş olup, bu bireylere ait periferal lenfositlerden her bir birey için 100 hücre analiz edilmiştir ve bu analizlere ait sonuçlar ortalama±standart hata olarak Çizelge 4.4'te verilmiştir. Gerçekleştirilen istatistiksel analizler sonucunda, farklı istasyonlardan İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin periferal kan lenfositlerinde değerlendirilen istasyonlar arasındaki kuyruk yoğunluğu (Kuyruk Yoğunluğu: $F=15.721$; $df_1=5$; $df_2=3194$; $p=0.0001$) ve kuyruk momenti (Kuyruk Momenti: $F=14.002$; $df_1=5$; $df_2=3194$; $p=0.0001$) parametreleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak fark vardır. Çizelge 4.4'te görülen “-/-” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (**a**, **b**, **c** ve **d**) bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, Kontrol istasyonunun diğer tüm gruplar arasında en düşük değerlere sahip olduğu (Kuyruk Yoğunluğu ve Kuyruk Momenti parametreleri açısından) ve diğer gruplardan ayrıldığı (a/a) görülürken, İstasyon 1,2,3 ve 5'in (b/b) Kuyruk yoğunluğu açısından aynı grupta olduğu, İstasyon 4'ün (c/c) ise en yüksek değerlere sahip olması nedeniyle bir başka grupta yer aldığı görülmektedir. Sonuç olarak kontrol istasyonunun istatistiksel açıdan anlamlı bir şekilde diğer tüm istasyonlardan (İstasyon 1-5) farklı olduğu söylenebilir. İlkbahar mevsiminde yakalanan örneklerle ait Comet Testi ile elde edilen genetik hasar düzeyleri Kuyruk Yoğunluğu için Şekil 4.2'de Kuyruk Momenti için Şekil 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. İlkbahar Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki genetik hasar düzeyi

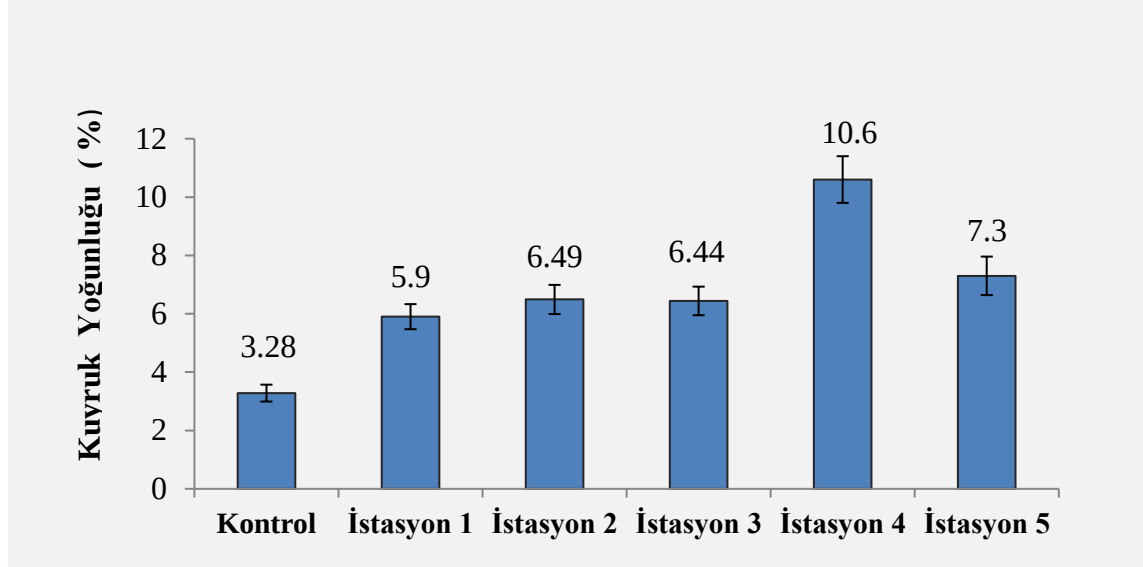
Değerlendirilen İstasyon	Kuyruk Yoğunluğu (%) ^a	Kuyruk Momenti (μm) ^a
Kontrol (n=5)	3.28±0.29 a/a	0.16±0.02 a/a
İstasyon 1 (n=7)	5.90±0.43 b/b	0.66±0.09 b/b
İstasyon 2 (n=5)	6.49±0.50 b/b	0.63±0.08 b/b
İstasyon 3 (n=5)	6.44± 0.49 b/b	1.02±0.13 b/c
İstasyon 4 (n=5)	10.16±0.80 c/c	1.44±0.18 c/d
İstasyon 5 (n=5)	7.30±0.66 b/b	0.79±0.11 b/b,c

n birey sayısını göstermektedir. Her bireyden 100 hücre sayılmıştır (^a = ortalama ± standart hata)

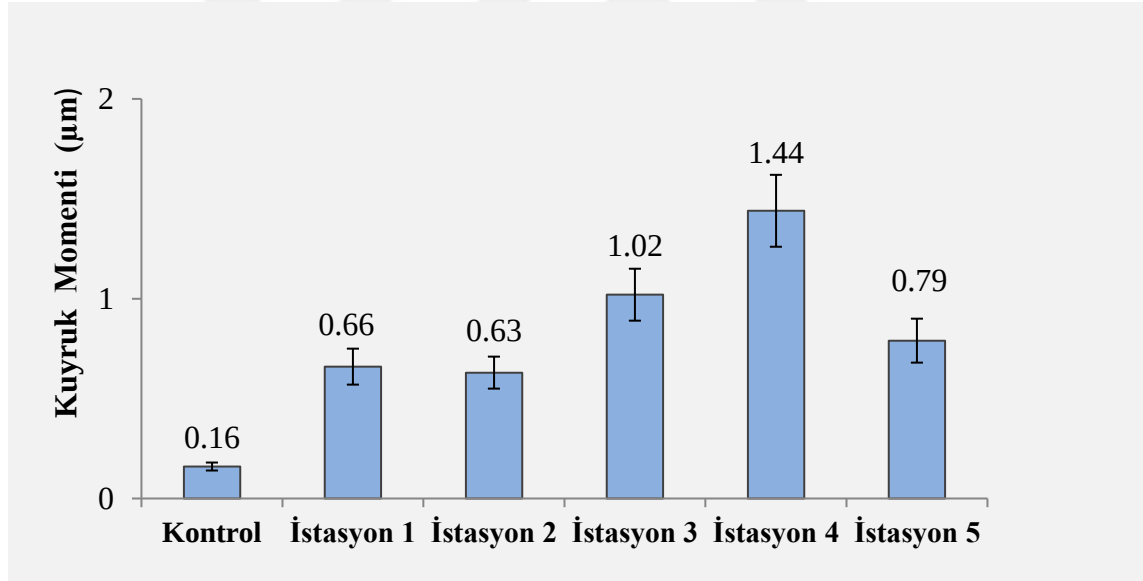
Değerlendirilen lokaliteler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır (Kuyruk Yoğunluğu: F=15.721; df1=5; df2=3194; p=0.0001)

Değerlendirilen lokaliteler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır (Kuyruk Momenti: F=14.002; df1=5; df2=3194; p=0.0001)

“-/-” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (**a,b,c** ve **d**) bir grubu ifade etmektedir.



Şekil 4.2. İlkbahar Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferel lenfositlerindeki Kuyruk Yoğunluğu (%) bakımından genetik hasar düzeyi



Şekil 4.3. İlkbahar Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferel lenfositlerindeki Kuyruk Momenti (μm) bakımından genetik hasar düzeyi

4.2.2. Yaz mevsimi

Yapılan çalışmalar doğrultusunda, Yaz mevsiminde tüm istasyonlardan toplam 30 birey Sherman tipi canlı yakalama kapanları ile yakalanarak genetik hasar tespiti için comet testi ile değerlendirilmiştir. Comet testinde genetik hasar tespit parametresi olarak yaygın biçimde kullanılan iki parametre olan kuyruk yoğunluğu ve kuyruk momentleri değerlendirilmeler için kullanılmıştır. Temiz, ve 1-5 olmak üzere 6 farklı istasyondan yakalanan *M. guentheri* bireylerine ait periferik kan lenfositlerinde genetik hasar değerleri bakımından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olup olmadığı tespit edilmiştir. Yaz mevsimine ait *M. guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki genetik hasar düzeyleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Hem kuyruk yoğunluğu hem de kuyruk momentleri parametreleri açısından elde edilen sonuçların normal dağılım gösterdiği saptanmıştır. Yaz mevsiminde toplam 30 birey ile çalışma gerçekleştirilmiş olup, bu bireylere ait periferik lenfositlerden her bir birey için 100 hücre analiz edilmiştir ve bu analizlere ait sonuçlar ortalama±standart hata olarak Çizelge 4.5'te verilmiştir. Gerçekleştirilen istatistiksel analizler sonucunda, farklı istasyonlardan Yaz mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin periferik kan lenfositlerinde, değerlendirilen istasyonlar arasındaki kuyruk yoğunluğu (Kuyruk Yoğunluğu: $F=16.548$; $df_1=5$; $df_2=2994$; $p<0.0001$) ve kuyruk momentleri (Kuyruk Momenti: $F= 6.188$; $df_1=5$; $df_2=2994$; $p<0.0001$) parametreleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak fark vardır. Çizelge 4.5'te görülen “-/-” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (**a**, **b**, **c** ve **d**) bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, Kontrol istasyonunun diğer tüm gruplar arasında en düşük değerlere sahip olduğu (Kuyruk Yoğunluğu ve Kuyruk Momenti açısından) diğer gruplardan ayrıldığı (a/a) saptanmıştır. Kuyruk Yoğunluğu bakımından gruplar değerlendirildiğinde İstasyon 2'nin b grubunda İstasyon 1'in hem b hem de c grubunda, İstasyon 3,4,5'in ise c grubunda (Tukey açısından) olduğu saptanırken c grubuna ait verilen kontrol istasyonundan elde edilen verilerden oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde Kuyruk Momenti açısından kontrol istasyonundan elde edilen verilerin kirli olduğu düşünülen tüm istasyonlardan (istasyon 1-5) farklı bir gruba dâhil olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak kontrol istasyonunun istatistiksel açıdan anlamlı bir şekilde diğer tüm istasyonlardan (İstasyon 1-5) farklı olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.5. Yaz mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki genetik hasar düzeyi

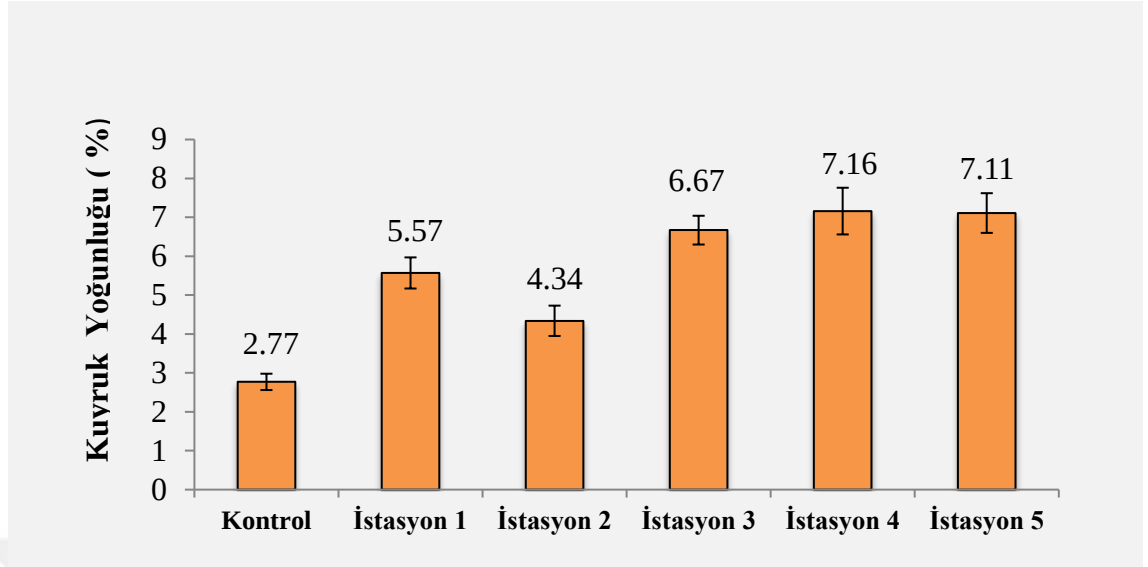
Değerlendirilen İstasyon	Kuyruk Yoğunluğu (%) ^a	Kuyruk Momenti (μm) ^a
Kontrol (n=5)	2.77±0.21 a/a	0.11±0.01 a/a
İstasyon 1 (n=5)	5.57±0.40 b,c/c	0.50±0.08 b,c/b,c
İstasyon 2 (n=5)	4.34±0.39 b/b	0.40±0.09 b/b
İstasyon 3 (n=5)	6.67± 0.37 c/c,d	0.46±0.04 b/b
İstasyon 4 (n=5)	7.16±0.60 c/d	0.56±0.09 b,c/b,c
İstasyon 5 (n=5)	7.11±0.51 c/d	0.73±0.12 c/d

n birey sayısını göstermektedir. Her bireyden 100 hücre sayılmıştır (^a = ortalama ± standart hata)

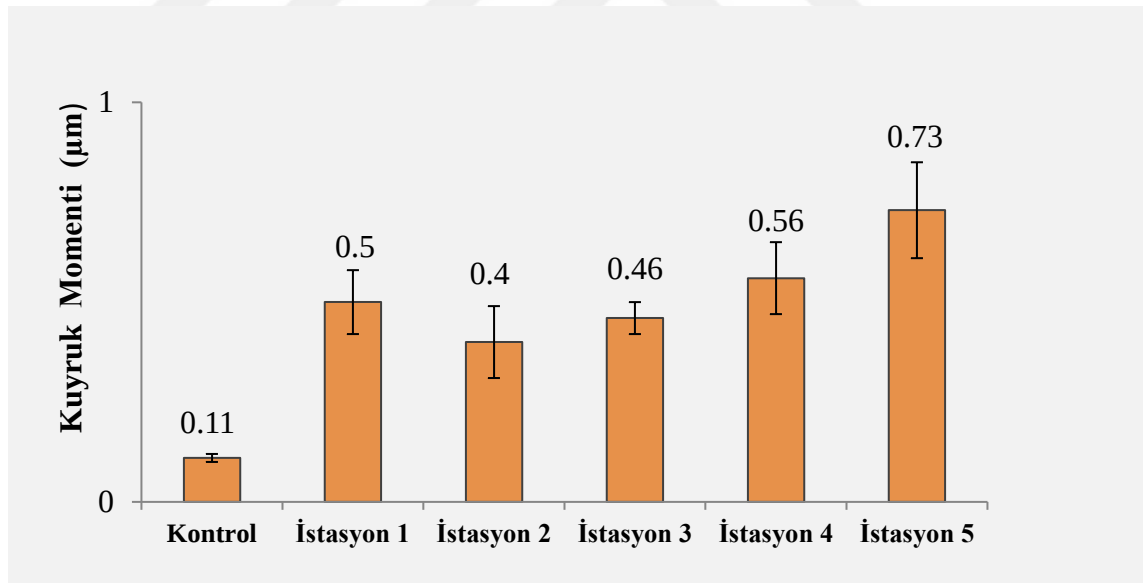
Değerlendirilen lokaliteler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır (Kuyruk Yoğunluğu: F=16.548; df1=5; df2=2994; p=0.0001)

Değerlendirilen lokaliteler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır (Kuyruk Momenti: F=6.188; df1=5; df2=2994; p=0.0001)

“-/-“ ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (**a,b,c** ve **d**) bir grubu ifade etmektedir.



Şekil 4.4. Yaz Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki Kuyruk Yoğunluğu (%) bakımından genetik hasar düzeyi



Şekil 4.5. Yaz Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki Kuyruk Momenti (μm) bakımından genetik hasar düzeyi

4.2.3. Güz mevsimi

Yapılan çalışmalar doğrultusunda, Güz mevsiminde tüm istasyonlardan toplam 30 birey Sherman tipi canlı yakalama kapanları ile yakalanarak genetik hasar tespiti için comet testi ile değerlendirilmiştir. Comet testinde genetik hasar tespit parametresi olarak yaygın biçimde kullanılan iki parametre olan kuyruk yoğunluğu ve kuyruk momentı değerlendirilmeler için kullanılmıştır. Temiz, ve 1-5 olmak üzere 6 farklı istasyondan yakalanan *M. guentheri* bireylerine ait periferik kan lenfositlerinde genetik hasar değerleri bakımından istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olup olmadığı tespit edilmiştir. Güz mevsimine ait *M. guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki genetik hasar düzeyleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Hem kuyruk yoğunluğu hem de kuyruk momentı parametreleri açısından elde edilen sonuçların normal dağılım gösterdiği saptanmıştır. Güz mevsiminde toplam 30 birey ile çalışma gerçekleştirilmiş olup, bu bireylere ait periferik lenfositlerden her bir birey için 100 hücre analiz edilmiştir ve bu analizlere ait sonuçlar ortalama±standart hata olarak Çizelge 4.6'da verilmiştir. Gerçekleştirilen istatistiksel analizler sonucunda, farklı istasyonlardan Güz mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin periferik kan lenfositlerinde, değerlendirilen istasyonlar arasındaki kuyruk yoğunluğu (Kuyruk Yoğunluğu: $F= 10.072$; $df_1=5$; $df_2=2994$; $p=0.0001$) ve kuyruk momentı (Kuyruk Momenti: $F= 2.424$; $df_1=5$; $df_2=2994$; $p=0.033$) parametreleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamda fark vardır. Çizelge 4.6'da görülen “-/-” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (**a**,**b**,**c** ve **d**) bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, Kontrol istasyonunun diğer tüm gruplar arasında en düşük değerlere sahip olduğu (Kuyruk Yoğunluğu ve Kuyruk Momenti açısından) ve a grubuna dâhil (Tukey ve Duncan açısından) olduğu saptanmıştır. Kuyruk Yoğunluğu bakımından gruplar değerlendirildiğinde İstasyon 1 ve 2'nin hem a hem de b grubuna, dâhil olması nedeniyle ve kontrol istasyonu ile karşılaştırılan diğer istasyonlardan 3,4 ve 5'in kontrolden farklı gruplarda yer alması nedeniyle istatistiksel açıdan bu üç istasyonun (3,4 ve 5) kontrol grubundan farklı olduğu fakat 1 ve 2 'nin ise kontrol ile aynı grupta olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.6. Güz mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki genetik hasar düzeyi

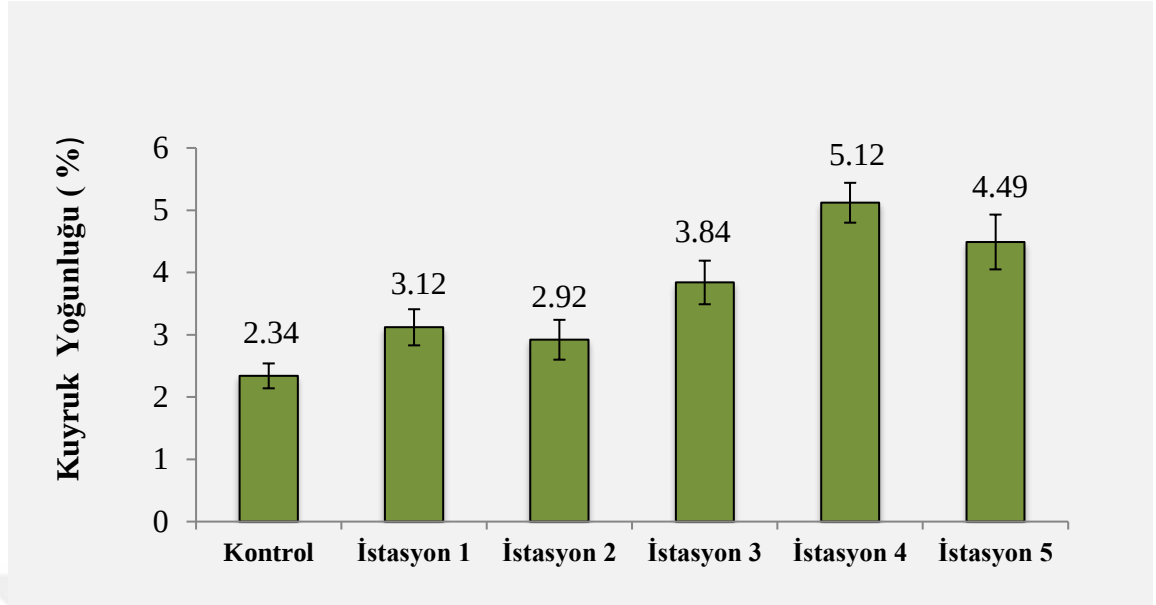
Değerlendirilen İstasyon	Kuyruk Yoğunluğu (%) ^a	Kuyruk Momenti (μm) ^a
Kontrol (n=5)	2.34±0.20 a/a	0.10±0.01 a/a
İstasyon 1 (n=5)	3.12±0.29 a,b/a,b	0.27±0.07 a,b/a,b
İstasyon 2 (n=5)	2.92±0.32 a,b/a,b	0.34±0.08 a,b/b
İstasyon 3 (n=5)	3.84± 0.35 b,c/b,c	0.24±0.05 a,b/a,b
İstasyon 4 (n=5)	5.12±0.32 d/d	0.36±0.05 b/b
İstasyon 5 (n=5)	4.49±0.44 c,d/c,d	0.36±0.08 b/b

n birey sayısını göstermektedir. Her bireyden 100 hücre sayılmıştır (^a = ortalama ± standart hata)

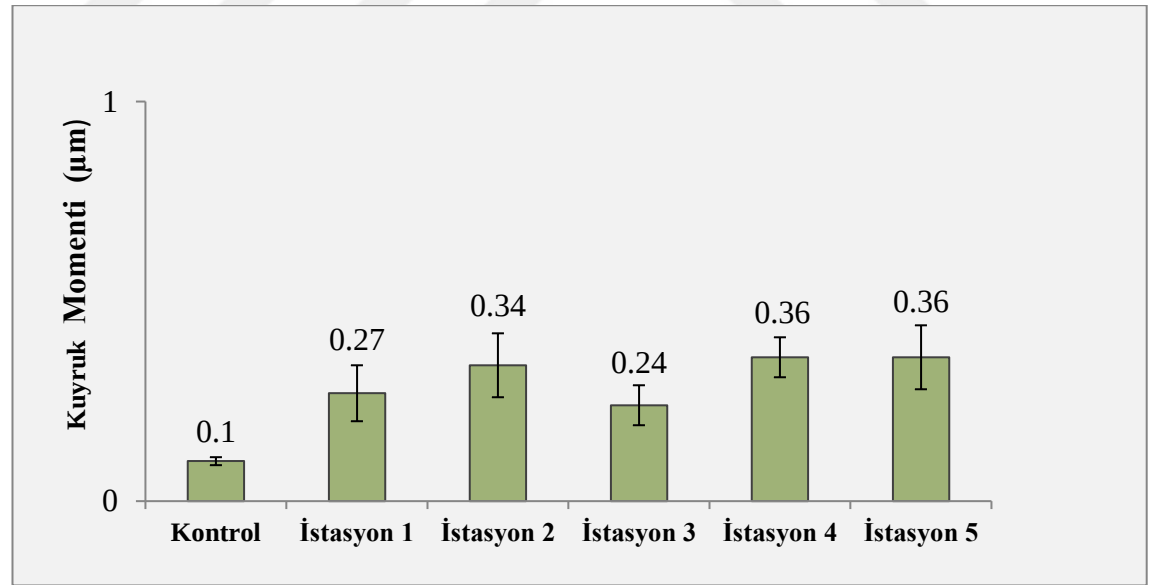
Değerlendirilen lokaliteler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır (Kuyruk Yoğunluğu: F= 10.072; df1=5; df2=2994; p=0.0001)

Değerlendirilen lokaliteler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıdır (Kuyruk Momenti: F= 2.424; df1=5; df2=2994; p=0.033)

“-/-“ ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (**a,b,c** ve **d**) bir grubu ifade etmektedir.



Şekil 4.6. Güz Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki Kuyruk Yoğunluğu (%) bakımından genetik hasar düzeyi



Şekil 4.7. Güz Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki Kuyruk Momenti (μm) bakımından genetik hasar düzeyi

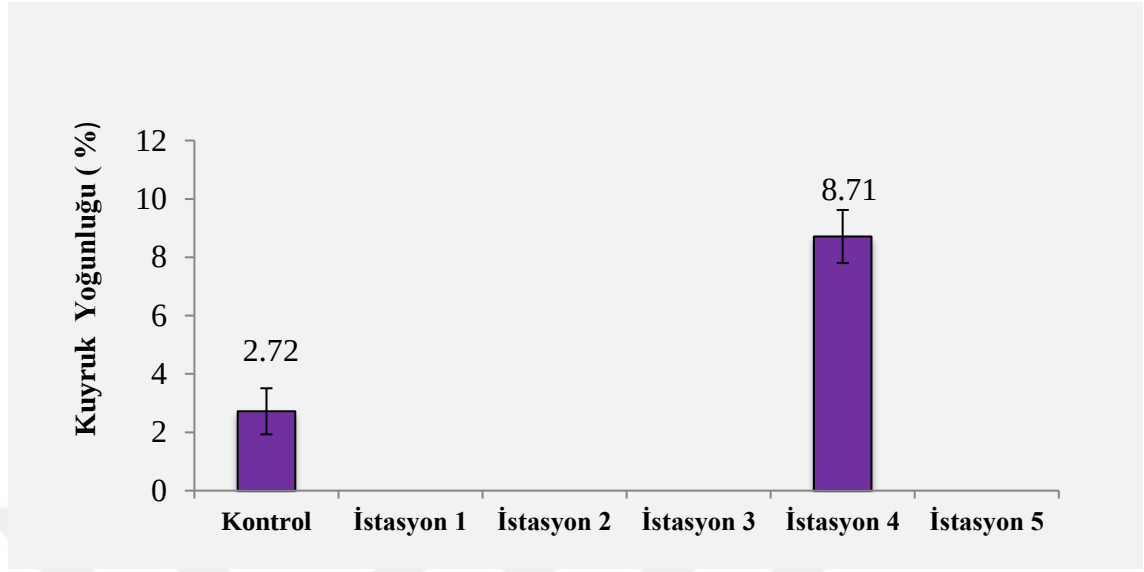
4.2.4. Kış mevsimi

Kış mevsimi *M.guentheri* bireyleri açısından çok aktif geçmeyen bir dönem olması nedeniyle, uzun süreli arazi çalışmalarının yapılmış olmasına rağmen bu mevsime ait sadece kontrol ve 4 numaralı istasyon bölgelerinden bireyler toplanabilmiştir ve kontrolden 1 adet, istasyon 4'ten ise 4 birey yakalanmıştır. Birey sayılarının az olması, her bir gruptan birey yakalanamaması nedenleri ile, elde edilen sonuçlar istatistiksel analiz yapılmasına olanak sağlamamıştır. Bu nedenle sınırlı sayıda *M. guentheri* bireylerine ait periferik kan lenfositlerinde genetik hasar değerlendirilmiştir ve bu bireylere ait periferik lenfositlerden her bir birey için 100 hücre analiz edilmiştir ve bu analizlere ait sonuçlar ortalama±standart hata olarak Çizelge 4.7'de verilmiştir.

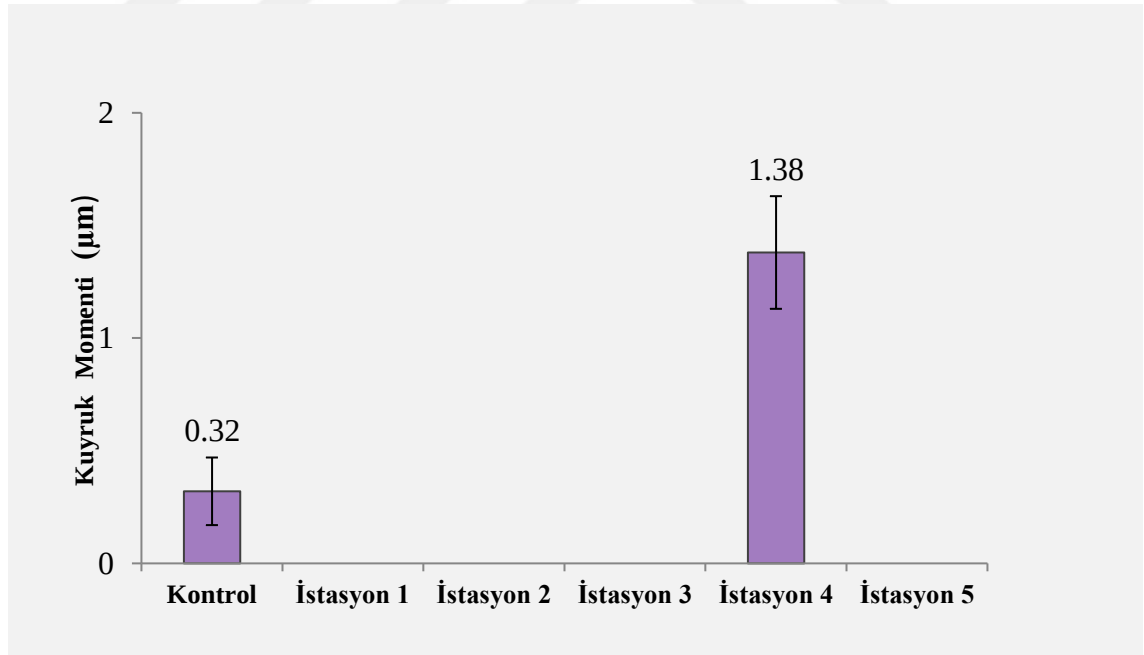
Çizelge 4.7. Kış mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki genetik hasar düzeyi

Değerlendirilen İstasyon	Kuyruk Yoğunluğu (%) ^a	Kuyruk Momenti (μ m) ^a
Kontrol (n=1)	2.72±0.79	0.32±0.15
İstasyon 1	-	-
İstasyon 2	-	-
İstasyon 3	-	-
İstasyon 4 (n=4)	8.71±0.91	1.38±0.25
İstasyon 5	-	-

n birey sayısını göstermektedir. Her bireyden 100 hücre sayılmıştır (^a = ortalama ± standart hata)



Şekil 4.8. Güz Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki Kuyruk Yoğunluğu (%) bakımından genetik hasar düzeyi



Şekil 4.9. Kış Mevsimine ait comet testi ile seçilen lokalitelerdeki *Microtus guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerindeki Kuyruk Momenti (μm) bakımından genetik hasar düzeyi

4.3. İlkbahar, Yaz, Güz ve Kış Mevsimlerine ait *Microtus guentheri* Örneklerinde Ağır Metal Analizi

Bu proje kapsamında her bir örneğin karaciğer, böbrek, kas, kemik ve deri-keratin dokularından Civa (Hg), Bor (B), Aliminyum (Al), Krom (Cr), Mangan (Mn), Demir (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Bakır (Cu), Çinko (Zn) Arsenik (As), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb) ağır metallerinin analizleri ppm düzeyinde gerçekleştirilmiştir. İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerine ait örneklerin doku ve organlarındaki ağır metal birikim seviyelerinin değerlendirmeleri tamamlanmıştır ve istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. İlkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer, kas, böbrek, deri-keratin ve kemik doku/organlarının ağır metal birikim seviyelerine ait ortalamaları sırasıyla Çizelge 4.8- 4.13’da, Yaz mevsimine ait ortalamalar ise aynı doku ve organlar için sırasıyla Çizelge 4.14-4.19’de, Güz mevsimine ait ortalamalar sırasıyla Çizelge 4.20-4.25’de kış mevsimine ait ortalamalar Çizelge 4.26-4.30’da verilmiştir. Bunun yanı sıra bahsi geçen bu çizelgelerde, her bir ağır metal için ayrı ayrı olacak biçimde istasyonlar arasında ilgili mevsimde ilgili doku ve organlar için ağır metal birikimi açısından anlamlı bir fark olup olmadığı değerlendirilmiş olup sonuçlar ANOVA sütununda verilmiştir. Ayrıca aralarında fark saptanan grupların çoklu karşılaştırma analizleri (MCT) gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar tablolar üzerinde harfler ile gösterilmiştir. Ayrıca yakalanan örneklerin her bir doku ve organında tüm mevsimlerde (ilkbahar, yaz, güz ve kış) elde edilen ağır metal birikim seviyelerine ait grafikler her bir ağır metal için ayrı ayrı olacak biçimde karaciğer organı için Şekil 4.10-4.21, kas dokusu için Şekil 4.22-4.33, böbrek organı için Şekil 4.34-4.45, deri-keratin doku için Şekil 4.46-4.57 ve kemik doku için Şekil 4.58-4.69 arasında gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. İlkbahar mevsimine ait örneklerin karaciğer organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=7)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	1.43±0.26 a/a,b	1.81±0.19 a,b/b,c	1.15±0.07 a/a	2.71±0.1 c/d	1.75±0.19 a,b/b,c	2.19±0.2 b,c/c,d	df1=5 df2=26 F=8.408 p=0.000
Fe	44.18±13.51 a,b /a,b	72.74±11.55 a,b/b,c	32.91±1.32 a/a	87.72±8.93 b/c	60.11±13.05 a,b/a,b,c	74±6.88 a,b/b,c	df1=5 df2=26 F=3.637 p=0.013
Mn	1.37±0.34 a/a,b	1.88±0.2 a,b/b	1.06±0.06 a/a	2.76±0 b/c	1.52±0.21 a/a,b	2.01±0.22 a,b/b	df1=5 df2=26 F=5.592 p=0.001
Al	10.63±6.11 a/a	12.72±4.05 a/a	7.73±3.63 a/a	23.22±11.1 a/a	32.52±25.3 a/a	25.28±18.4 a/a	df1=5 df2= 26 F=0.536 p=0.747
Co	0.06±0.01 a,b /a,b	0.08±0.01 a,b /a,b,c	0.05±0 a/a	0.09±0.01 a,b /b,c	0.09±0.02 a,b/b,c	0.11±0.01 b/c	df1=5 df2=26 F=3.231 p=0.021
Ni	0.14±0.04 a/a	0.05±0.01 a/a	0.06±0.01 a/a	0.09±0.02 a/a	0.24±0.1 a/a	0.22±0.07 a/a	df1= 5 df2= 26 F=2.215 p=0.093
Zn	7.23±1.13 a/a,b	10.17±0.86 a/a,b	6.35±0.44 a/a	12.18±0.76 a/a,b	13.07±4.28 a/b	10.6±1.05 a/a,b	df1=5 df2=26 F=2.007 p=0.111
Cr	0.33±0.07 a,b/a	0.31±0.05 a,b/a	0.19±0.01 a/a	0.59±0.08 b/c	0.35±0.06 a,b/a,b	0.56±0.11 b/b,c	df1= 5 df2= 26 F=4.614 p=0.004
As	0.01±0 a/a,b	0.01±0 a/a,b	0±0 a/a	0.02±0 a/b	0.02±0 a/a,b	0.02±0.01 a/a,b	df1=5 df2=21 F=1.467 p=0.243
Pb	0±0 a/a	0.02±0.01 a/a	0.01±0 a/a	0.03±0.01 a/a	0.04±0.02 a/a	0.03±0.01 a/a	df1=5 df2=16 F=0.828 p=0.548
Cd	0.01±0 -/-	0.01±0 -/-	TE -/-	0±0 -/-	TE -/-	0.01±0 -/-	df1=3 df2=9 F=1.061 p=0.413
B	2.24±1.62 a/a	1.1±0.58 a/a	1.24±0.44 a/a	1.25±0.76 a/a	2.98±2.03 a/a	3.27±2.62 a/a	df1= 5 df2=26 F=0.420 p=0.831
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n t

sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi. Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir.

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/-” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.9. İlkbahar mevsimine ait örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=7)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	1.01±0.06 b,c/b,c,d	0.99±0.1 b,c/b,c	0.66±0.01 a/a	1.25±0.12 c/d	0.87±0.07 c/d	1.17±0.05 a,b/a,b	df1=5 df2=26 F=6.518 p=0.000
Fe	21.47±6.39 a,b/a,b	20.73±2.31 a,b/a,b	14.14±0.51 a/a	29.54±5.49 a,b/b,c	17.41±1.91 a,b/a,b	34.36±5.28 b/c	df1=5 df2=26 F=3.319 p=0.019
Mn	0.67±0.17 a/a,b,c	0.55±0.09 a/a,b	0.44±0.03 a/a	0.97±0.24 a/c	0.55±0.06 a/a,b	0.88±0.08 a/b,c	df1=5 df2=26 F=2.516 p=0.055
Al	5.52±0.88 a/a	9.33±1.71 a/a	6.77±1.16 a/a	18.22±5.09 a/a	12.27±4.84 a/a	28.85±17.66 a/a	df1=5 df2=26 F=1.380 p=0.264
Co	0.04±0.01 a,b/b,c	0.02±0 a/a,b	0.01±0 a/a	0.03±0.01 a,b/a,b,c	0.02±0 a,b/a,b	0.05±0.01 b/c	df1=5 df2=26 F=3.367 p=0.018
Ni	0.21±0.05 a/a	0.18±0.06 a/a	0.18±0.03 a/a	0.25±0.1 a/a	0.23±0.04 a/a	0.37±0.06 a/a	df1=5 df2=26 F=1.429 p=0.255
Zn	4.36±1.31 a/a	6.44±0.59 a/a,b	5.21±0.37 a/a,b	6.48±0.62 a/a,b	7.15±1 a/b	6.75±0.78 a/a,b	df1=5 df2=26 F=1.607 p=0.193
Cr	0.29±0.06 a/a	0.38±0.04 a,b/a	0.28±0.03 a/a	0.55±0.08 b/b	0.34±0.04 a/a	0.55±0.01 b/b	df1=5 df2=26 F=6.279 p=0.001
As	0.01±0.01 a,b/a,b	0.01±0 a,b/a	0±0 a/a	0.02±0 b/b	0.01±0 a,b/a,b	0.02±0 b/b	df1=5 df2=25 F=3.913 p=0.009
Pb	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a	0.03±0 a/a	0.02±0 a/a	0.03±0.01 a/a	df1=5 df2=17 F=2.368 p=0.084
Cd	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
B	0.79±0.23 a/a	0.49±0.11 a/a	0.47±0.08 a/a	0.78±0.4 a/a	1.14±0.47 a/a	2.72±2.08 a/a	df1=5 df2=26 F=1.012 p=0.430
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir. “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir

Çizelge 4.10. İlkbahar mevsimine ait örneklerin böbrek organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=7)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	1.62±0.37 a,b/a	2.1±0.24 a,b,c/a,b	1.55±0.07 a/a	2.65±0.07 c/b	1.64±0.19 a,b/a	2.48±0.16 b,c/b	df1=5 df2=26 F=4.602 p=0.004
Fe	34.77±9.72 a,b/a,b	54.85±6.7 a,b,c/b,c	31.3±1.66 a/a	66.35±9.23 c/c	35.5±5.65 a,b/a,b	62.97±7.17 b,c/c	df1=5 df2=26 F=4.464 p=0.005
Mn	1.04±0.27 a/a,b	1.22±0.15 a/a,b	0.71±0.04 a/a	2.77±0.76 b/c	0.95±0.13 a/a,b	1.91±0.32 a,b/b,c	df1=5 df2=26 F=4.813 p=0.003
Al	3.18±0.91 a/a	6.31±1 a/a	3.15±0.22 a/a	8.78±4.28 a/a	4.62±1.12 a/a	7.6±2.09 a/a	df1=5 df2=26 F=1.334 p=0.281
Co	0.06±0.02 a,b/a,b	0.05±0.01 a,b/a,b	0.03±0 a/a	0.07±0.01 a,b/b,c	0.05±0.01 a,b/a,b	0.1±0.01 b/c	df1=5 df2=26 F=3.528 p=0.014
Ni	0.2±0.04 a/a	0.17±0.06 a/a	0.09±0.01 a/a	0.16±0.04 a/a	0.18±0.06 a/a	0.44±0.09 b/b	df1=5 df2=21 F=5.205 p=0.003
Zn	3.87±1.96 a/a	7.8±1.26 a/a,b,c	3.97±0.42 a/a	9.16±0.55 a/b,c	5.14±1.72 a/a,b	9.55±1.4 a/c	df1=5 df2=26 F=3.500 p=0.015
Cr	0.29±0.09 a,b/a,b	0.42±0.08 a,b/b,c	0.2±0.01 a/a	0.52±0.05 b/c	0.34±0.09 a,b/a,b,c	0.47±0.03 a,b/b,c	df1=5 df2=26 F=3.036 p=0.027
As	0.03±0.02 -/-	0.01±0 -/-	TE -/-	0.03±0.01 -/-	0.01±0 -/-	0.02±0 -/-	df1=4 df2=14 F=2.792 p=0.068
Pb	0.01±0 -/-	0.01±0 -/-	0.02±0 -/-	0.03±0.01 -/-	0.02±0 -/-	0.03±0.01 -/-	df1=5 df2=13 F=1.348 p=0.305
Cd	0.05±0.02 -/-	TE -/-	TE -/-	0.02±0.01 -/-	TE -/-	0.02±0.01 -/-	df1=2 df2=9 F=2.958 p=0.103
B	0.68±0.14 b/b	0.65±0.05 b/b	0.79±0.05 b/b	0.29±0.01 a/a	0.91±0.09 b/b	0.66±0.16 b/b	df1=5 df2=26 F=4.719 p=0.003
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi. Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir. “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/-” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir

Çizelge 4.11. İlkbahar mevsimine ait örneklerin deri-keratin dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=7)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	1.15±0.24 a/a,b	1.97±0.84 a/a,b	0.86±0.11 a/a	1.71±0.12 a/a,b	0.87±0.06 a/a	2.48±0.2 a/b	df1=5 df2=26 F=1.819 p=0.144
Fe	179.54±37.14 a/a	269.35±134.37 a/a,b	109.71±5.63 a/a	90.39±14.45 a/a	114.59±27.18 a/a	551.88±221 a/c	df1=5 df2=26 F= 2.264 p=0.078
Mn	8.06±2.05 a/a,b	11.96±5.77 a/a,b	4.78±0.21 a/a	3.26±0.5 a/a	5.08±1.35 a/a	18.45±5.43 a/b	df1=5 df2=26 F=2.069 p=0.102
Al	165.37±33.73 a/a	295.42±173.61 a/a	104.88±5.35 a/a	75.69±8.18 a/a	109.51±24.88 a/a	425.2±167.93 a/a	df1=5 df2=26 F=1.355 p=0.273
Co	0.29±0.06 a,b/a,b	0.39±0.18 a,b/a,b	0.17±0.01 a,b/a	0.08±0.01 a/a	0.18±0.05 a,b/a	0.67±0 b/b	df1=5 df2=26 F= 2.506 p=0.056
Ni	2.32±0.46 a,b/a	3.01±1.49 a,b/a,b	1.53±0.11 a,b/a	0.34±0.07 a/a	1.47±0.5 a,b/a	6.24±2.27 b/b	df1=5 df2=26 F=2.652 p=0.046
Zn	23.61±3.19 a/a	46.06±18.51 a/a	24.42±3.46 a/a	22.17±3.24 a/a	30.49±4.56 a/a	41.73±2.85 a/a	df1=5 df2=26 F=0.994 p=0.441
Cr	1.76±0.37 a/a,b	2.38±1.19 a/a,b	1.03±0.08 a/a	0.84±0.11 a/a	0.99±0.18 a/a	3.43±0.83 a/b	df1=5 df2=26 F=1.773 p=0.154
As	0.03±0.01 a/a,b	0.05±0.03 a/a,b	0.01±0 a/a	0.04±0 a/a,b	0.02±0 a/a,b	0.07±0.01 a/b	df1=5 df2=26 F= 1.646 p=0.183
Pb	0.13±0.04 b,c/b	0.04±0.01 a/a	0.04±0 a/a	0.09±0.01 a,b,c/a,b	0.05±0.04 a,b/a	0.15±0.03 c/b	df1=5 df2=24 F=4.751 p=0.004
Cd	TE -/-	TE -/-	TE -/-	0±0 -/-	TE -/-	0±0 -/-	df1=1 df2=2 F=4.268 p=0.175
B	1.69±0.33 a/a,b	1.86±0.73 a/a,b	1.32±0.17 a/a	0.94±0.19 a/a	1.3±0.13 a/a	3.36±0.91 a/a,b	df1=5 df2=26 F=2.199 p=0.085
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilm “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/-” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.12. İlkbahar mevsimine ait örneklerin kemik dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=7)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	0.26±0.08 a,b/a,b	0.29±0.04 a,b/a,b	0.15±0.02 a/a	0.41±0.1 b/b	TE a,b/a	0.3±0.03 a,b/a,b	df1=5 df2=26 F=2.624 p=0.048
Fe	118.5±35.1 a/a,b	175.8±31.89 a/b	73.02±2.33 a/a	91.52±6.63 a/a	94.12±21.63 a/a	126.4±22 a/a,b	df1=5 df2=26 F=2.391 p=0.065
Mn	1.11±0.48 a/a,b	0.86±0.11 a/a,b	0.43±0.05 a/a	1.58±0.67 a/b	0.7±0.18 a/a,b	0.73±0.13 a/a,b	df1=5 df2=26 F=1.383 p=0.263
Al	4.34±1.71 a/a	7.93±2.26 a/a	1.36±0.23 a/a	3.16±0.87 a/a	3.26±2.24 a/a	5.68±2.67 a/a	df1=5 df2=25 F= 1.527 p=0.217
Co	0.08±0.03 a/a,b	0.11±0.02 a/b	0.04±0 a/a	0.06±0.01 a/a,b	0.05±0.02 a/a,b	0.07±0.01 a/a,b	df1=5 df2=26 F=2.041 p=0.106
Ni	2.26±0.86 a,b/a,b	3.5±0.59 b/b	1.69±0.04 a,b/a	1.32±0.04 a/a	1.63±0.37 a,b/a	1.59±0.19 a,b/a	df1=5 df2=26 F=3.189 p=0.022
Zn	28.8±4.28 a/a,b	38.51±7.7 a/b	29.21±1.49 a/a,b	18.01±1.42 a/a	33.38±4.63 a/a,b	26.74±3.59 a/a,b	df1=5 df2=26 F=1.927 p=0.124
Cr	0.31±0.11 a/a	0.39±0.07 a/a	0.16±0.01 a/a	0.32±0.08 a/a	0.24±0.07 a/a	0.32±0.05 a/a	df1=5 df2=25 F=1.232 p=0.324
As	0.11±0.06 a/a	0.09±0.03 a/a	0.03±0.01 a/a	0.05±0.01 a/a	0.04±0.02 a/a	0.05±0.01 a/a	df1=5 df2=25 F=1.040 p=0.416
Pb	0.06±0.02 a/a	1.58±1.55 a/a	0.02±0.01 a/a	0.23±0.09 a/a	0.01±0 a/a	0.1±0.05 a/a	df1=5 df2=19 F=0.989 p=0.450
Cd	TE -/-	0.45±0 -/-	TE -/-	TE -/-	TE -/-	TE -/-	
B	0.46±0.14 a/a	0.29±0.05 a/a	0.32±0.05 a/a	0.42±0.07 a/a	0.52±0.1 a/a	0.39±0.1 a/a	df1= 5 df2=25 F= 0.962 p=0.460
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemediHer metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir. “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/-“ ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.13. İlkbahar mevsimine ait örneklerin tüm vücutlarındaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=7)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	1.09±0.13 a,b/a,b	1.43±0.21 a,b/b,c	0.88±0.10 a/a	1.74±0.18 b/c	1.06±0.13 a/a,b	1.73±0.19 b/c	df1=5 F= 4.456 df2= 154 p=0.001
Fe	79.69±15.78 a,b/a	118.69±30.42 a,b/a,b	52.22±7.17 a/a	73.10±6.18 a,b/a	64.35±10.05 a,b/a	169.92±56.61 b/b	df1=5 F=2.314 df2= 154 p=0.046
Mn	2.45±0.70 a/a,b	3.29±1.32 a/a,b	1.48±0.34 a/b	2.27±0.28 a/a,b	1.76±0.43 a/a,b	4.80±1.72 a/b	df1= 5 F=1.327 df2= 154 p=0.256
Al	39.20±15 a/a	66.34±38.09 a/a	24.78±8.28 a/a	25.81±5.98 a/a	32.44±10.46 a/a	98.52±45.58 a/a	df1= 5 F=1.035 df2= 153 p=0.399
Co	0.10±0.02 a/a,b	0.13±0.04 a/a,b	0.06±0.01 a/b	0.07±0.01 a/b	0.08±0.02 a/b	0.20±0.06 a/b	df1= 5 F=2.143 df2=154 p=0.063
Ni	1.03±0.28 a,b/a,b,c	2.12±0.58 b/c	0.71±0.15 a,b/a,b	0.43±0.01 a/a	0.82±0.20 a,b/a,b	1.77±0.63 a,b/b,c	df1= 5 F=2.955 df2= 138 p=0.014
Zn	13.58±2.40 a/a	21.80±4.77 a/a	13.83±2.3 a/a	13.60±1.36 a/a	17.85±2.8 a/a	19.07±2.9 a/a	df1= 5 F=1.221 df2= 154 p=0.302
Cr	0.60±0.14 a/a,b	0.79±0.27 a/a,b	0.37±0.07 a/b	0.57±0.05 a/a,b	0.45±0.07 a/a	1.07±0.29 a/b	df1= 5 F=1.642 df2= 153 p=0.152
As	0.40±0.02 a/a	0.04±0.10 a/a	0.01±0 a/a	0.03±0.00 a/a	0.02±0.00 a/a	0.04±0.01 a/a	df1= 5 F=1.258 df2= 134 p=0.286
Pb	0.06±0.02 a/a	0.37±0.34 a/a	0.02±0 a/a	0.08±0.00 a/a	0.03±0.01 a/a	0.07±0.02 a/a	df1= 5 F=0.966 df2=113 p=0.442
Cd	0.03±0 -/-	0.23±0.20 -/-	TE -/-	0.01±0 -/-	TE -/-	0.01±0 -/-	df1= 3 F=7.652 df2= 26 p=0.001
B	1.17±0.34 a/a,b	0.90±0.21 a/a	0.83±0.12 a/a	0.74±0.18 a/a	1.37±0.42 a/a,b	2.08±0.69 a/b	df1= 5 F=1.837 df2= 153 p=0.109
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi; Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir. “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/-“ ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.14. Yaz mevsimine ait örneklerin karaciğer organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	1.99±0.62 a/a	1.71±0.4 a/a	1.71±0.11 a/a	2.03±0.41 a/a	2.71±0.14 a/a	2.47±0.21 a/a	df1= 5 df2=24 F=1.254 p=0.316
Fe	129.9±19.91 a/b	78.45±20.25 a/a,b	89.01±20.19 a/a,b	109.81±15.07 a/a,b	73.62±3.72 a/a	75.09±11.66 a/a	df1=5 df2= 24 F=1.936 p=0.125
Mn	2.78±0.69 a/a	1.82±0.41 a/a	2.54±0.55 a/a	1.93±0.38 a/a	2.42±0.13 a/a	2.4±0.19 a/a	df1=5 df2=24 F=0.705 p=0.625
Al	32.05±11.03 a/a,b	10.26±4.34 a/a,b	64.93±32.79 a/a,b	103.28±62.11 a/b	21.5±15.25 a/a,b	5.4±1.5 a/a	df1= 5 df2=24 F=1.608 p=0.196
Co	0.06±0 a/a	0.09±0.01 a,b/a,b	0.12±0.03 a,b/b	0.1±0.01 a,b/a,b	0.11±0.01 a,b/a,b	0.13±0.02 b/b	df1= 5 df2=24 F=2.621 p=0.050
Ni	1.29±0.14 a/b	0.53±0.45 a/a,b	0.38±0.23 a/a	0.41±0.24 a/a	0.13±0.01 a/a	0.15±0.05 a/a	df1=5 df2= 21 F=1.531 p=0.223
Zn	23.21±6.42 a/b	13.9±3.4 a/a,b	9.34±0.69 a/a	18.12±5.21 a/a,b	11.3±0.26 a/a	11.1±0.77 a/a	df1= 5 df2= 24 F=2.037 p=0.109
Cr	0.79±0.26 a/b	0.33±0.03 a/a	0.36±0.02 a/a	0.4±0.03 a/a	0.56±0.06 a/a,b	0.55±0.08 a/a,b	df1=5 df2=24 F=2.246 p=0.082
As	0.04±0.05 a,b/a,b	0.01±0 a/a	0.02±0.01 a,b/a,b	0.05±0.02 b/b	0.02±0.01 a,b/a	0.01±0 a/a	df1=5 df2=24 F=3.030 p=0.029
Pb	0.03±0 -/-	0.03±0.03 -/-	0.02±0.01 -/-	0.07±0.03 -/-	0.02±0.01 -/-	0.02±0.01 -/-	df1=5 df2= 17 F=1.052 p=0.420
Cd	TE -/-	0.01±0 -/-	0±0 -/-	0.01±0.01 -/-	0.01±0 -/-	0±0 -/-	df1= 4 df2=12 F= 1.942 p=0.168
B	3.51±1.73 a/a,b	1.4±0.63 a/a,b	7.34±3.8 a/a,b	13.17±8.02 a/b	1.74±1.41 a/a,b	0.42±0.13 a/a	df1=5 df2= 24 F=1.681 p=0.177
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir. “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/-“ ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.15. Yaz mevsimine ait örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	2.22±0.4 b/b	1.05±0.07 a/a	0.94±0.78 a/a	1.5±0.3 a,b/a	1.28±0.08 a/a	1.31±0.07 a/a	df1=5 df2=24 F=4.790 p=0.004
Fe	52.84±12.28 a/b	27.24±3.34 a/a	22.8±1.78 a/a	45.03±11.63 a/a,b	25.81±1.69 a/a	23.19±2.49 a/a	df1=5 df2=24 F=3.193 p=0.024
Mn	1.69±0.8 a/b	0.46±0.09 a/a	0.48±0.08 a/a	0.86±0.25 a/a,b	0.66±0.12 a/a,b	0.68±0.06 a/a,b	df1=5 df2=24 F=1.693 p=0.175
Al	32.91±12.38 a/a,b	10.02±2.62 a/a	28.52±15.92 a/a,b	79.21±41.69 a/b	17.1±8.89 a/a	6.92±1.35 a/a	df1=5 df2=24 F=1.896 p=0.133
Co	0.03±0.01 a/a	0.02±0.01 a/a	0.02±0 a/a	0.04±0.01 a/a	0.03±0.01 a/a	0.03±0 a/a	df1=5 df2=24 F=0.823 p=0.545
Ni	TE -/	0.1±0.02 -/	0.15±0.02 -/	0.2±0.03 -/	0.24±0.05 -/	0.21±0.03 -/	df1= 4 df2=20 F=3.507 p=0.016
Zn	11.73±1.58 c/c	5.9±0.47 a,b/a	4.62±0.31 a/a	9.07±1.7 b,c/b,c	6.21±0.24 a,b/a,b	6.1±0.35 a,b/a,b	df1= 5 df2= 24 F=7.041 p=0.000
Cr	0.64±0.1 b/c	0.3±0.05 a/a	0.32±0.02 a/a	0.47±0.03 a,b/a	0.51±0.02 a,b/b,c	0.51±0.03 a,b/b,c	df1=5 df2=24 F=6.461 p=0.001
As	0.02±0 a/a,b	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a,b	0.03±0.01 a/b	0.01±0 a/a,b	0.02±0 a/a,b	df1=5 df2=24 F= 1.660 p=0.183
Pb	0.01±0 -/	0.01±0 -/	0.02±0 -/	0.06±0.02 -/	0.01±0.01 -/	0.02±0.01 -/	df1=5 df2=11 F=1.579 p=0.245
Cd	TE -/	0.01±0 -/	TE -/	0±0 -/	TE -/	TE -/	df1=1 df2=1 F=0.640 p=0.570
B	2.53±0.77 a/a,b	1.58±0.58 a/a	2.63±1.76 a/a,b	9.72±5.53 a/b	1.02±0.69 a/a	0.22±0.05 a/a	df1=5 df2=24 F=2.025 p=0.111
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir. “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.16. Yaz mevsimine ait örneklerin böbrek organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	2.14±0.4 a,b/a,b	1.97±0.2 a,b/a,b	1.76±0.09 a/a	2.26±0.21 a,b/a,b,c	2.9±0.21 b/c	2.65±0.04 a,b/b,c	df1= 5 df2=24 F=3.672 p=0.013
Fe	80.98±30 a/a	70.61±6.6 a/a	56.56±4.51 a/a	111.29±31.98 a/a	57.06±3.15 a/a	67±5.66 a/a	df1=5 df2=24 F=1.110 p=0.381
Mn	1.8±0.66 a/a	1.71±0.59 a/a	1.06±0.06 a/a	2.33±0.94 a/a	1.46±0.15 a/a	1.37±0.07 a/a	df1=5 df2=24 F=0.669 p=0.651
Al	66.91±46.31 a/a	27.63±20.45 a/a	9.25±1.53 a/a	56±40.72 a/a	5.32±1.08 a/a	2.79±0.56 a/a	df1=5 df2=24 F=1.079 p=0.379
Co	0.05±0.02 a/a	0.1±0.03 a/a	0.07±0.01 a/a	0.1±0.02 a/a	0.09±0.01 a/a	0.09±0.01 a/a	df1=5 df2=24 F= 1.243 p=0.320
Ni	TE -/-	0.51±0.3 -/-	0.22±0.03 -/-	0.54±0.28 -/-	0.24±0.05 -/-	0.25±0.03 -/-	df1= 4 df2=20 F= 0.709 p=0.595
Zn	23.06±6.55 b/b	12.32±4.3 a,b/a,b	5.89±0.45 a/a	15.13±4.98 a,b/a,b	9.02±0.5 a,b/a	8.15±0.95 a,b/a	df1=5 df2=24 F=2.643 p=0.049
Cr	0.9±0.14 a/a	0.44±0.14 a/a	0.28±0.01 a/a	0.63±0.21 a/a	0.51±0.04 a/a	1.28±0.79 a/a	df1=5 df2=24 F=1.123 p=0.375
As	0.02±0 a/a	0.02±0 a/a	0.01±0 a/a	0.02±0 a/a	0.02±0 a/a	0.07±0.05 a/a	df1=5 df2=24 F= 0.888 p=0.504
Pb	TE -/-	0.03±0.01 -/-	TE -/-	0.05±0.01 -/-	0.02±0 -/-	0.05±0.01 -/-	df1=4 df2=10 F= 4.504 p=0.024
Cd	TE -/-	0.01±0 -/-	0.01±0 -/-	0.03±0.02 -/-	0.02±0 -/-	0.03±0 -/-	df1=4 df2= 16 F=1.027 p=0.423
B	1.41±0.27 a,b/b,c	1.73±0.39 b/c	0.7±0.16 a,b/a,b	1.88±0.6 b/c	0.27±0.03 a/a	0.24±0.03 a/a	df1=5 df2=24 F= 5.228 p=0.002
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir. “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/-” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.17. Yaz mevsimine ait örneklerin deri-keratin dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	1.89±0.36 a/a,b	1.31±0.16 a/a	1.38±0.09 a/a	1.44±0.14 a/a	2.14±0.2 a/b	1.78±0.15 a/a,b	df1= 5 df2=24 F=2.675 p=0.047
Fe	98.71±3.47 a/a	183.84±51.46 a/a,b	280.91±71.78 a/a,b	276.45±80.09 a/a,b	366.49±111.03 a/b	190.89±15.26 a/a,b	df1=5 df2=24 F=1.903 p=0.131
Mn	2.37±0.79 a/a	5.94±1.74 a,b/a	9.05±2.21 a,b/a,b	8.26±0.46 a,b/a,b	16.38±4.99 b/b	8.78±0.71 a,b/a,b	df1=5 df2=24 F=3.197 p=0.024
Al	100.7±45.5 a/a	166.72±47.07 a/a,b	260.52±56.77 a/a,b	249.81±75.73 a/a,b	307±87.46 a/b	168.89±15.62 a/a,b	df1=5 df2=24 F=1.649 p=0.185
Co	0.11±0.05 a/a	0.2±0.06 a,b/a	0.3±0.07 a,b/a,b	0.3±0.09 a,b/a,b	0.59±0.19 b/b	0.31±0.03 a,b/a,b	df1=5 df2=24 F= 2.956 p=0.032
Ni	TE -/-	1.63±0.52 -/-	2.48±0.66 -/-	2.69±0.83 -/-	5.07±1.69 -/-	2.57±0.22 -/-	df1= 4 df2=20 F=1.929 p=0.145
Zn	22.63±7.2 a/a	24.22±5.83 a/a	28.23±1.48 a/a	25.59±4.83 a/a	33.41±2.45 a/a	32.76±3.39 a/a	df1=5 df2=24 F=0.937 p=0.475
Cr	0.93±0.15 a/a	1.16±0.25 a/a	1.66±0.34 a,b/a	1.59±0.37 a,b/a	3.07±0.73 b/b	1.89±0.13 a,b/a	df1=5 df2=24 F=3.757 p=0.012
As	0.02±0.01 a/a	0.03±0.01 a/a	0.03±0.01 a/a,b	0.04±0.01 a/a,b	0.05±0.01 a/b	0.04±0 a/a,b	df1=5 df2=24 F=2.12 p=0.098
Pb	TE -/-	0.04±0 -/-	0.04±0.01 -/-	0.09±0.02 -/-	0.12±0.03 -/-	0.08±0.01 -/-	df1= 4 df2=20 F=3.081 p=0.040
Cd	TE -/-	0±0 -/-	TE -/-	0±0 -/-	0±0 -/-	TE -/-	df1= 2 df2= 5 F= 0.963 p=0.443
B	1.79±0.45 a,b,c/a,b	2.87±0.16 b,c/b,c	1.96±0.4 a,b,c/a,b	3.25±0.74 c/c	1.35±0.28 a,b/a	1.04±0.08 a/a	df1=5 df2=24 F=4.333 p=0.006
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi. Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir.

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/-“ ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.18. Yaz mevsimine ait örneklerin kemik dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	1.34±0.46 a/b	0.58±0.26 a/a,b	TE a/a	0.85±0.51 a/a,b	0.31±0.06 a/a	0.59±0.06 a/a,b	df1=5 df2=24 F=1.831 p=0.145
Fe	175.25±38.66 a/a	133.55±24.95 a/a	112.41±15.19 a/a	146.77±23.83 a/a	179.6±77.45 a/a	244.84±48.42 a/a	df1=5 df2=24 F=1.149 p=0.362
Mn	2.14±0.61 a/a	0.53±0.04 a/a	0.54±0.05 a/a	0.71±0.18 a/a	0.43±0.08 a/a	2.61±1.66 a/a	df1=5 df2=24 F=1.729 p=0.166
Al	61.16±42.1 a/a	6.57±0.52 a/a	5.05±0.49 a/a	6.38±1.16 a/a	1.9±0.39 a/a	39.28±36.58 a/a	df1=5 df2=24 F=1.150 p=0.362
Co	0.1±0.02 a,b/a	0.07±0.01 a/a	0.06±0.0 a/a	0.08±0.01 a/a	0.07±0.01 a/a	0.2±0.07 b/b	df1=5 df2=24 F=3.168 p=0.025
Ni	3.23±1.71 a,b/b,c	1.52±0.4 a/a,b	1.66±0.16 a/a,b	1.26±0.27 a/a	2.14±0.33 a,b/a,b	4.43±0.76 b/c	df1=5 df2=22 F=4.348 p=0.007
Zn	38.55±7.92 a,b/a,b	28.65±6.31 a,b/a	25.58±3.22 a,b/a	29.08±4.32 a,b/a	23.69±5.77 a/a	47.76±2.51 b/b	df1=5 df2=24 F=2.952 p=0.032
Cr	1.01±0.17 c/b	0.26±0.03 a,b/a	0.18±0.03 a/a	0.32±0.06 a,b/a	0.25±0.06 a,b/a	0.9±0.36 b,c/b	df1=5 df2=24 F= 4.758 p=0.004
As	0.08±0.03 a/a,b	0.04±0.01 a/a,b	0.04±0.01 a/a	0.05±0.01 a/a,b	0.07±0.04 a/a,b	0.13±0.04 a/b	df1=5 df2=24 F=1.547 p=0.213
Pb	0.08±0 -/-	0.02±0.01 -/-	0.02±0.01 -/-	0.05±0.02 -/-	0.08±0.03 -/-	0.06±0.03 -/-	df1=5 df2=13 F=1.593 p=0.230
Cd	TE -/-	0.02±0 -/-	TE -/-	0.01±0 -/-	TE -/-	TE -/-	
B	1.59±0.37 b/c	0.89±0.13 a/b	0.38±0.05 a/a,b	0.82±0.15 a/b	0.24±0.05 a/a	0.2±0.05 a/a	df1=5 df2=24 F=9.247 p=0.000
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi. Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir.

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/-“ ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.19. Yaz mevsimine ait örneklerin tüm vücutlarındaki toplam (kas+ karaciğer+böbrek+deri-keratin+ kemik) ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	2.04±0.26 b/c	2.51±0.27 a,b/a,b	2.87±0.30 a/a	2.08±0.28 a,b/a,b,c	7.91±5.87 a,b/c	2.09±0.23 a,b/b,c	df1= 5 F= 3.017 df2= 144 p=0.013
Fe	124.99±18.12 a/a	210.26±45.17 a/a	185.73±25.47 a/a	169.62±32.79 a/a	156.73±33.82 a/a	150.95±24.88 a/a	df1= 5 F=0.535 df2= 144 p=0.750
Mn	2.71±0.68 a/a	5.21±1.74 a/a	3.65±0.98 a/a	4.52±1.20 a/a	4.12±1.20 a/a	3.88±1.11 a/a	df1= 5 F=0.868 df2= 144 p=0.504
Al	52.54±20.91 a/a	130.72±56.88 a/a	94.83±35.18 a/a	113.55±35.75 a/a	129.84±47.10 a/a	86.81±29.50 a/a	df1=5 F= 0.918 df2= 144 p=0.472
Co	0.11±0.02	0.20±0.05 a/a,b	0.16±0.03 a/a,b	0.16±0.03 a/a,b	0.18±0.04 a/b	0.14±0.03 a/a,b	df1=5 F=1.738 df2= 144 p=0.130
Ni	0.98±0.23 a/b	1.68±0.52 a/a	1.28±0.29 a/a	1.47±0.35 a/a	1.37±0.32 a/a,b	1.28±0.31 a/a,b	df1=5 F=1.304 df2=124 p=0.266
Zn	22.91±3.48 a/b	29.76±3.92 a/a,b	34.69±4.66 a/a	21.28±2.67 a/a,b	22.73±3.16 a/a,b	21.76±2.38 a/a,b	df1= 5 F=1.524 df2=144 p=0.186
Cr	0.84±0.13 a/a,b	1.40±0.24 a/a	1.29±0.16 a/a,b	1.09±0.18 a/a,b	0.98±0.19 a/a,b	0.82±0.14 a/ b	df1=5 F=1.987 df2=144 p=0.084
As	0.04±0 a/a,b	0.03±0 a/a	0.04±0.01 a/a	0.05±0.01 a/a,b	0.06±0.01 a/a,b	0.06±0.01 a/b	df1= 5 F= 1.643 df2= 144 p=0.152
Pb	0.03±0.01 a/a	0.07±0.01 a/a	0.04±0.01 a/a	0.04±0.01 a/a	0.05±0.01 a/a	0.04±0.01 a/a	df1= 5 F=1.990 df2= 93 p=0.087
Cd	0.01±0 -/-	0.01±0 -/-	0.02±0.01 -/-	0.01±0 -/-	0.03±0.01 -/-	0.01±0 -/-	df1= 4 F=0.690 df2= 46 p=0.603
B	1.26±0.15 a/a	0.81±0.12 a/a	1.66±0.56 a,b/a	4.74±2.38 b/b	3.99±0.05 a/a	2.57±1.05 a/a	df1= 5 F=4.033 df2= 144 p=0.002
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	=

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi; Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harf ile gösterilmiştir. “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

“-/-“ ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.20. Güz mevsimine ait örneklerin karaciğer organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	3.11±0.42 a/a	3.53±0.58 a/a	4.28±0.19 a/a	3.65±0.39 a/a	32.16±29.13 a/a	3.23±0.22 a/a	df1=5 df2=24 F= 0.964 p=0.459
Fe	103.73±13.39 a/a	147.87±38.36 a/a	166.02±22.09 a/a	120.98±15.21 a/a	98±25.2 a/a	137.86±14.38 a/a	df1=5 df2=24 F= 1.296 p=0.298
Mn	2.83±0.53 a/a	3.5±0.73 a/a	3.51±0.32 a/a	3.56±0.31 a/a	3.38±0.91 a/a	3.22±0.28 a/a	df1=5 df2=24 F=0.235 p=0.943
Al	5.69±0.94 a/a	11.31±1.76 a/a	9.85±2.33 a/a	8.21±2.35 a/a	5.37±1.57 a/a	48.19±37.14 a/a	df1=5 df2=24 F=1.75 p=0.350
Co	0.11±0.02 a/a	0.16±0.03 a/a,b	0.18±0.02 a/a,b	0.14±0.01 a/a,b	0.2±0.03 a/b	0.14±0.02 a/a,b	df1=5 df2=24 F= 1.895 p=0.133
Ni	0.12±0.03 a/a	0.17±0.04 a/a	0.19±0.04 a/a	0.17±0.04 a/a	0.26±0.1 a/a	0.16±0.04 a/a	df1=5 df2=24 F=0.755 p=0.591
Zn	14.92±1.88 a,b/a	19.06±3.15 a,b/a,b	2.68±1.2 b/b	16.64±0.85 a,b/a,b	12.72±3.13 a/a	16.6±0.88 a,b/a,b	df1=5 df2=24 F= 2.502 p=0.58
Cr	0.57±0.12 a,b/a,b	0.84±0.17 b/b,c	0.17±0.08 b/c	0.7±0.04 a,b/a,b,c	0.39±0.12 a/a	0.54±0.01 a,b/a,b	df1=5 df2=24 F=3.592 p=0.014
As	0.02±0 a,b/a	0.02±0 a/a	0.01±0 a/a	0.03±0 a,b/a	0.03±0.01 a,b/a	0.05±0.01 b/b	df1=5 df2=24 F=3.208 p=0.023
Pb	0.01±0 a/a	0.03±0.01 a/a	0.01±0 a/a	0±0 a/a	0.01±0.01 a/a	0.02±0.02 a/a	df1= 5 df2=20 F=1.329 p=0.292
Cd	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a,b	0.01±0 a/a	0.02±0.01 a/b	0.01±0 a/a	df1= 5 df2= 24 F=2.220 p=0.085
B	0.82±0.19 a/a	0.32±0.08 a/a	0.04±0.02 a/a	1.13±0.31 a/a	0.48±0.11 a/a	5.34±4.86 a/a	df1=5 df2=23 F=0.903 p=0.496
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir.

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

Çizelge 4.21. Güz mevsimine ait örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	1.55±0.22 a/a	1.97±0.07 a/a,b	2.14±0.17 a/b	1.61±0.11 a/a	1.63±0.14 a/a	1.59±0.03 a/a	df1= 5 df2= 24 F=3.181 p=0.024
Fe	30.3±2.6 a/a	43.55±1.17 a/b	42.82±3.77 a/b	41.28±4.07 a/b	32.74±2.17 a/a,b	42.15±0 a/b	df1= 5 df2= 24 F= 2.885 p=0.035
Mn	0.39±0.02 a/a	0.64±0.05 a/a,b	0.55±0.05 a/a,b	0.76±0.13 a/b	0.49±0.05 a/a,b	0.77±0.2 a/b	df1= 5 df2= 24 F=2.097 p=0.101
Al	7.21±0.88 a/a	12.51±0.44 a/a,b	13.28±1.91 a/a,b	12.9±2.22 a/a,b	9.84±0.74 a/a	34.64±18.24 a/b	df1= 5 df2= 24 F=1.705 p=0.172
Co	0.02±0.04 a/a	0.03±0 a/a,b	0.03±0 a/a,b	0.03±0 a/a,b	0.03±0.01 a/a,b	0.03±0.01 a/b	df1=5 df2=24 F=1.555 p=0.211
Ni	0.12±0.01 a/a	0.21±0.01 a/a,b	0.21±0.01 a/a,b	0.21±0.04 a/a,b	0.26±0.07 a/b	0.28±0.06 a/b	df1=5 df2=24 F=1.753 p=0.161
Zn	7.53±0.95 a/a	9.53±0.37 a,b/b,c	10.86±0.35 b/c	8.02±0.41 a/a,b	9.07±0.24 a,b/b	9.4±0.22 a,b/b,c	df1=5 df2= 24 F=5.876 p=0.001
Cr	0.63±0.08 a/a	0.91±0.04 a,b/b,c	0.98±0.09 b/c	0.77±0.06 a,b/a,b,c	0.72±0.08 a,b/a,b	0.66±0.05 a/a	df1=5 df2=24 F=3.979 p=0.009
As	0.02±0 a/a,b	0.01±0 a/a	0.02±0 a/a	0.02±0 a/a,b	0.03±0.01 a/b	0.05±0.01 b/c	df1=5 df2=24 F=12.326 p=0.000
Pb	0±0 a/a	0.03±0.01 b/b	0.01±0 a,b/a	0.01±0 a,b/a	0±0 a/a	0.01±0.01 a,b/a,b	df1=5 df2= 20 F= 3.811 p=0.014
Cd	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
B	0.65±0.1 a/a	0.36±0.03 a/a	0.51±0.05 a/a	0.39±0.18 a/a	0.35±0.05 a/a	3.02±2.42 a/a	df1= 5 df2= 24 F= 1.113 p=0.370
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir.

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

Çizelge 4.22. Güz mevsimine ait örneklerin böbrek organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	3.32±0.53 a/a,b	3.99±0.13 a/a,b	4.49±0.13 a/b	2.88±0.72 a/a	3.22±0.05 a/a	3.32±0.13 a/a,b	df1=5 df2=24 F=2.481 p=0.060
Fe	82.22±13.18 a/a	128.89±8.8 a/a	138.38±17.91 a/a	101.11±34.01 a/a	94.5±6.7 a/a	120.32±8.77 a/a	df1=5 df2=24 F=1.527 p=0.219
Mn	1.83±0.3 a/a	2.25±0.09 a/a	2.01±0.12 a/a	2.23±0.9 a/a	1.39±0.09 a/a	1.75±0.12 a/a	df1=5 df2=24 F=0.677 p=0.645
Al	8.13±1.08 a/a	19.9±3.02 a/a	35.83±18.86 a/a	57.97±32.38 a/a	15.75±6.4 a/a	10.83±1.97 a/a	df1=5 df2=24 F=1.481 p=0.233
Co	0.08±0.01 a/a	0.11±0.01 a/a	0.13±0.01 a/a	0.11±0.04 a/a	0.11±0.01 a/a	0.09±0.01 a/a	df1=5 df2=24 F=0.931 p=0.479
Ni	0.19±0.03 a/a	0.4±0.05 a/a	0.32±0.03 a/a	0.39±0.2 a/a	0.31±0.06 a/a	0.28±0.02 a/a	df1=5 df2=24 F=0.742 p=0.599
Zn	12.45±1.88 a,b/a	15.17±0.26 a,b/a,b	17.6±0.37 b/b	11.3±2.75 a/a	12.83±0.28 a,b/a	13.16±0.43 a,b/a	df1=5 df2=24 F=2.665 p=0.047
Cr	0.71±0.1 a/a,b	1.15±0.12 a/b	1.17±0.08 a/b	0.83±0.34 a/a,b	0.71±0.07 a/a,b	0.54±0.02 a/a	df1=5 df2=24 F= 2.583 p=0.053
As	0.03±0 a/a	0.02±0 a/a	0.03±0.01 a/a	0.05±0.02 a/a	0.05±0.01 a/a	0.05±0.01 a/a	df1=5 df2=24 F=1.679 p=0.178
Pb	0.01±0 a/a	0.06±0.01 b/b	0.03±0.01 a,b/a	0.03±0.02 a,b/a	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a	df1=5 df2=21 F=4.981 p=0.004
Cd	0.03±0.01 a/a	0.03±0 a/a	0.03±0.01 a/a,b	0.03±0.01 a/a	0.06±0.01 a/b	0.03±0.01 a/a,b	df1=5 df2=24 F=1.754 p=0.161
B	1.25±0.15 a/a	0.81±0.16 a/a	2.57±1.79 a/a	9.87±0.54 a/a	1.18±0.75 a/a	1.15±0.3 a/a	df1= 5 df2=23 F=1.241 p=0.322
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir.

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir. .

Çizelge 4.23. Güz mevsimine ait örneklerin deri-keratin dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	1.79±0.2 a/a	2.57±0.06 b,c/b,c	2.85±0.28 c/c	1.94±0.11 a,b/a	2.16±0.17 a,b,c/a,b	1.99±0.14 a,b/a	df1=5 df2=24 F=5.502 p=0.002
Fe	231.43±51.26 a/a	532.59±155.03 a/b	328.4±81.24 a/a,b	455.58±63.11 a/a,b	443±83.33 a/a,b	333.77±78.62 a/a,b	df1= 5 df2=24 F=1.418 p=0.254
Mn	7.94±2 a/a	18.88±5.47 a/b	11.32±2.96 a/a,b	15.5±1.78 a/a,b	14.83±2.24 a/a,b	13.06±3.02 a/a,b	df1=5 df2=24 F=1.409 p=0.257
Al	233.27±53.92 a/a	598.12±169.6 a/b	383.11±100.68 a/a,b	434.26±51.54 a/a,b	474.6±83.28 a/a,b	334.79±69.84 a/a,b	df1=5 df2=24 F=1.658 p=0.183
Co	0.26±0.06 a/a	0.59±0.16 a/b	0.35±0.07 a/a,b	0.47±0.05 a/a,b	0.48±0.07 a/a,b	0.38±0.08 a/a,b	df1=5 df2=24 F=1.717 p=0.169
Ni	2.14±0.5 a/a	5.49±1.67 a/b	2.88±0.64 a/a,b	4.26±0.54 a/a,b	3.89±0.67 a/a,b	3.23±0.82 a/a,b	df1= 5 df2=24 F=1.693 p=0.175
Zn	38.44±5.83 a/a	54.08±1.76 a,b/b,c	60.73±5.38 b/c	38.91±3.37 a/a	46.43±3.66 a,b/a,b	39.53±3.04 a/a	df1=5 df2=24 F=5.172 p=0.002
Cr	1.77±0.41 a/a	3.38±0.66 a/b	2.63±0.41 a/a,b	2.67±0.26 a/a,b	2.64±0.4 a/a,b	2.1±0.22 a/a,b	df1=5 df2=24 F=1.757 p=0.160
As	0.04±0 a/a	0.06±0.01 a/a,b	0.05±0.01 a/a,b	0.06±0.01 a/a,b	0.07±0.01 a/b	0.07±0.01 a/b	df1=5 df2=24 F=2.494 p=0.059
Pb	0.04±0.01 a/a	0.11±0.02 b/b	0.07±0.02 a,b/a,b	0.07±0.01 a,b/a,b	0.08±0.01 a,b/a,b	0.08±0.01 a,b/a,b	df1=5 df2=24 F=2.628 p=0.049
Cd	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	
B	2.32±0.32 a/a	1.78±0.13 a/a	1.87±0.25 a/a	3.26±1.31 a/a	1.73±0.35 a/a	2.51±0.48 a/a	df1=5 df2=23 F=1.115 p=0.380
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir.

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

Çizelge 4.24. Güz mevsimine ait örneklerin kemik dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	0.42±0.06 a/a,b	0.49±0.02 a,b/b,c	0.59±0.02 b/c	0.34±0.06 a/b	0.37±0.05 a/a,b	0.31±0.02 a/b	df1=5 df2=24 F=5.803 p=0.001
Fe	177.3±23 b,c/b	198.39±5.18 c/b	253.01±7.15 d/c	129.15±11.6 a,b/a	115.41±9.58 a/a	120.64±15.85 a/a	df1=5 df2=24 F=16.286 p=0.000
Mn	0.56±0.08 a/a,b	0.76±0.02 a,b/b,c	0.87±0.04 b/c	0.56±0.08 a/a,b	0.52±0.05 a/a	0.6±0.12 a,b/a,b	df1= 5 df2= 24 F=3.594 p=0.014
Al	8.43±1.89 a/a	11.76±1.45 a/a	32.09±22.93 a/a	54.4±44.35 a/a	143.64±138.1 a/a	5.59±0.79 a/a	df1=5 df2=24 F=0.776 p=0.577
Co	0.09±0.01 a/a	0.09±0 a/a	0.13±0 b/b	0.07±0.01 a/a	0.08±0.01 a/a	0.08±0 a/a	df1=5 df2=24 F=7.450 p=0.000
Ni	2.32±0.15 a/a,b	2.14±0.04 a/a	2.78±0.16 a/b	2.32±0.24 a/a,b	2.15±0.13 a/a	2.45±0.15 a/a,b	df1=5 df2=24 F=2.318 p=0.075
Zn	41.19±8.61 a,b/a,b	50.97±1.54 b,c/b,c	62.03±3.35 c/c	31.53±4.02 a/a	32.6±3.95 a/a	30.11±0.78 a/a	df1=5 df2=24 F=8.184 p=0.000
Cr	0.53±0.09 a,b,c/b,c	0.7±0.04 b,c/c	0.75±0.08 c/c	0.45±0.1 a,b,c/a,b	0.42±0.08 a,b/a,b	0.29±0.04 a/a	df1=5 df2=24 F=5.406 p=0.002
As	0.07±0.01 a/a,b	0.05±0.01 a/a	0.08±0.01 a/a,b	0.08±0.02 a/a,b	0.11±0.03 a/b	0.09±0.02 a/a,b	df1= 5 df2=24 F=1.272 p=0.308
Pb	0.06±0.01 a/a	0.11±0.02 a/a	0.08±0.02 a/a	0.06±0.02 a/a	0.14±0.07 a/a	0.07±0.04 a/a	df1=5 df2=23 F=0.83 p=0.540
Cd	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
B	1.27±0.24 a/a	0.76±0.08 a/a	2.92±2.17 a/a	9.78±8.86 a/a	18.4±18.2 a/a	0.84±0.23 a/a	df1=5 df2= 23 F=0.896 p=0.500
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir.

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

Çizelge 4.25. Güz mevsimine ait örneklerin tüm vücutlarındaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=5)	İstasyon 1 (n=5)	İstasyon 2 (n=5)	İstasyon 3 (n=5)	İstasyon 4 (n=5)	İstasyon 5 (n=5)	ANOVA
Cu	3.11±0.42 a/a	3.53±0.58 a/a	4.28±0.19 a/a	3.65±0.39 a/a	32.16±29.13 a/a	3.23±0.22 a/a	df1=5 F=0.916 df2=144 p=0.473
Fe	103.73±13.39 a/a	147.87±38.36 a/a	166.02±22.09 a/a	120.98±15.21 a/a	98±25.2 a/a	137.86±14.38 a/a	df1=5 F=0.892 df2=144 p=0.488
Mn	2.83±0.53 a/a	3.5±0.73 a/a	3.51±0.32 a/a	3.56±0.31 a/a	3.38±0.91 a/a	3.22±0.28 a/a	df1=5 F=0.498 df2=144 p=0.777
Al	5.69±0.94 a/a	11.31±1.76 a/a	9.85±2.33 a/a	8.21±2.35 a/a	5.37±1.57 a/a	48.19±37.14 a/a	df1=5 F=0.577 df2=144 p=0.718
Co	0.11±0.02 a/a	0.16±0.03 a/a	0.18±0.02 a/a	0.14±0.01 a/a	0.2±0.03 a/a	0.14±0.02 a/a	df1=5 F=0.775 df2=144 p=0.569
Ni	0.12±0.03 a/a	0.17±0.04 a/a	0.19±0.04 a/a	0.17±0.04 a/a	0.26±0.1 a/a	0.16±0.04 a/a	df1= 5 F=0.458 df2=144 p=0.807
Zn	14.92±1.88 a/a	19.06±3.15 a/a,b	2.68±1.2 a/a,b	16.64±0.85 a/a	12.72±3.13 a/a	16.6±0.88 a/a	df1=5 F=2.481 df2= 144 p=0.034
Cr	0.57±0.12 a/a	0.84±0.17 a/b	0.17±0.08 a/a,b	0.7±0.04 a/a,b	0.39±0.12 a/a,b	0.54±0.01 a/a	df1= 5 F=1.745 df2=144 p=0.128
As	0.02±0 a,b/a	0.02±0 a/a	0.01±0 a,b/a	0.03±0 a,b,c/a,b	0.03±0.01 b,c/b	0.05±0.01 c/b	df1=5 F=4.384 df2=144 p=0.001
Pb	0.01±0 a/a	0.03±0.01 a/a	0.01±0 a/a	0±0 a/a	0.01±0.01 a/a	0.02±0.02 a/a	df1=5 F=1.315 df2= 132 p=0.262
Cd	0.01±0 a/a,b	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a,b	0.01±0 a/a,b	0.02±0.01 a/b	0.01±0 a/a,b	df1= 5 F=1.421 df2=82 p=0.225
B	0.82±0.19 a/a	0.32±0.08 a/a	0.04±0.02 a/a	1.13±0.31 a/a	0.48±0.11 a/a	5.34±4.86 a/a	df1= 5 F=0.942 df2= 140 p=0.456
Hg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	

n birey sayısını göstermektedir. Sonuçlar ppm düzeyindedir. ^a = ortalama ± standart hata

TE: Tespit edilemedi

Her metal birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiş olup, değerlendirilen lokaliteler arasındaki ağır metal birikim düzeyleri farklı olan lokaliteler farklı harfler ile gösterilmiştir. “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

Çizelge 4.26. Kış mevsimine ait örneklerin karaciğer organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=1)	İstasyon 4 (n=4)
Cu	0.23±0	1.87±0.42
Fe	92.91±0	58.78±7.51
Mn	0.34±0	1.87±0.51
Al	169.33±0	8.96±4.01
Co	0.05±0	0.08±0.01
Ni	1.4±0	0.13±0.04
Zn	17.38±0	9.17±0.01
Cr	0.34±0	0.27±0.04
As	0.05±0	0.01±0
Pb	0.06±0	0±0
Cd	TE	0.01±0
B	21.68±0	1.16±0.69
Hg	TE	TE

Çizelge 4.27. Kış mevsimine ait örneklerin kas dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=1)	İstasyon 4 (n=4)
Cu	0.67±0	1.15±0.17
Fe	18.48±0	36.91±9.1
Mn	0.23±0	0.7±0.27
Al	11.56±0	11.79±5.37
Co	0.01±0	0.03±0.01
Ni	0.06±0	0.13±0.03
Zn	2.75±0	5.49±0.91
Cr	0.23±0	0.33±0.07
As	0.01±0	0.01±0
Pb	TE	0.001±0.0001
Cd	TE	0.001±0.0001
B	0.98±0	0.91±0.48
Hg	TE	TE

Çizelge 4.28. Kış mevsimine ait örneklerin böbrek organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri

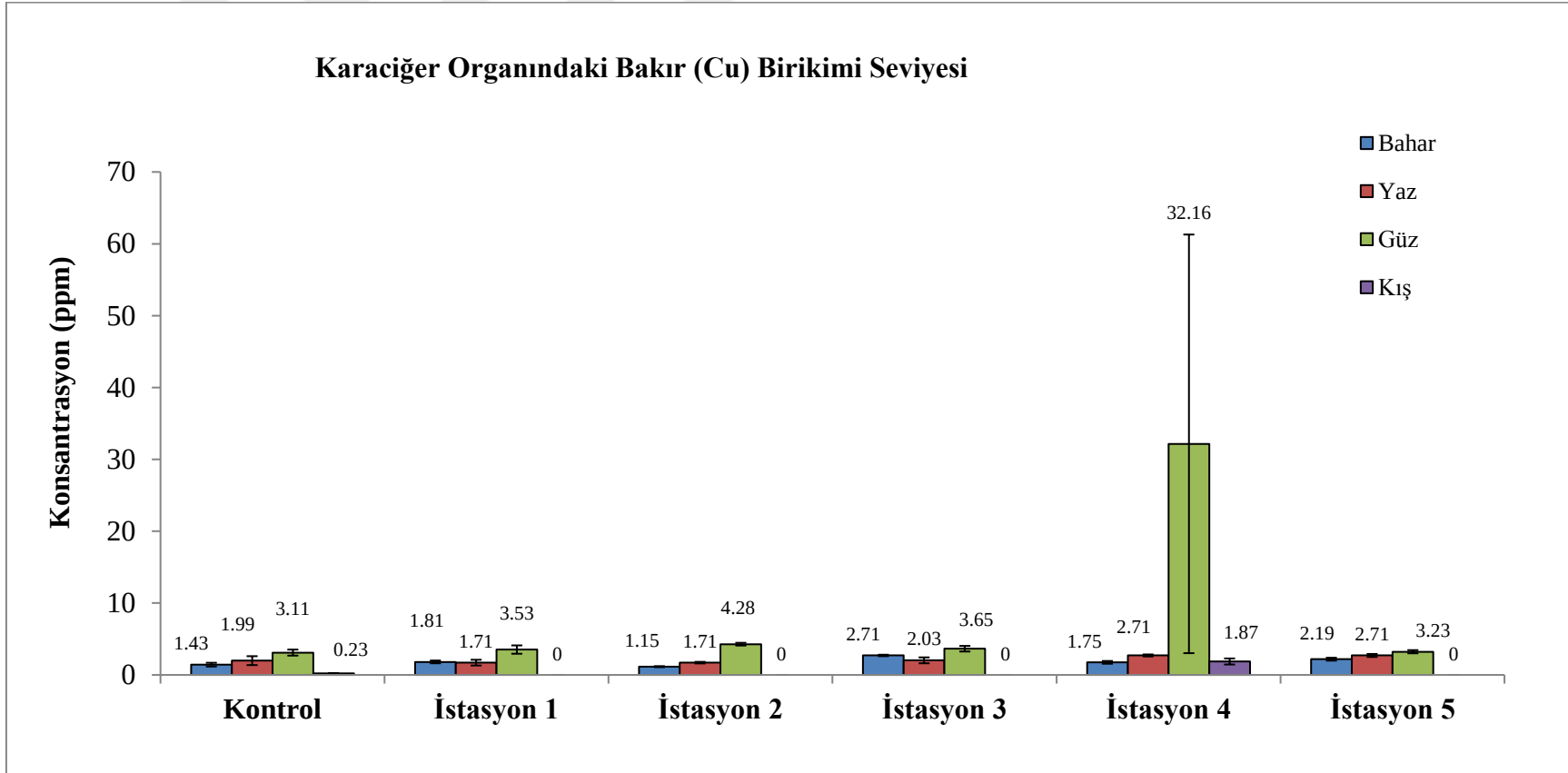
Ağır Metaller	Kontrol (n=1)	İstasyon 4 (n=4)
Cu	0.14±0	1.78±0.42
Fe	70.28±0	59.72±9.76
Mn	0.23±0	0.96±0.18
Al	2.5±0	28.24±21.58
Co	0.04±0	0.07±0.01
Ni	1.14±0	0.23±0.06
Zn	14.22±0	5.73±1.94
Cr	0.09±0	0.3±0.06
As	0.02±0	0.02±0.01
Pb	TE	0.01±0,01
Cd	TE	0.01±0.01
B	0.24±0	3.06±2.12
Hg	TE	TE

Çizelge 4.29. Kış mevsimine ait örneklerin deri-keratin dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=1)	İstasyon 4 (n=4)
Cu	0.86±0	1.34±0.27
Fe	121.88±0	349.34±47.47
Mn	4.35±0	11.51±1.25
Al	130.57±0	335.55±41.55
Co	0.14±0	0.38±0.05
Ni	1.07±0	3.12±0.42
Zn	17.68±0	26.5±6.56
Cr	0.88±0	1.85±0.24
As	0.02±0	0.04±0.01
Pb	0.01±0	0.04±0.01
Cd	0.0001±0	0.01±0.001
B	1.16±0	2.1±0.35
Hg	TE	TE

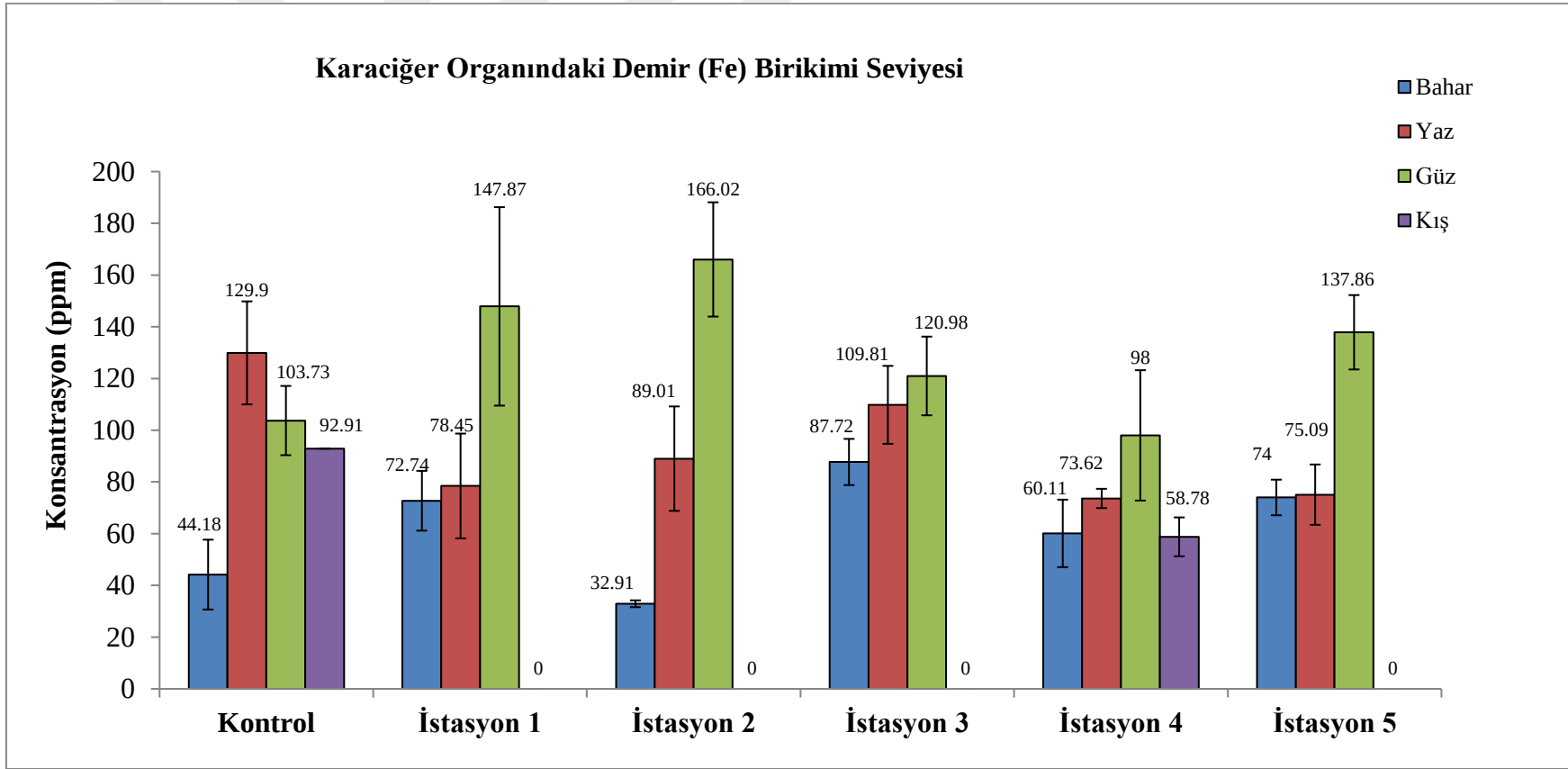
Çizelge 4.30. Kış mevsimine ait örneklerin kemik dokularındaki ağır metal birikim seviyeleri

Ağır Metaller	Kontrol (n=1)	İstasyon 4 (n=4)
Cu	0.73±0	0.51±0.32
Fe	18.1±0	90.67±1.82
Mn	0.23±0	0.52±0.22
Al	4.94±0	5.94±2.68
Co	0.01±0	0.05±0.01
Ni	0.1±0	1.16±0.47
Zn	2.44±0	15.19±4.3
Cr	0.24±0	0.13±0.03
As	0.01±0	0.02±0.01
Pb	0.01±0	0.02±0.02
Cd	0.0001±0	0.01±0.001
B	0.27±0	0.82±0.23
Hg	TE	TE

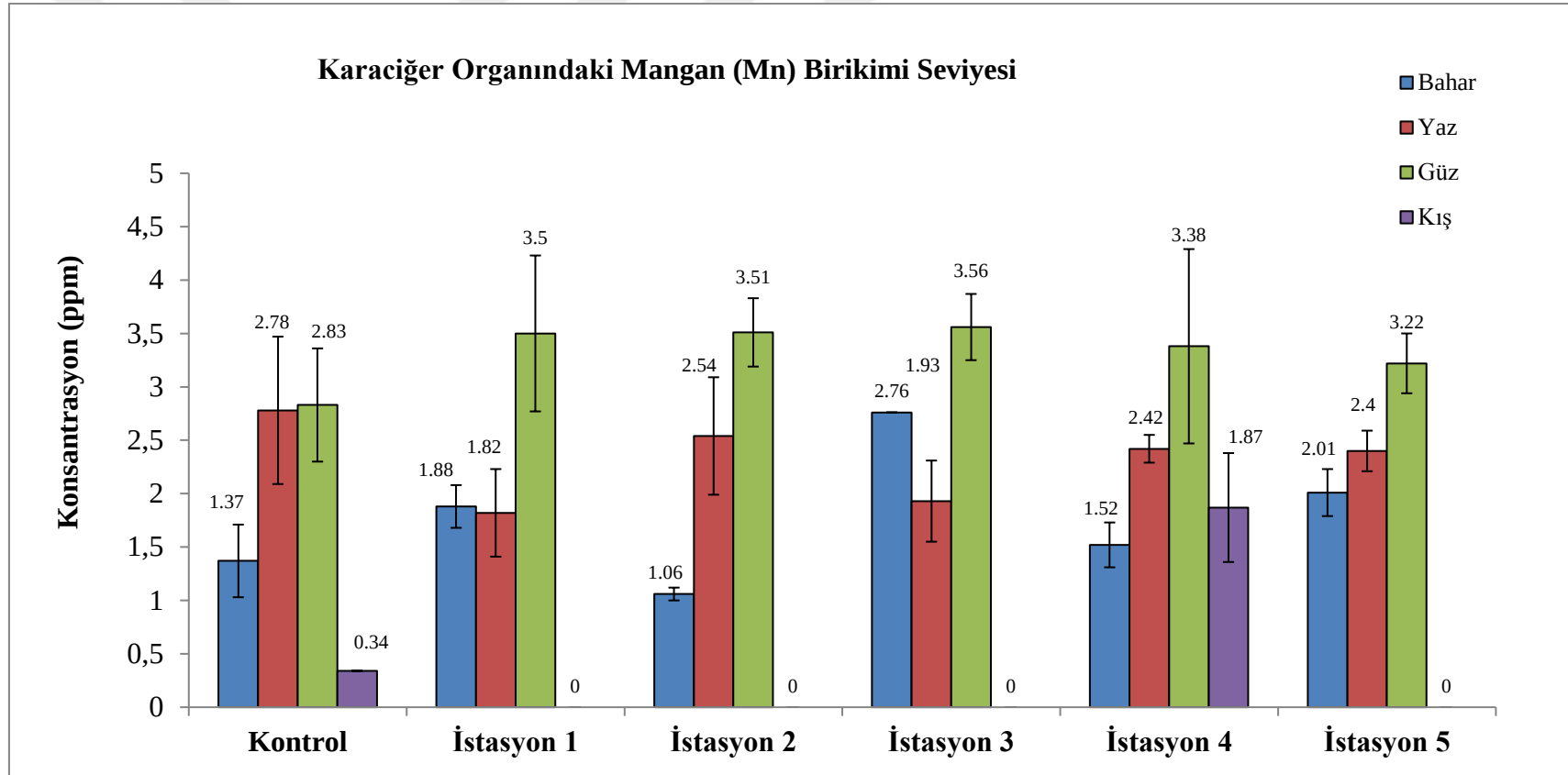


Şekil 4.10. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen bakır (Cu) birikim seviyeleri

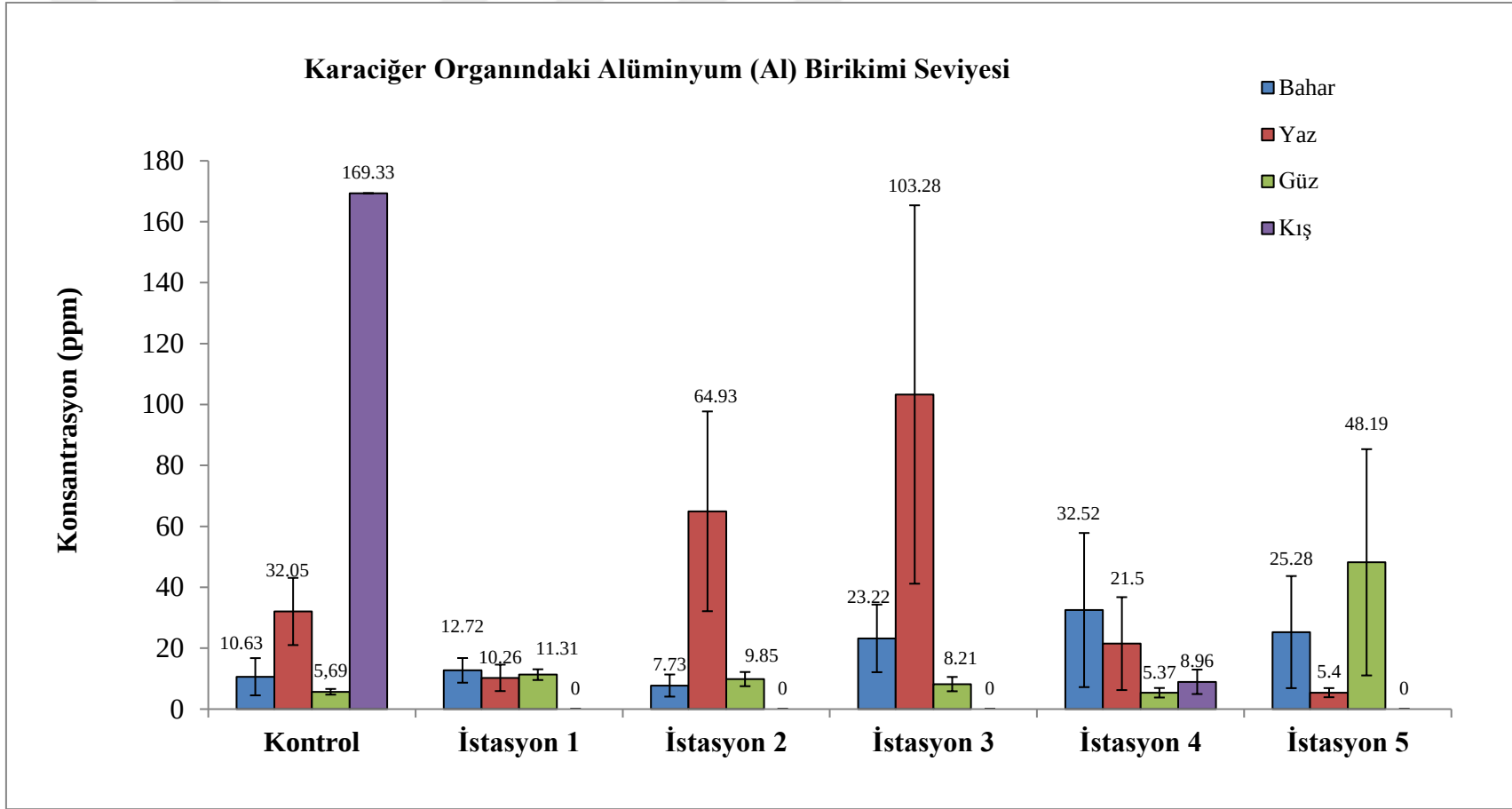
98



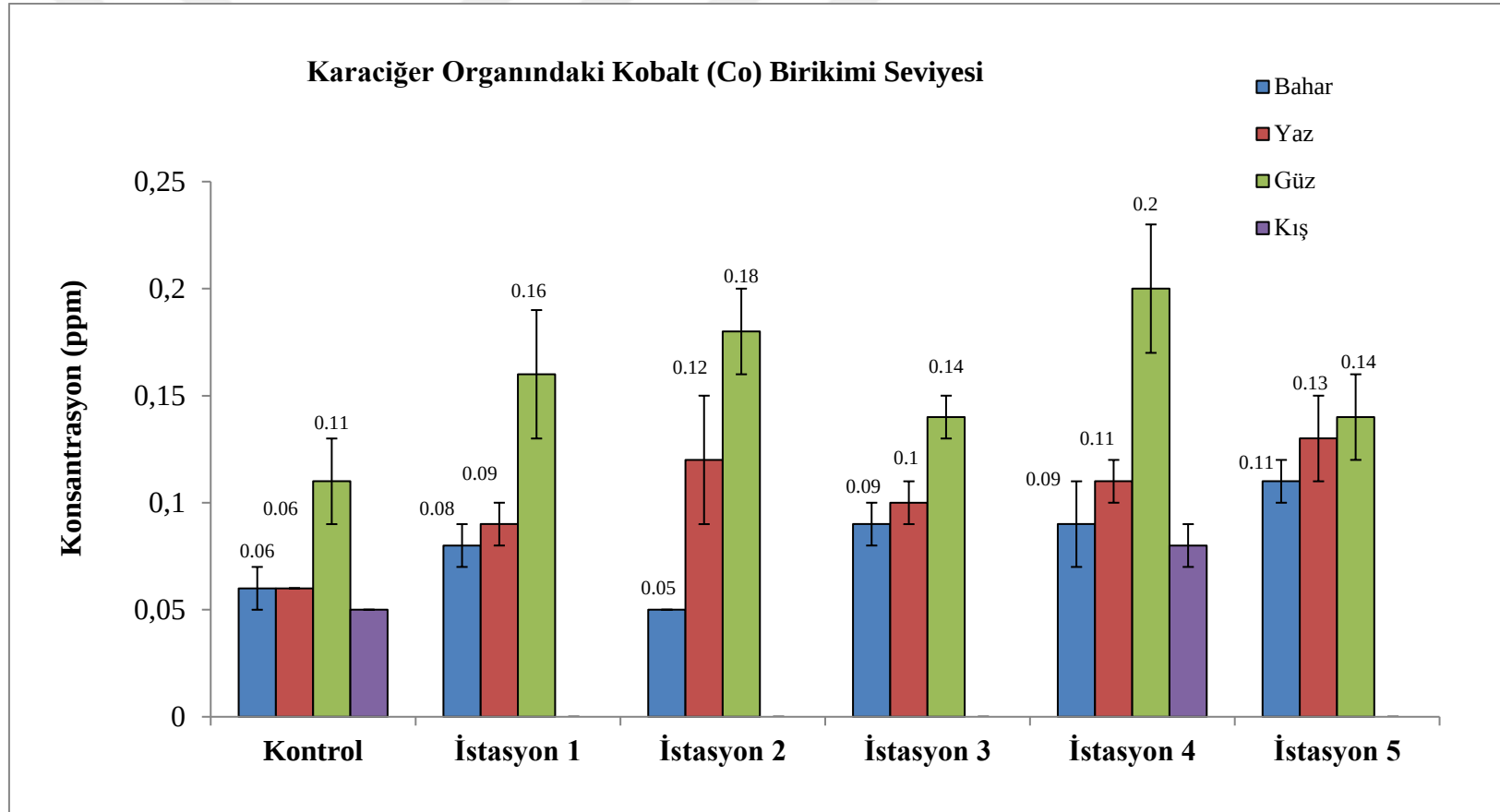
Şekil 4.11. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen demir (Fe) birikim seviyeleri



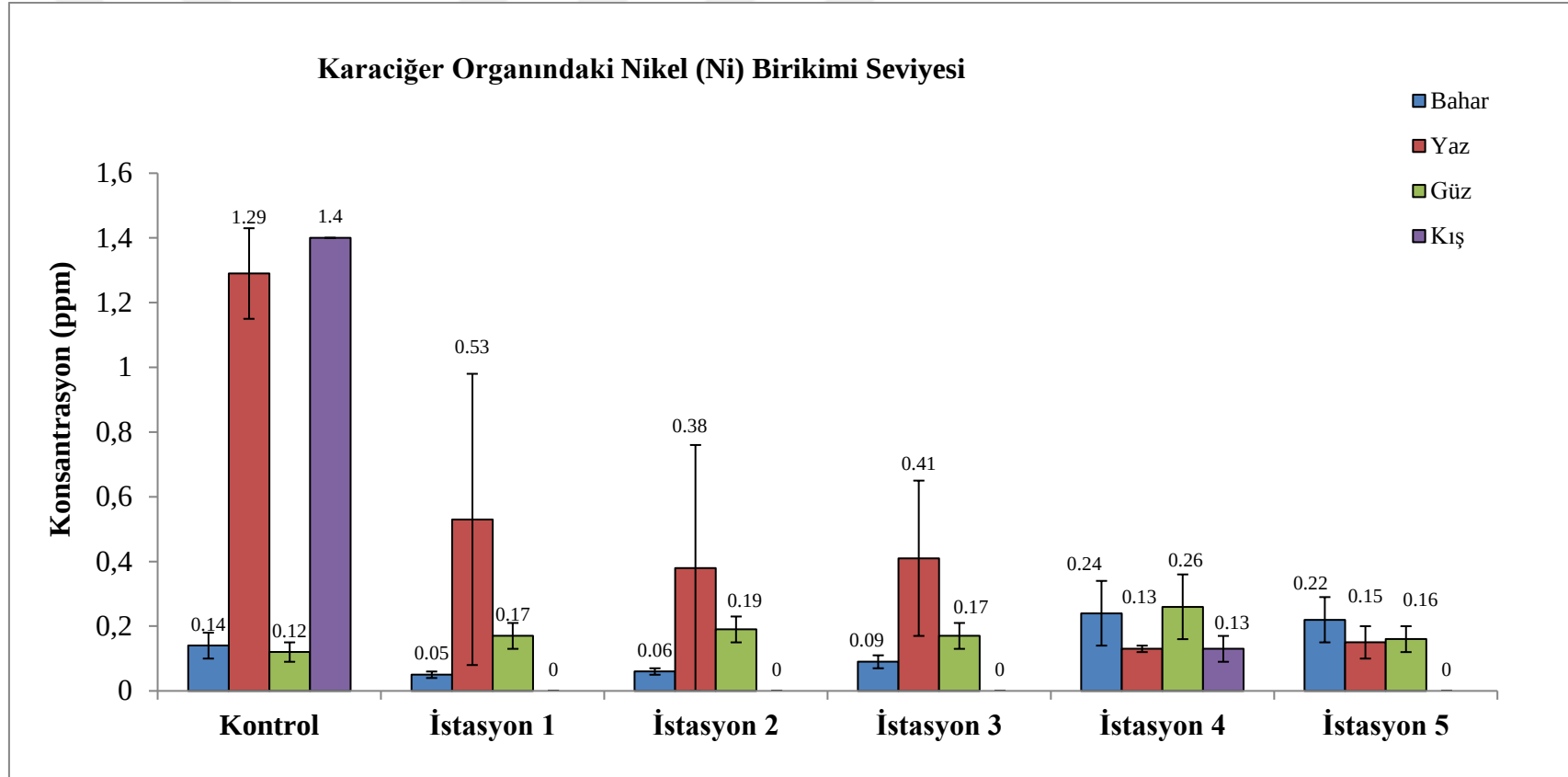
Şekil 4.12. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen mangan (Mn) birikim seviyeleri



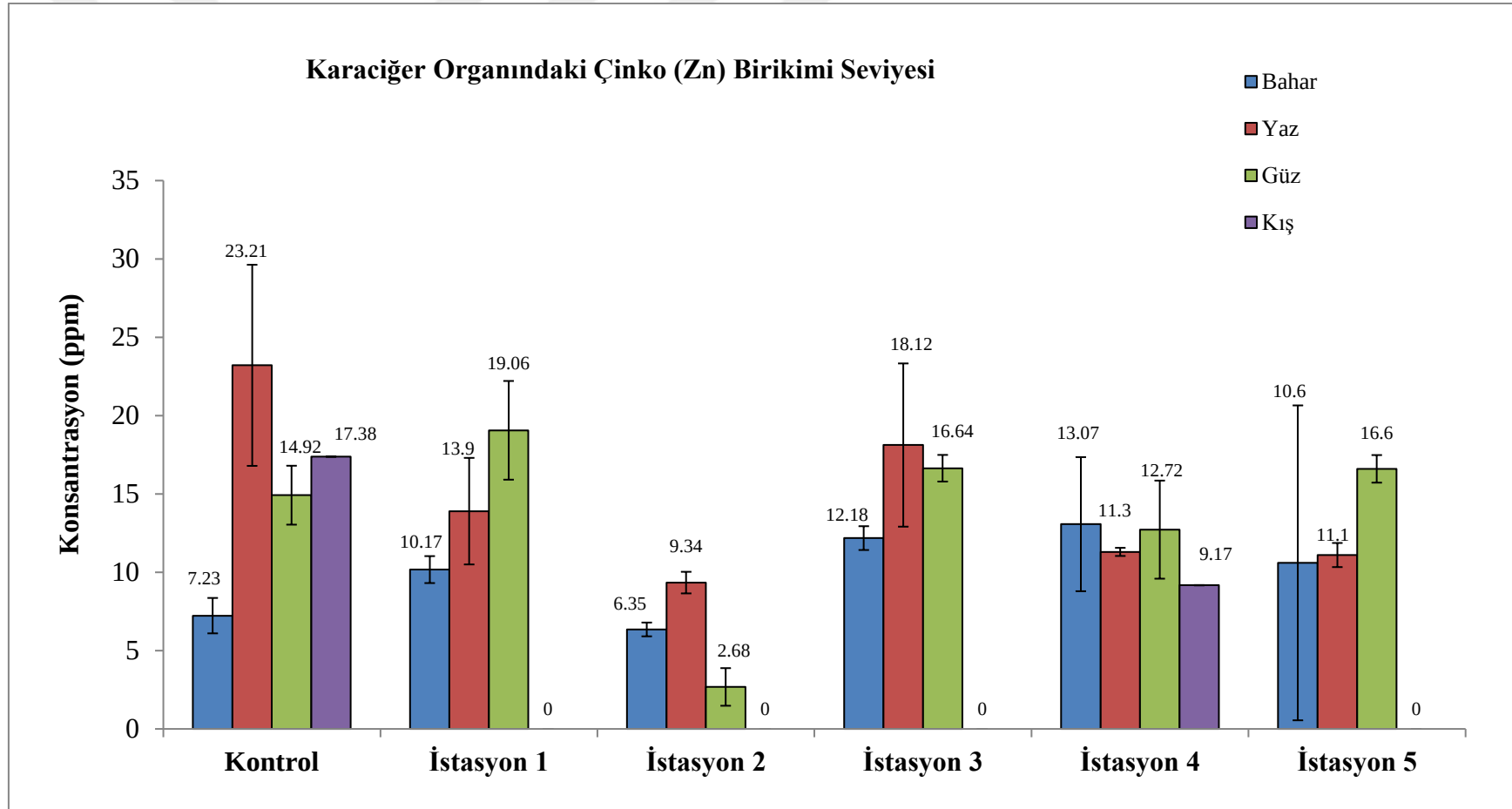
Şekil 4.13. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen alüminyum (Al) birikim seviyeleri



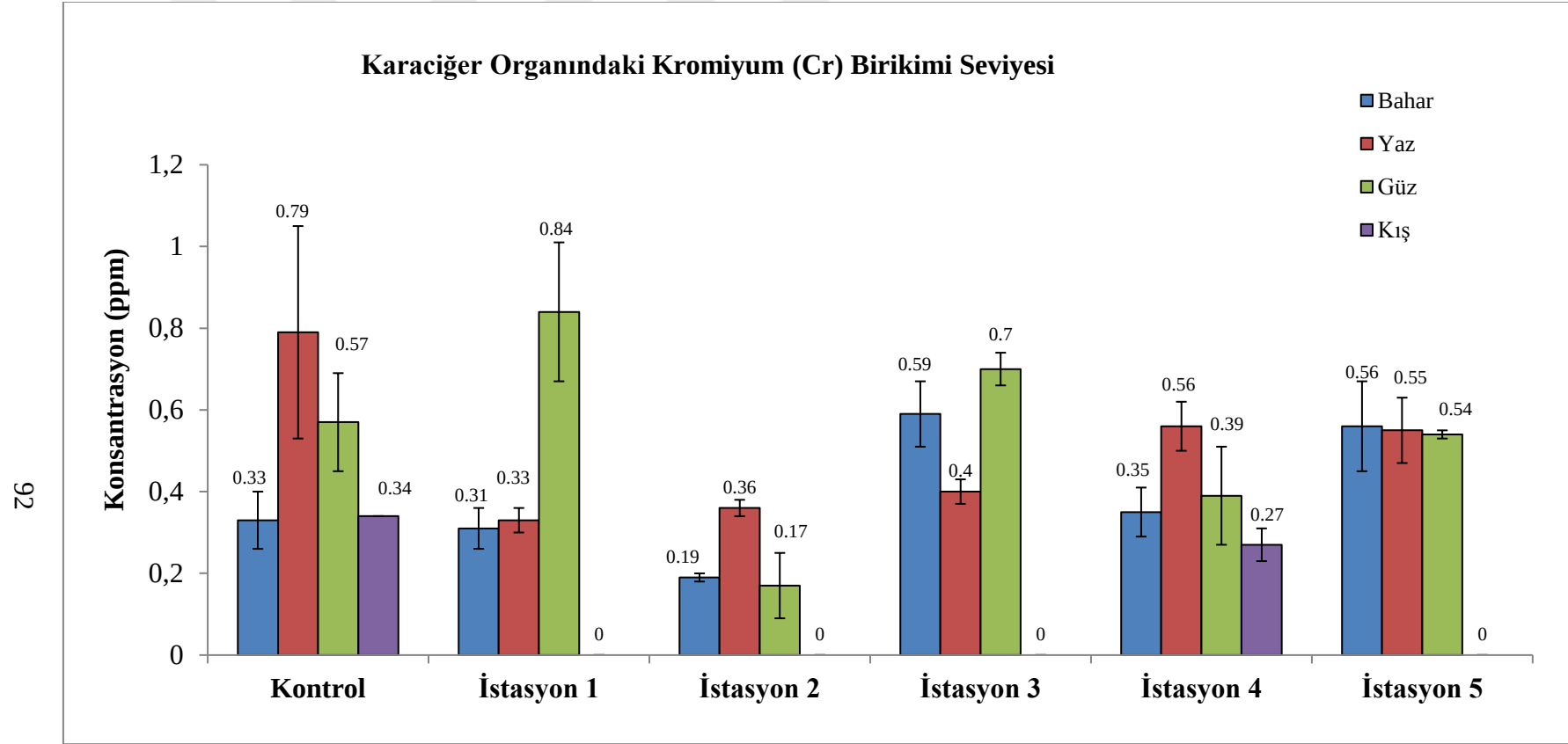
Şekil 4.14. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri



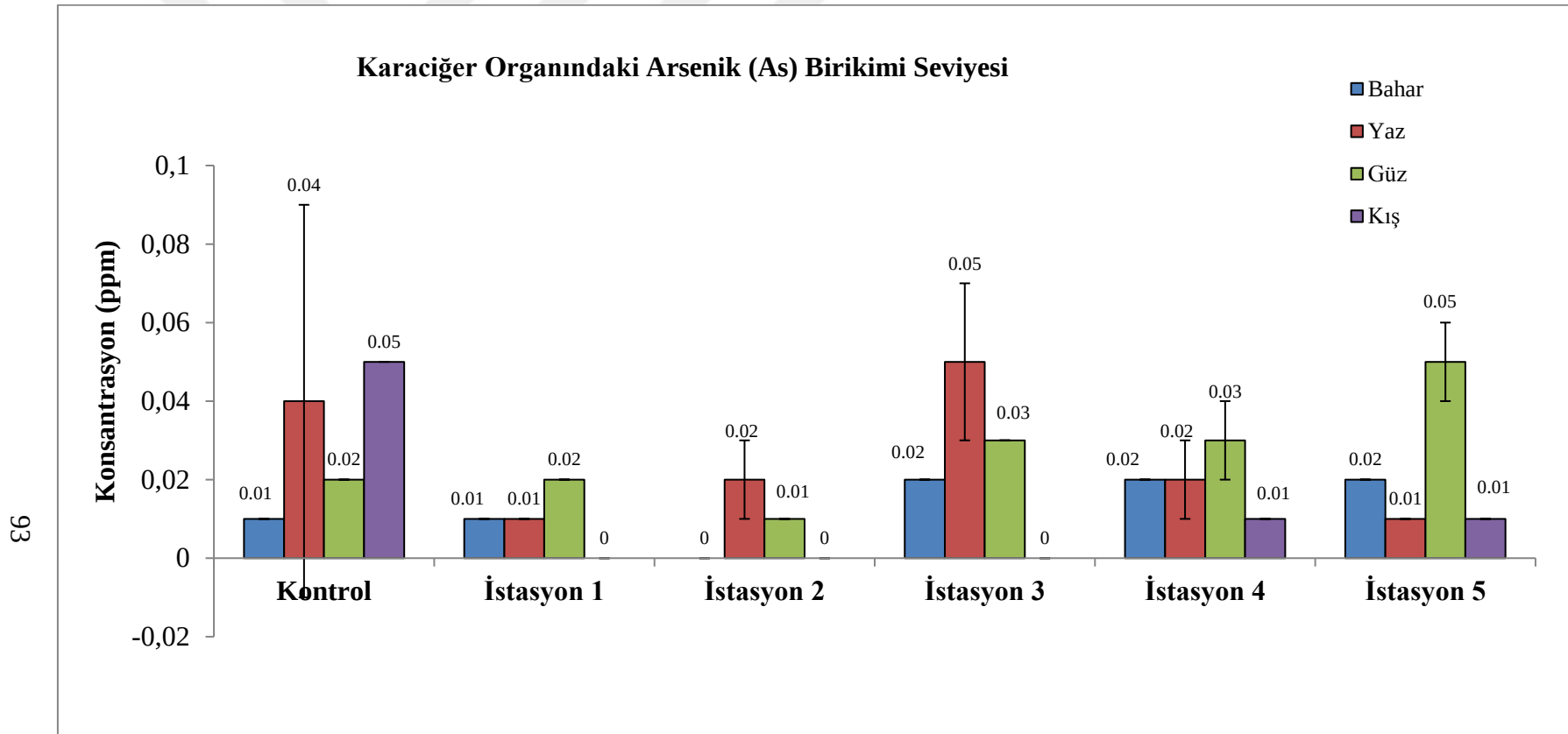
Şekil 4.15. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen nikel (Ni) birikim seviyeleri



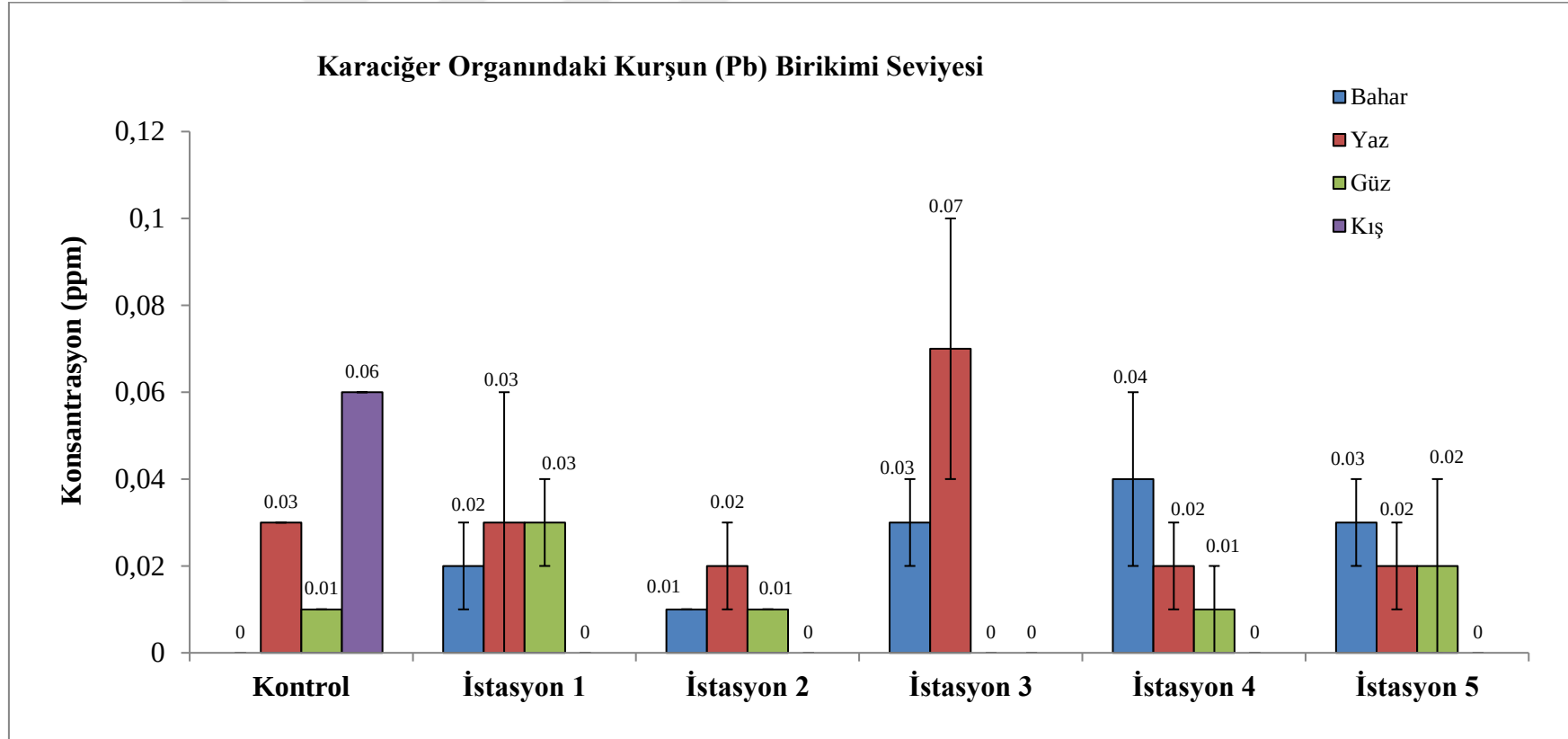
Şekil 4.16. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen çinko (Zn) birikim seviyeleri



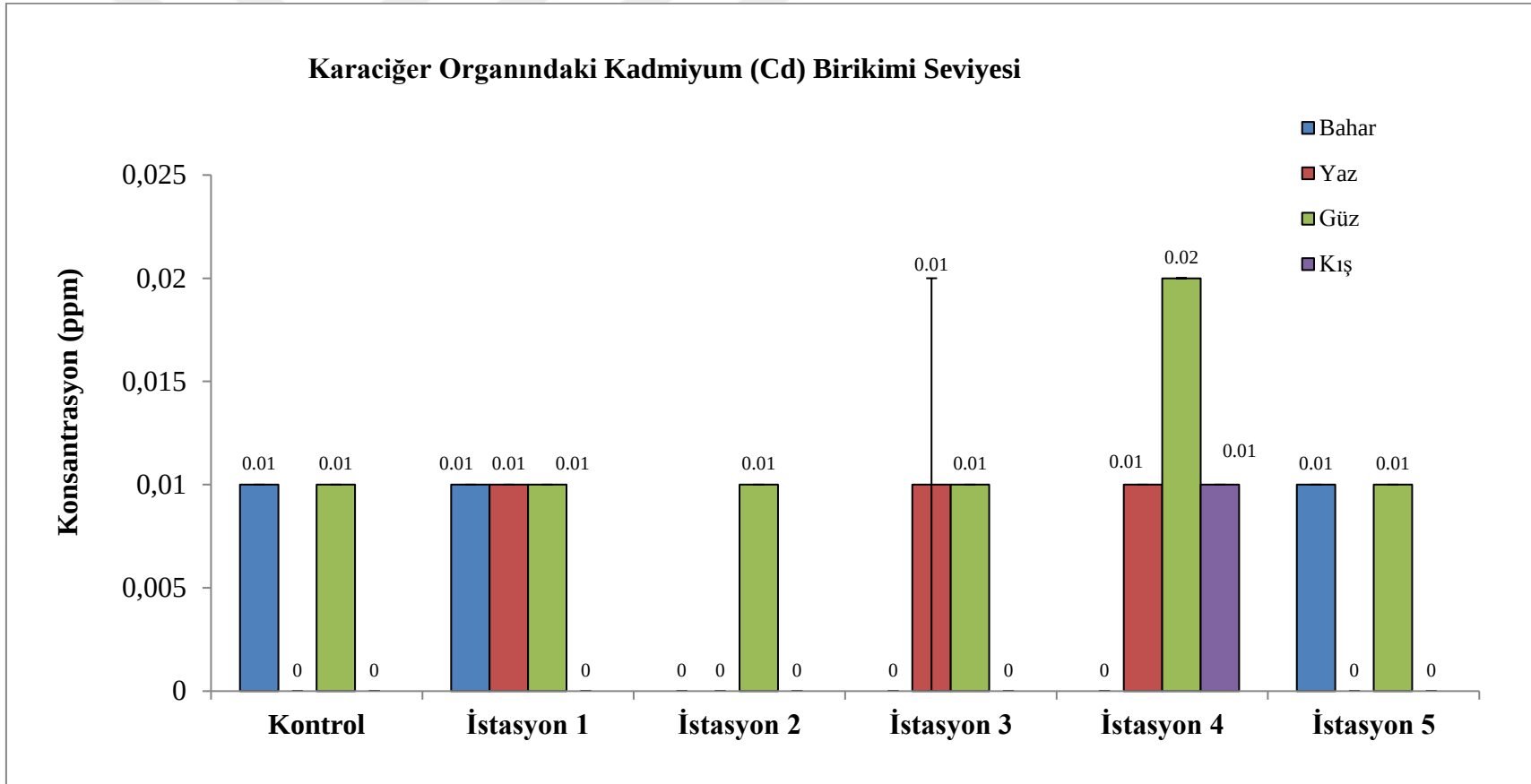
Şekil 4.17. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri



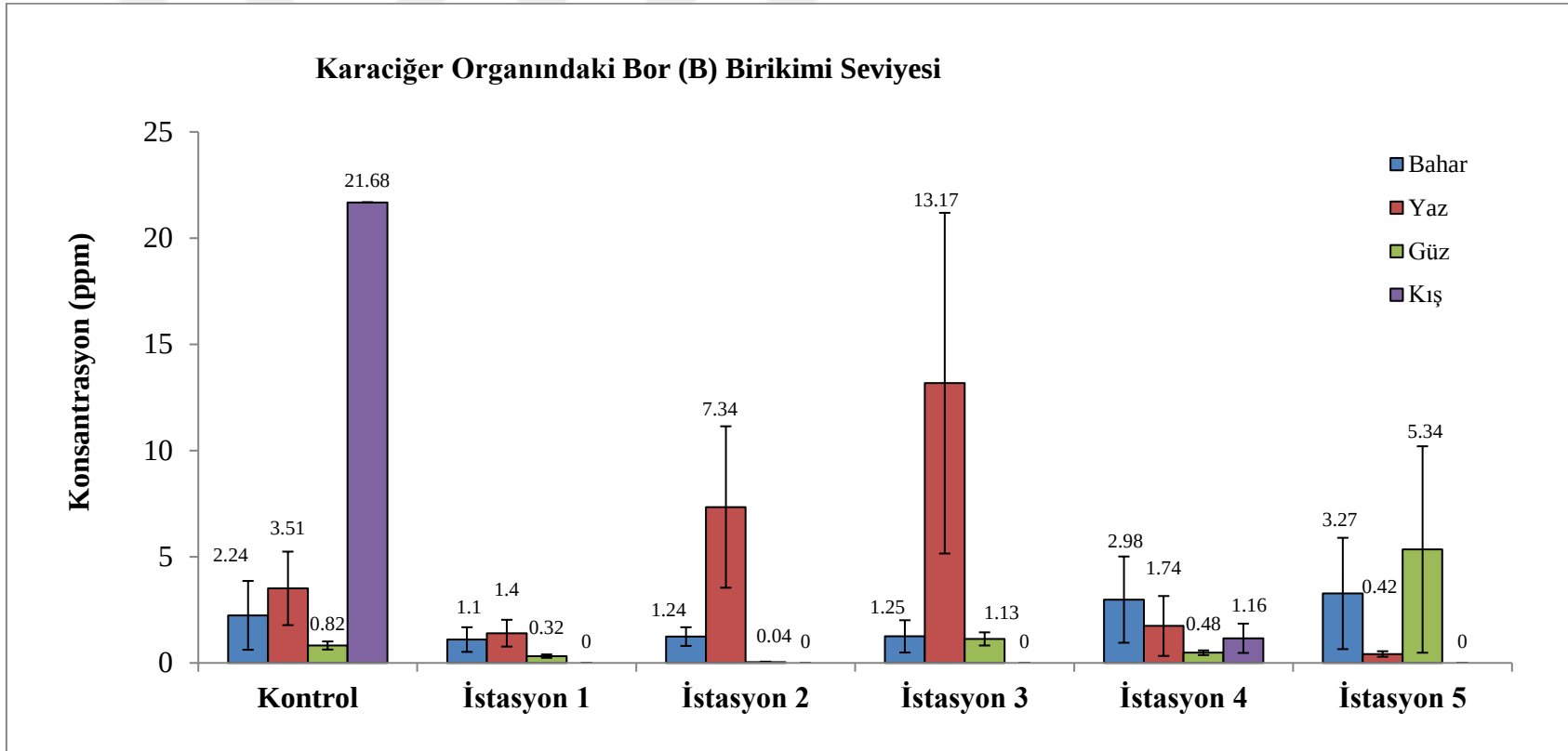
Şekil 4.18. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen arsenik (As) birikim seviyeleri



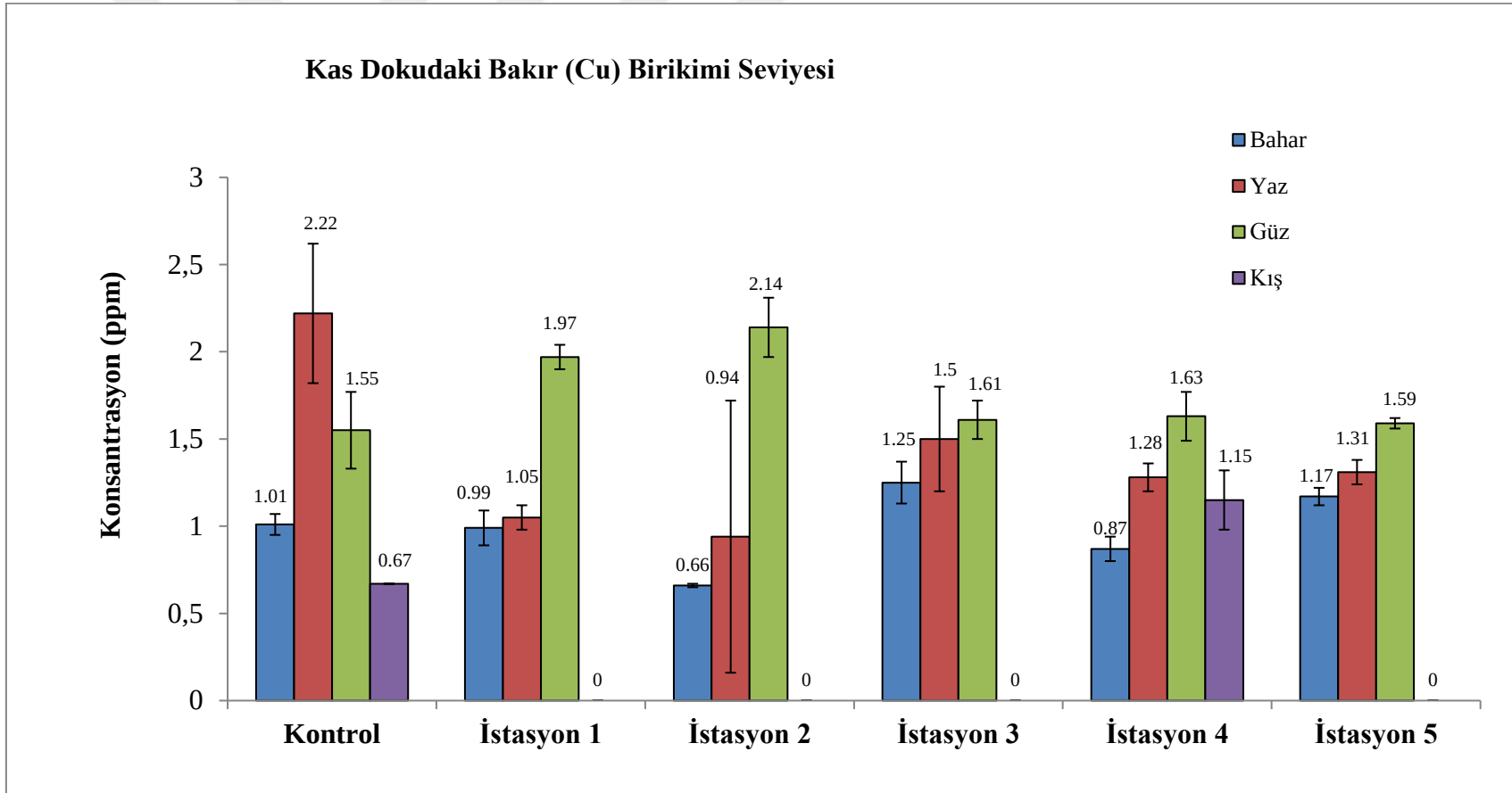
Şekil 4.19. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen kurşun (Pb) birikim seviyeleri



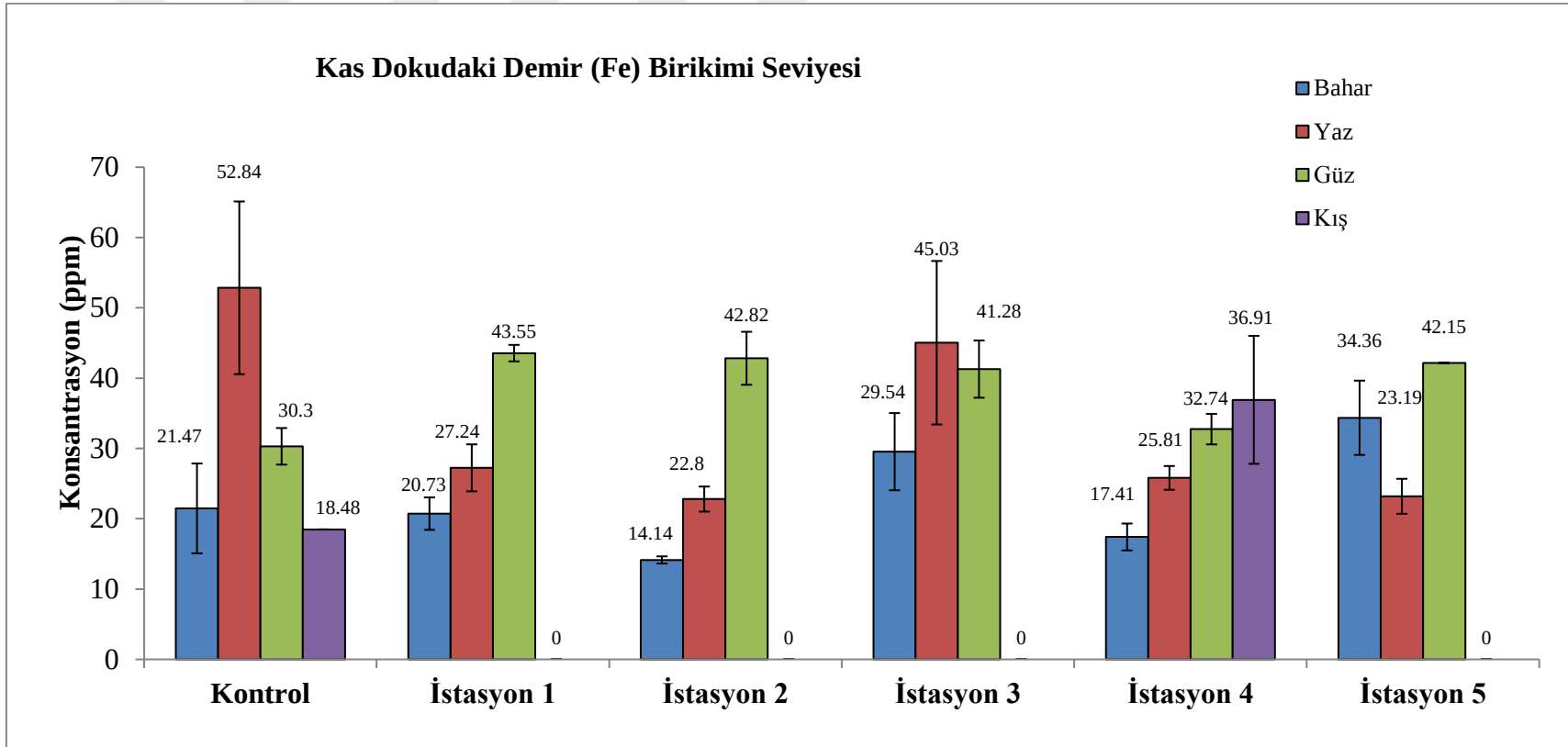
Şekil 4.20. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri



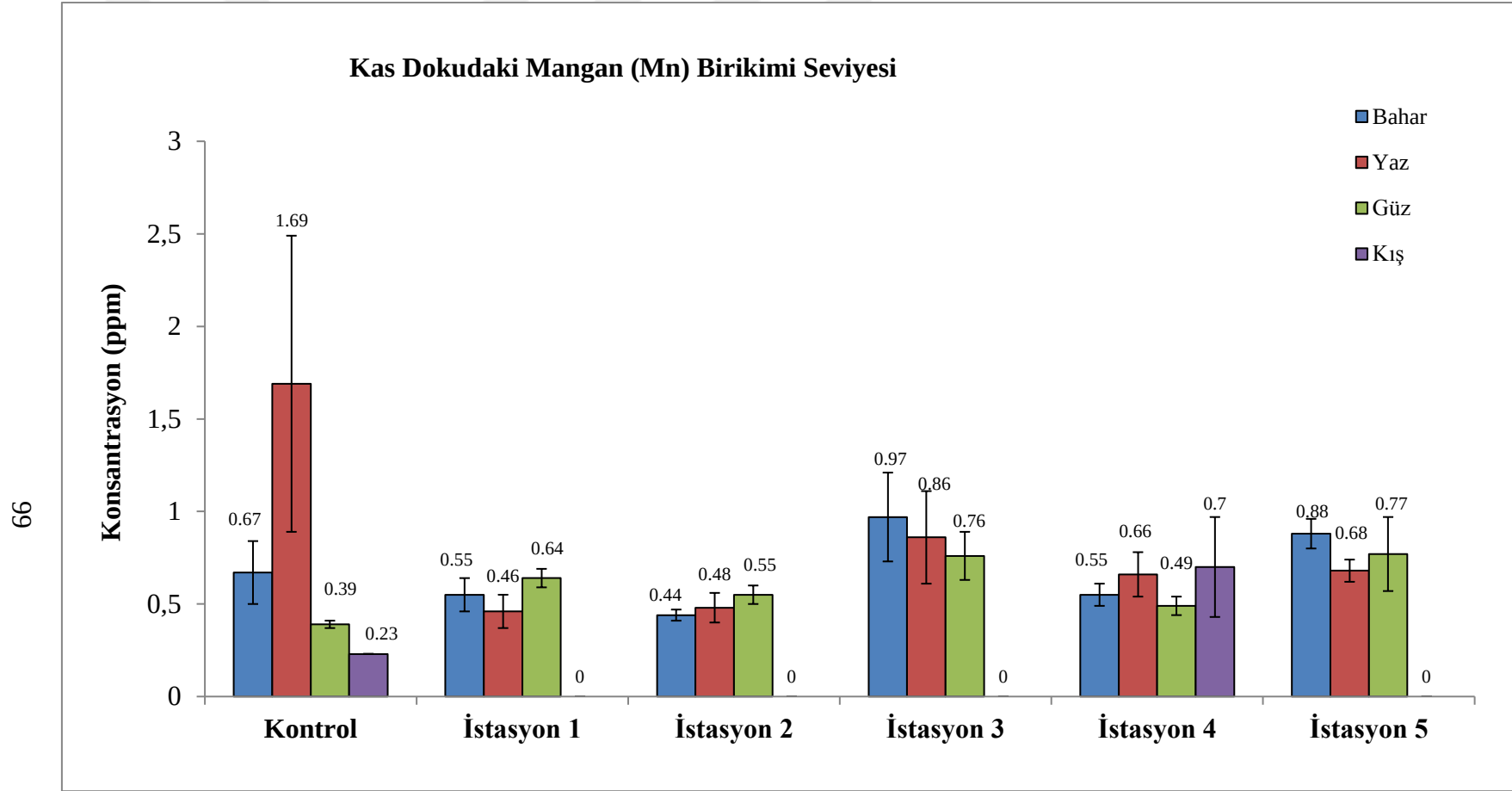
Şekil 4.21. *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organında mevsimsel olarak meydana gelen bor (B) birikim seviyeleri



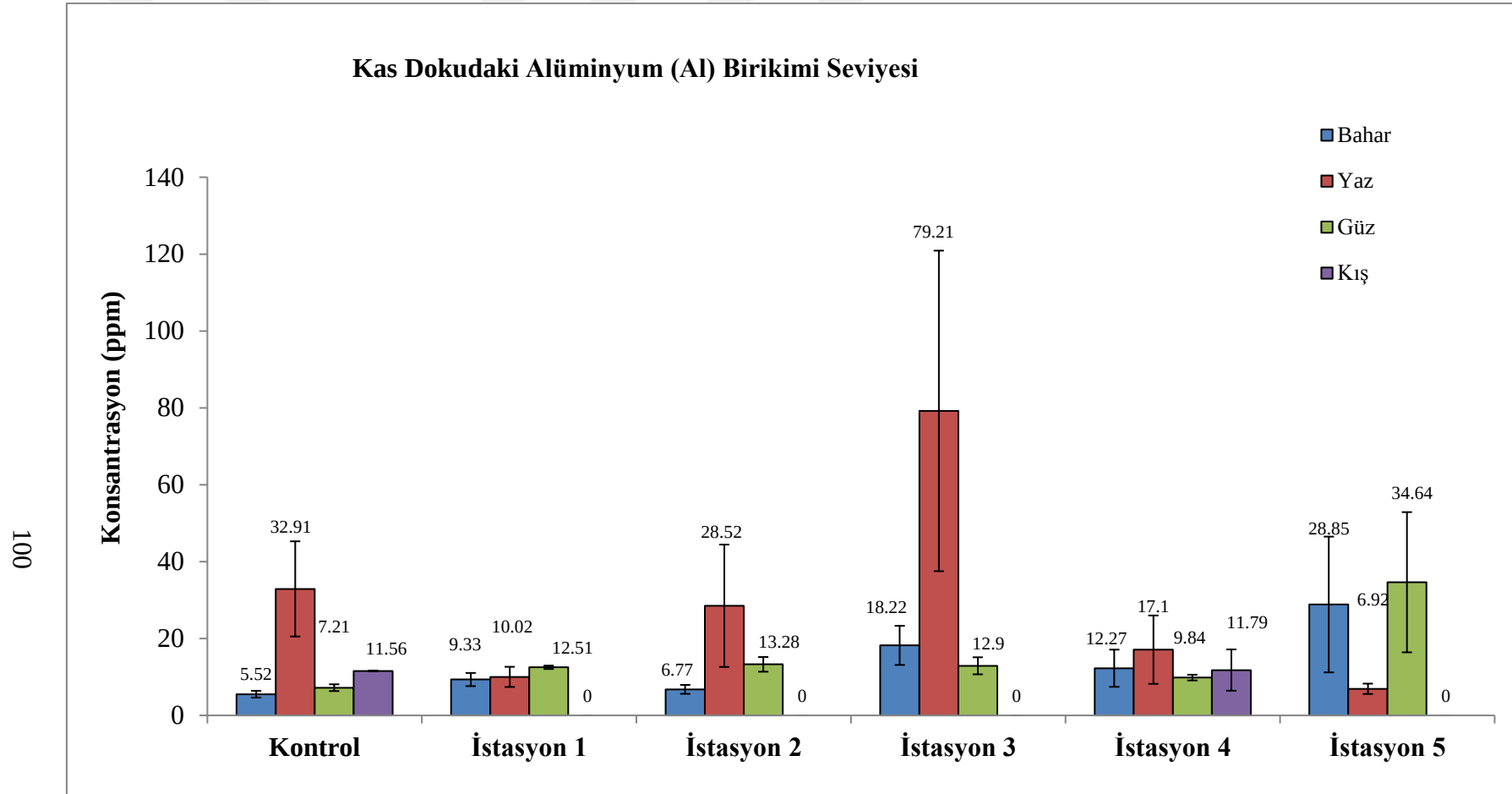
Şekil 4.22. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen bakır (Cu) birikim seviyeleri



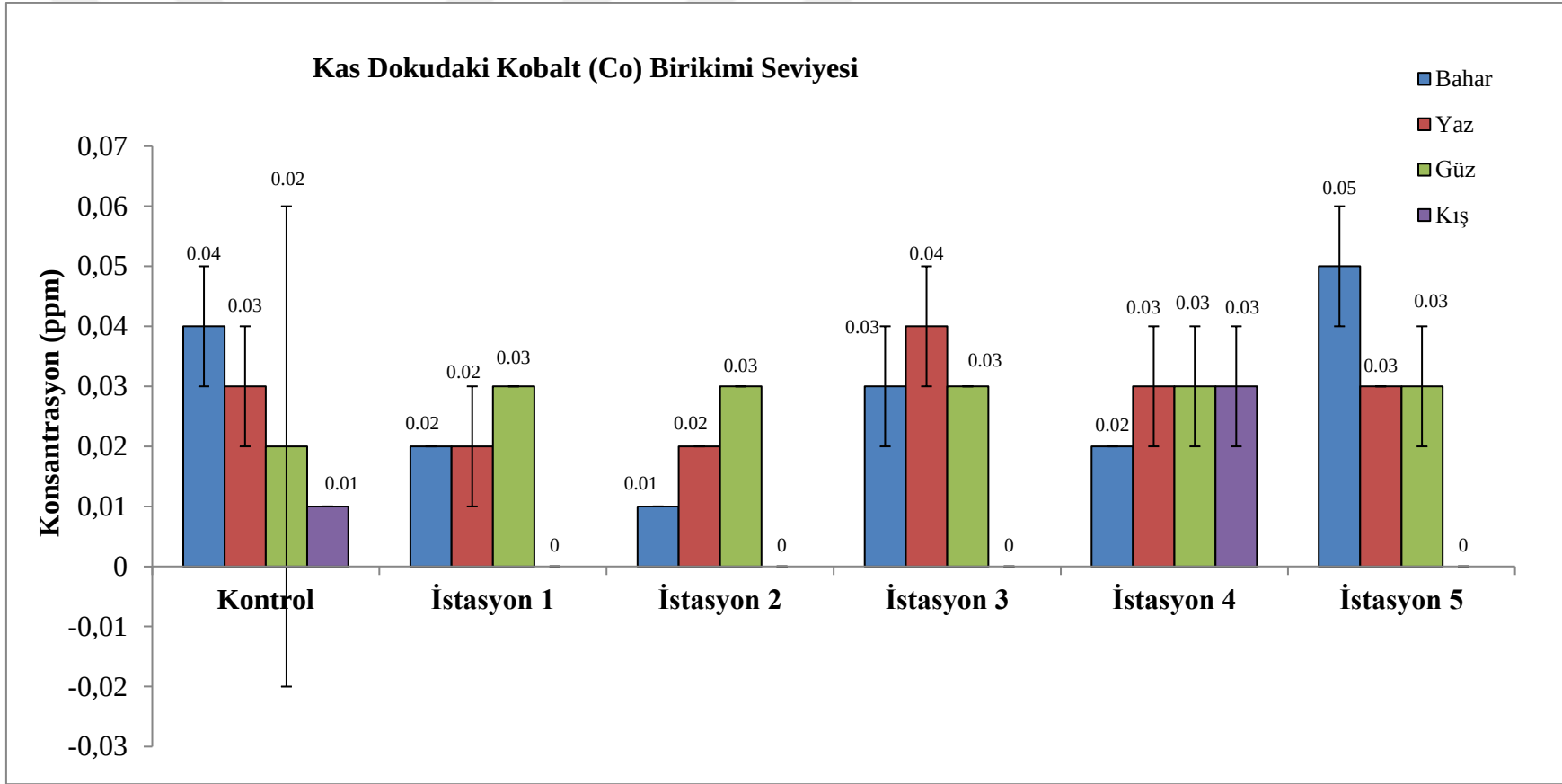
Şekil 4.23. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen demir (Fe) birikim seviyeleri



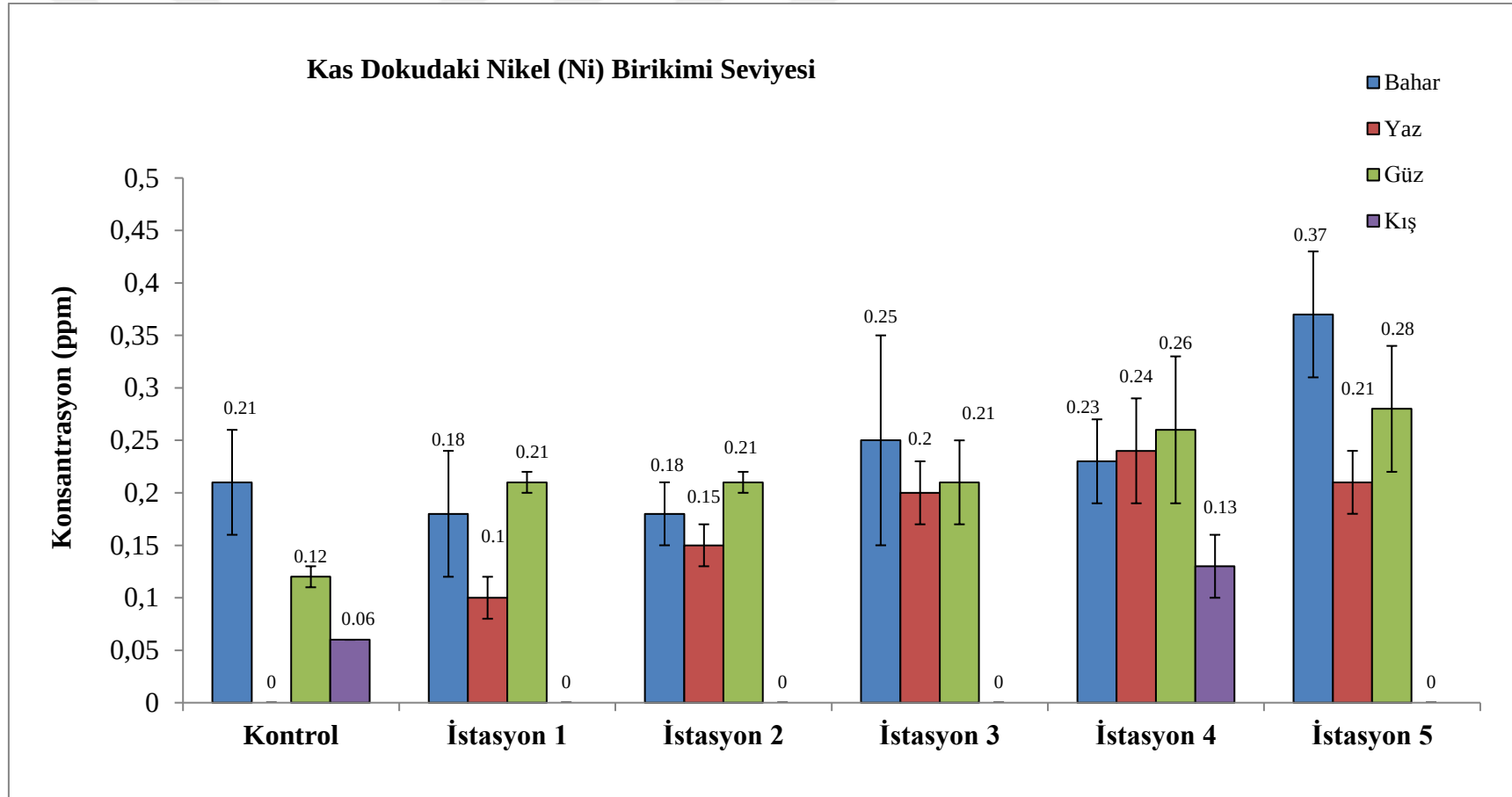
Şekil.4.24. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen mangan (Mn) birikim seviyeleri



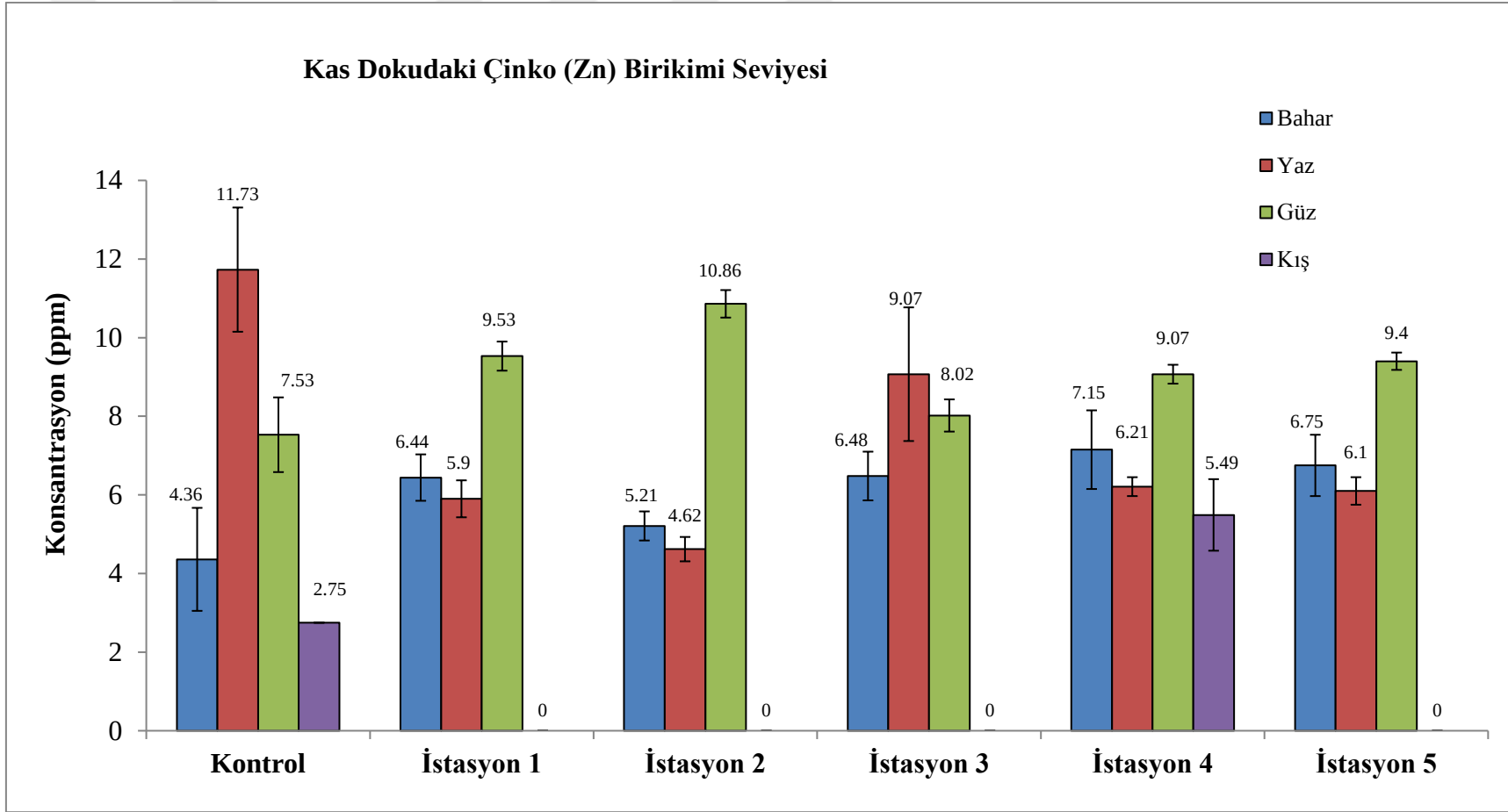
Şekil 4.25. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen alüminyum (Al) birikim seviyeleri



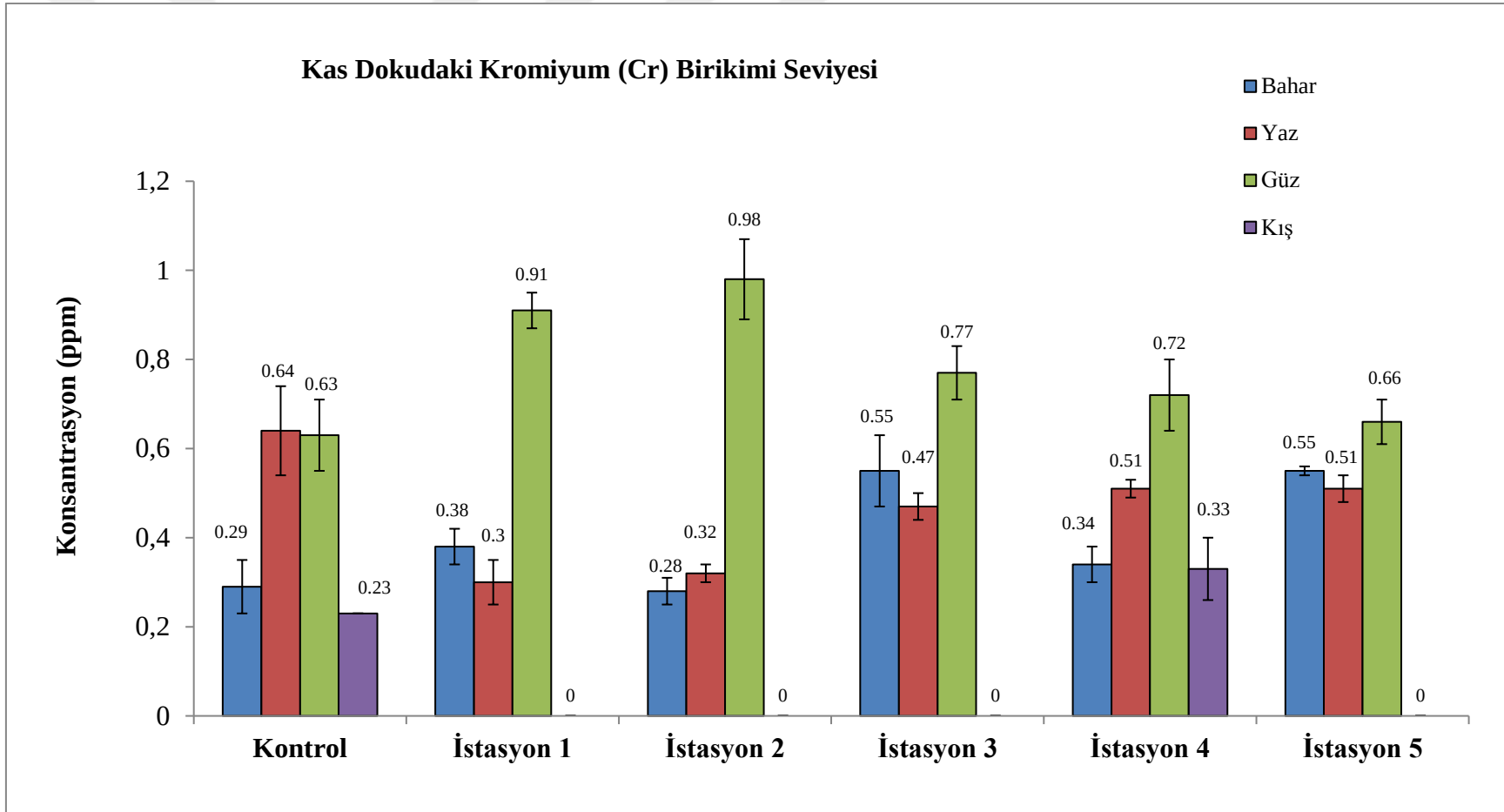
Şekil 4.26. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri



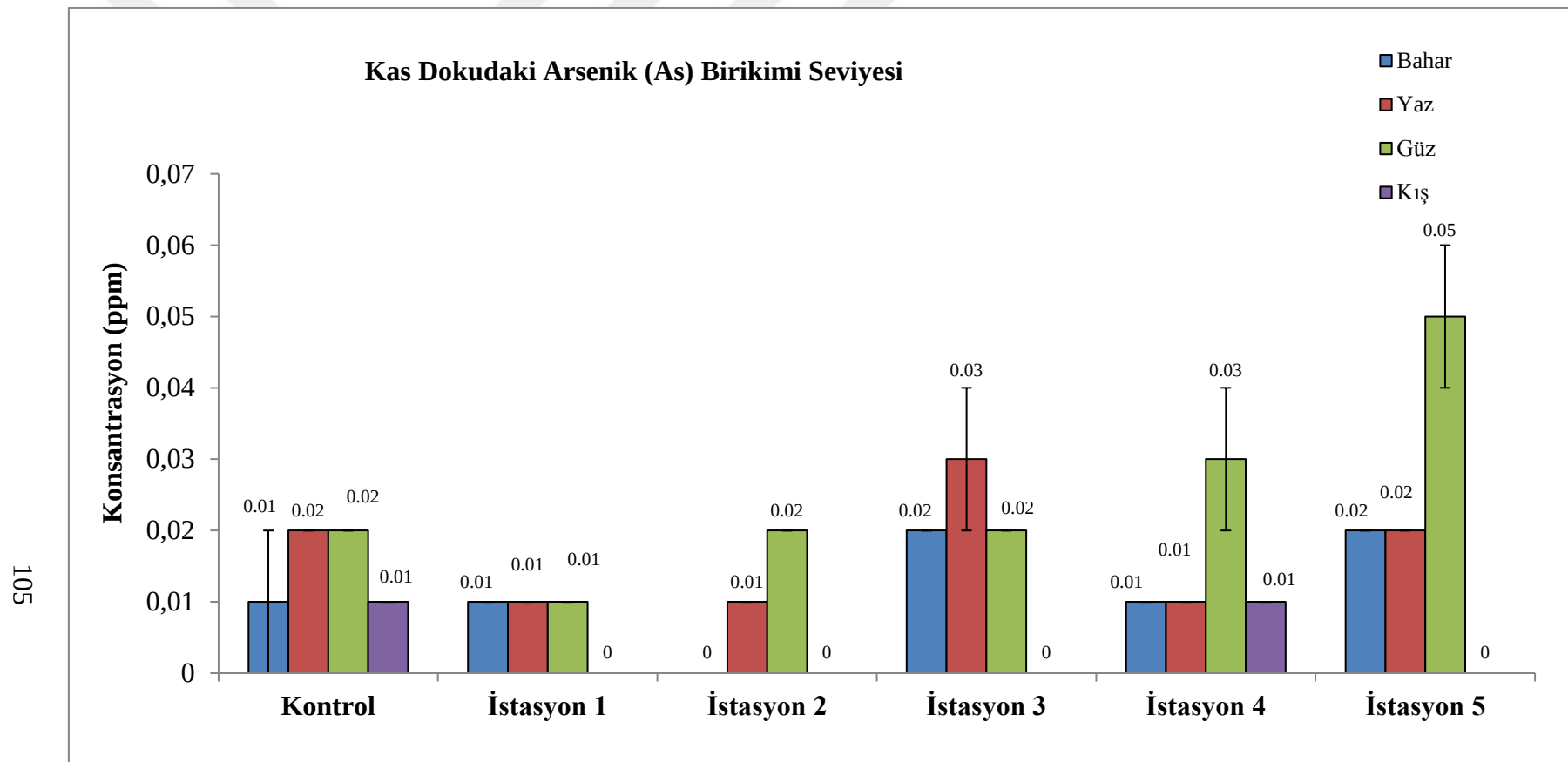
Şekil 4.27. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen nikel (Ni) birikim seviyeleri



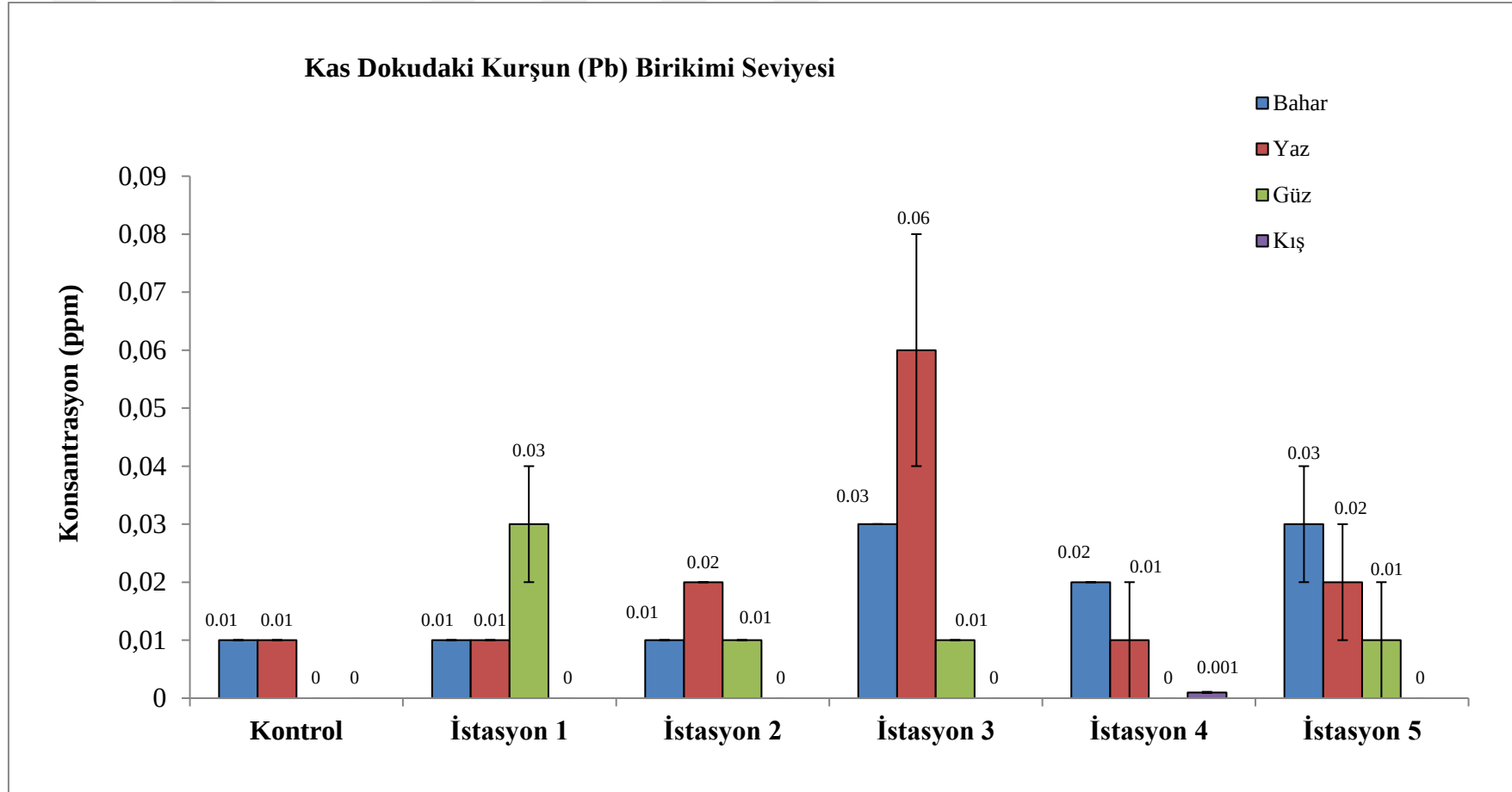
Şekil 4.28. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen çinko (Zn) birikim seviyeleri



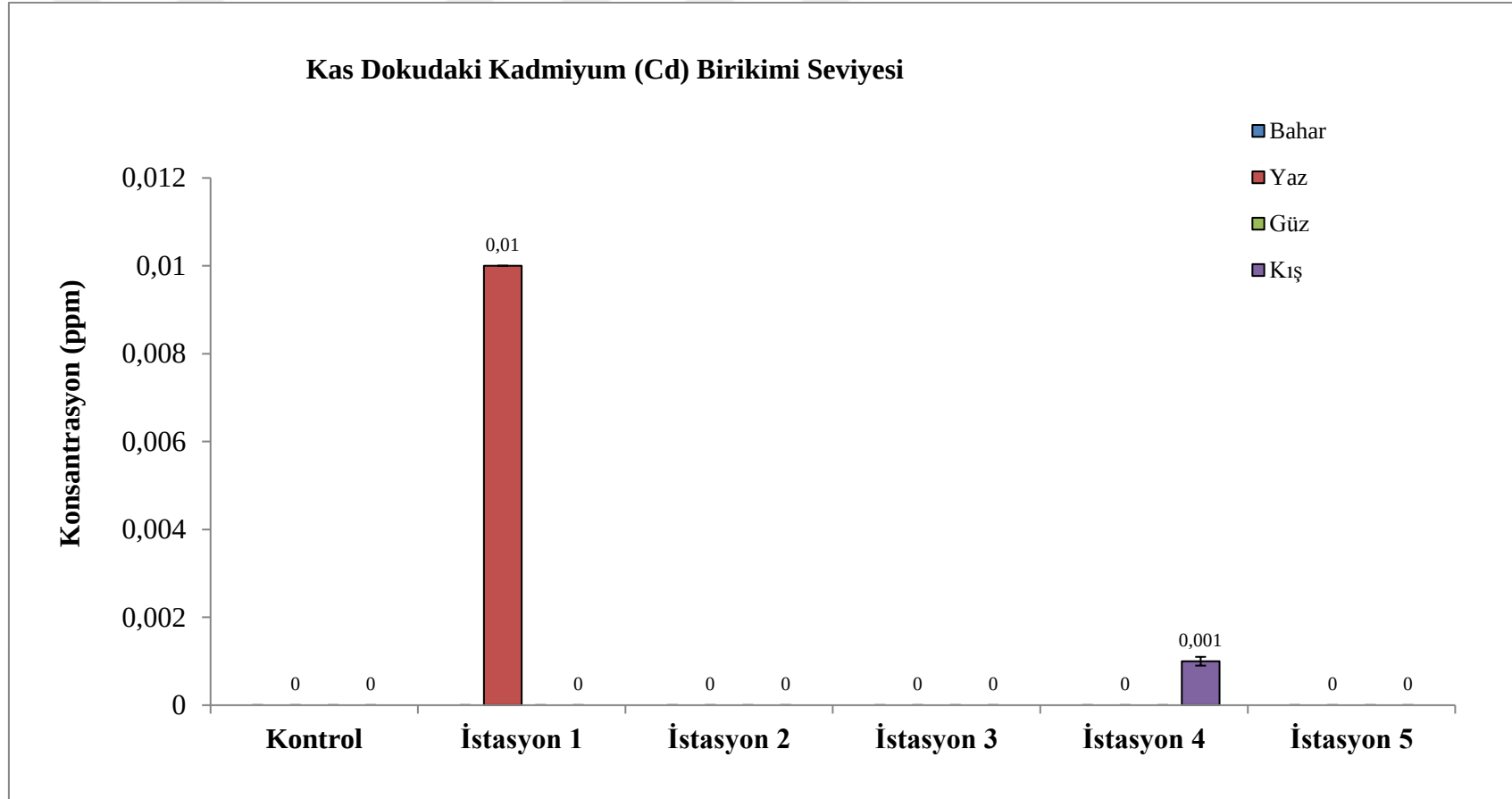
Şekil 4.29. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri



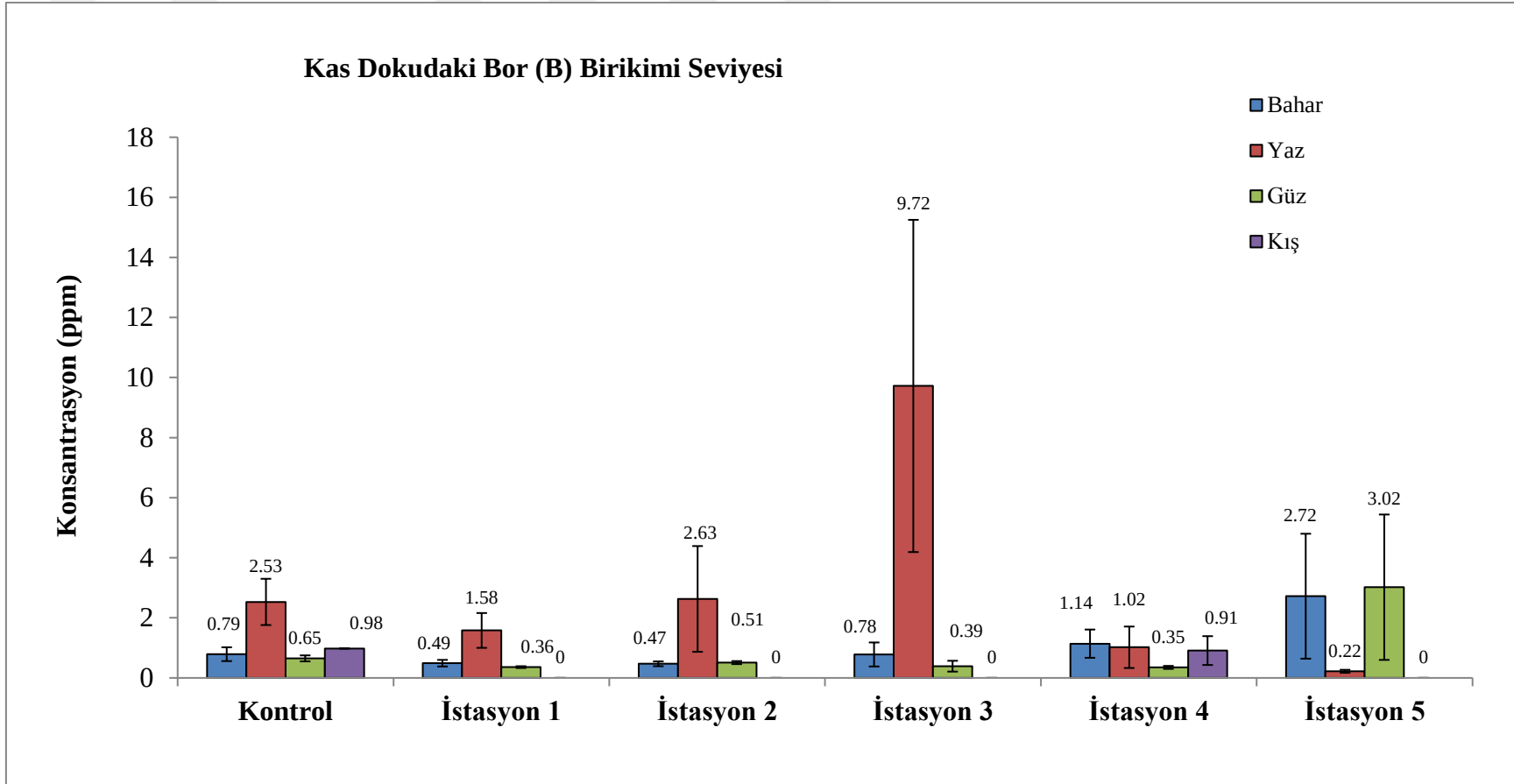
Şekil 4.30. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen arsenik (As) birikim seviyeleri



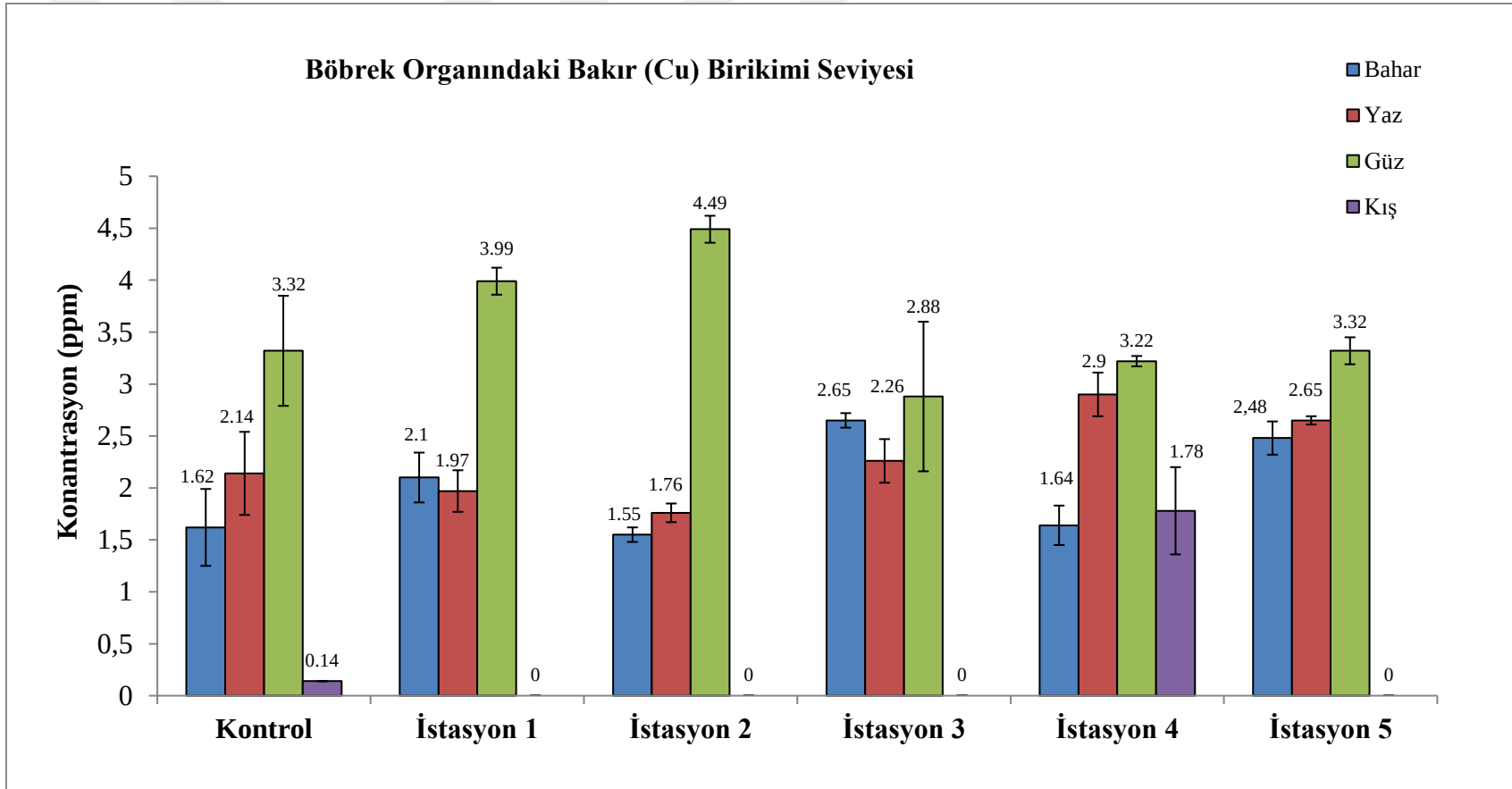
Şekil 4.31. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen kurşun (Pb) birikim seviyeleri



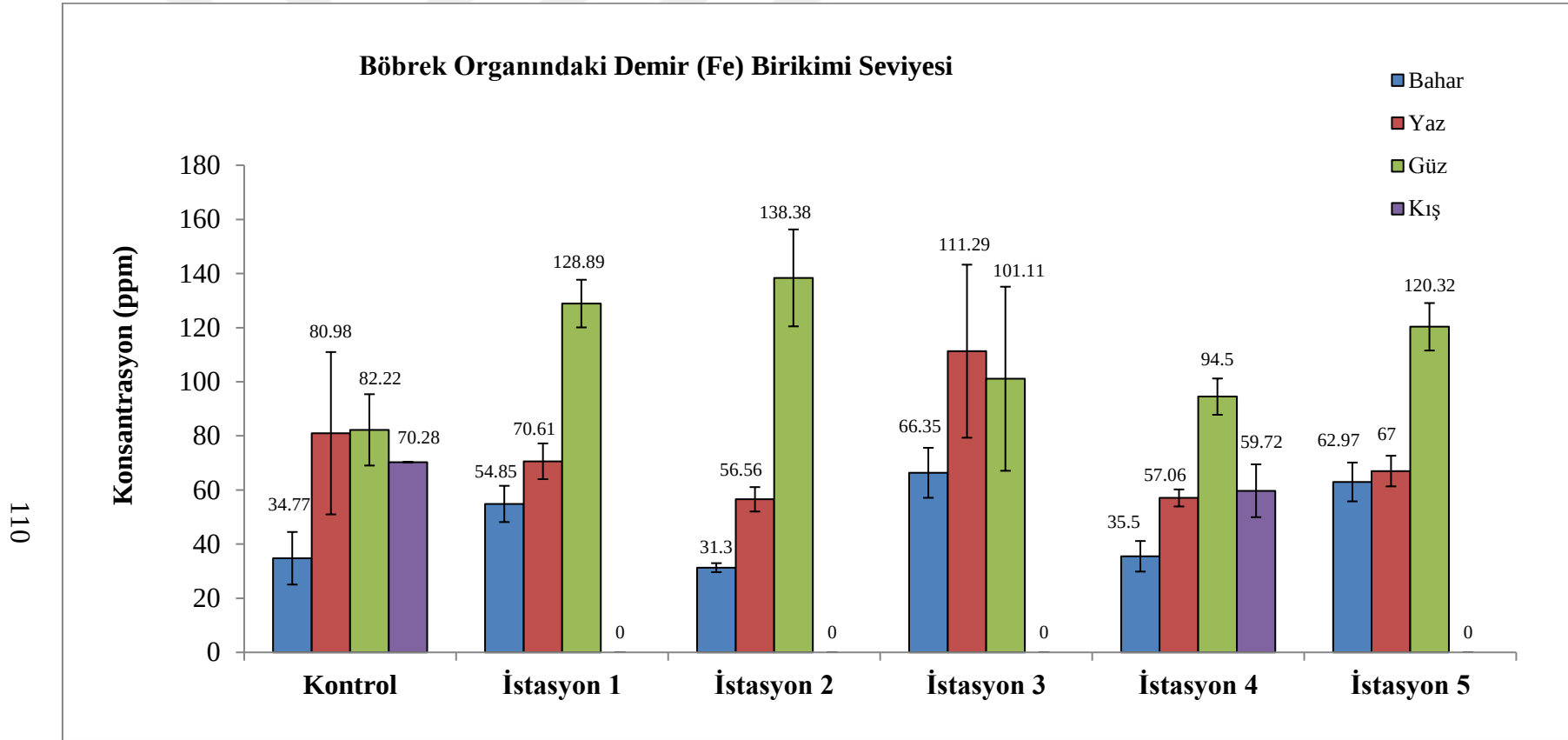
Şekil 4.32. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri



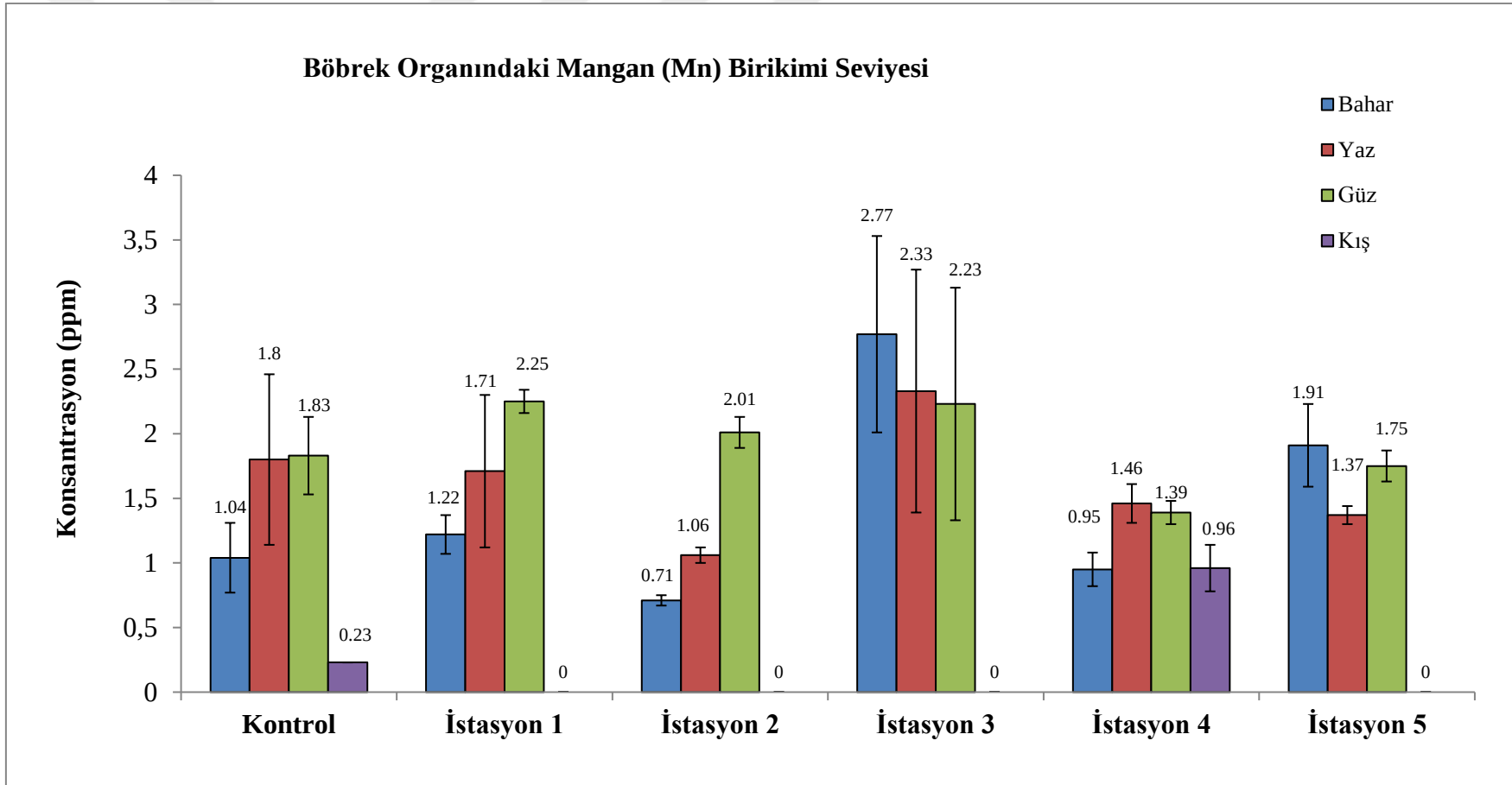
Şekil 4.33. *M. guentheri* örneklerinin kas organında mevsimsel olarak meydana gelen bor (B) birikim seviyeleri



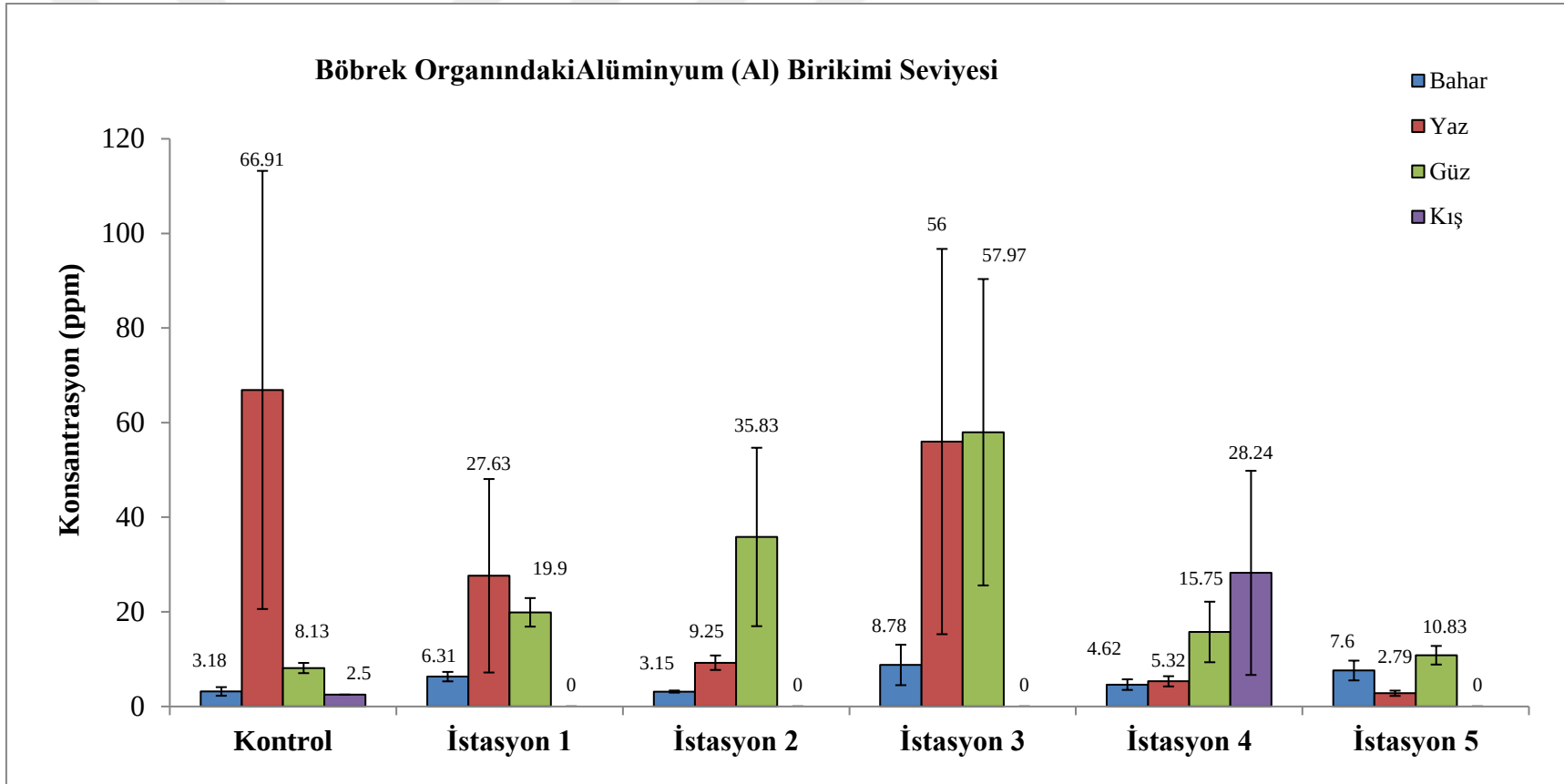
Şekil 4.34. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen bakır (Cu) birikim seviyeleri



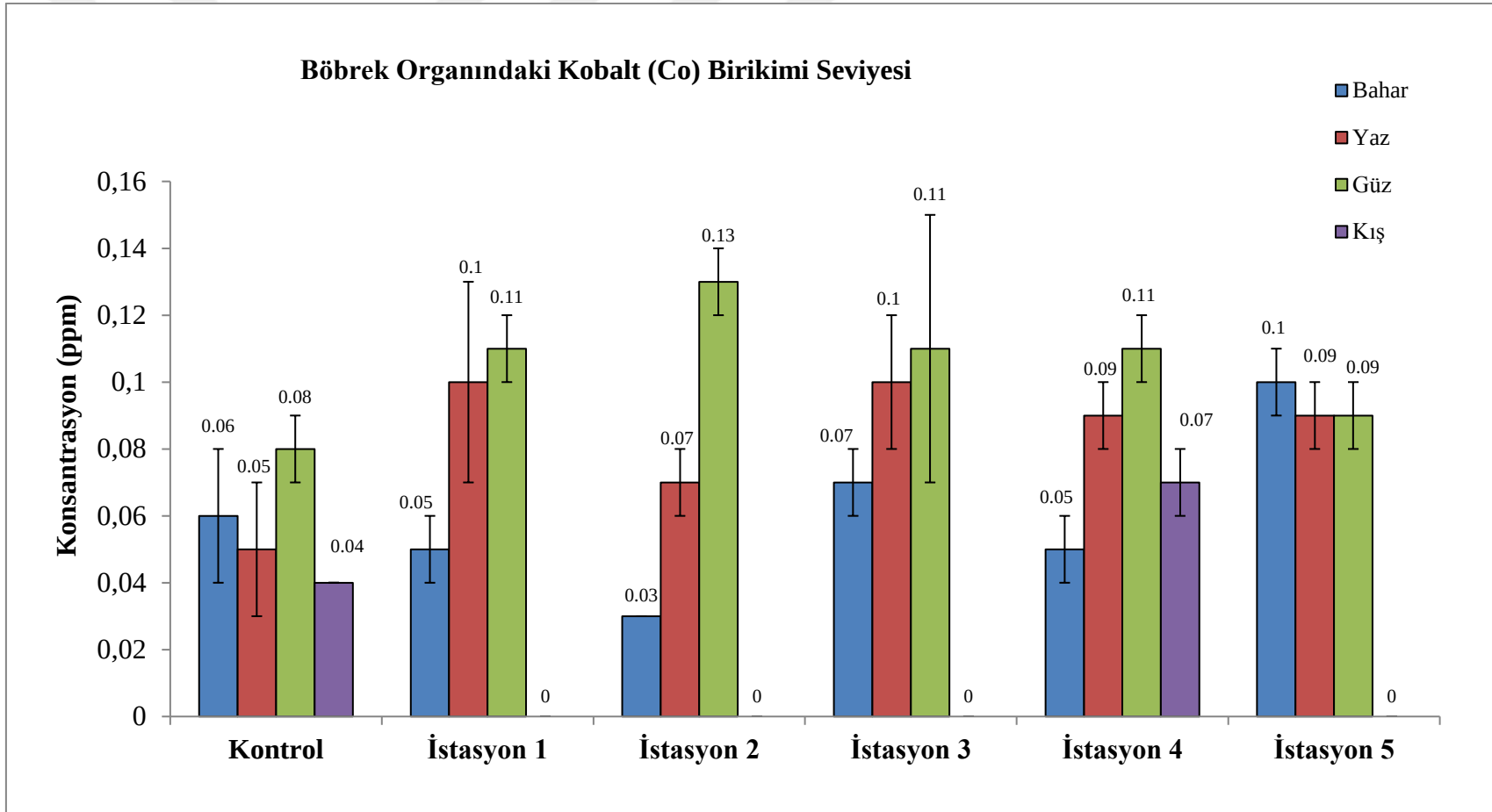
Şekil 4.35. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen demir (Fe) birikim seviyeleri



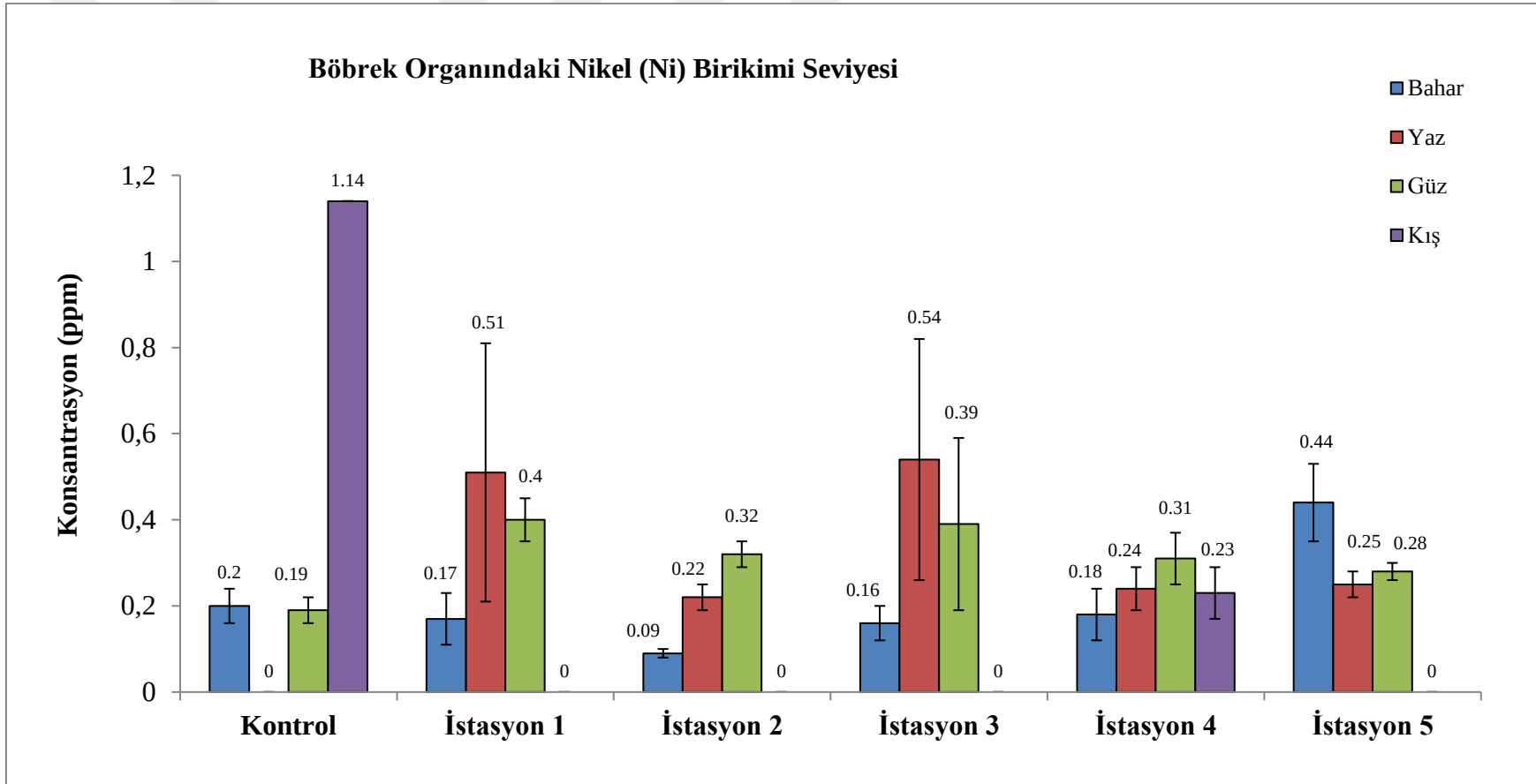
Şekil 4.36. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen mangan (Mn) birikim seviyeleri



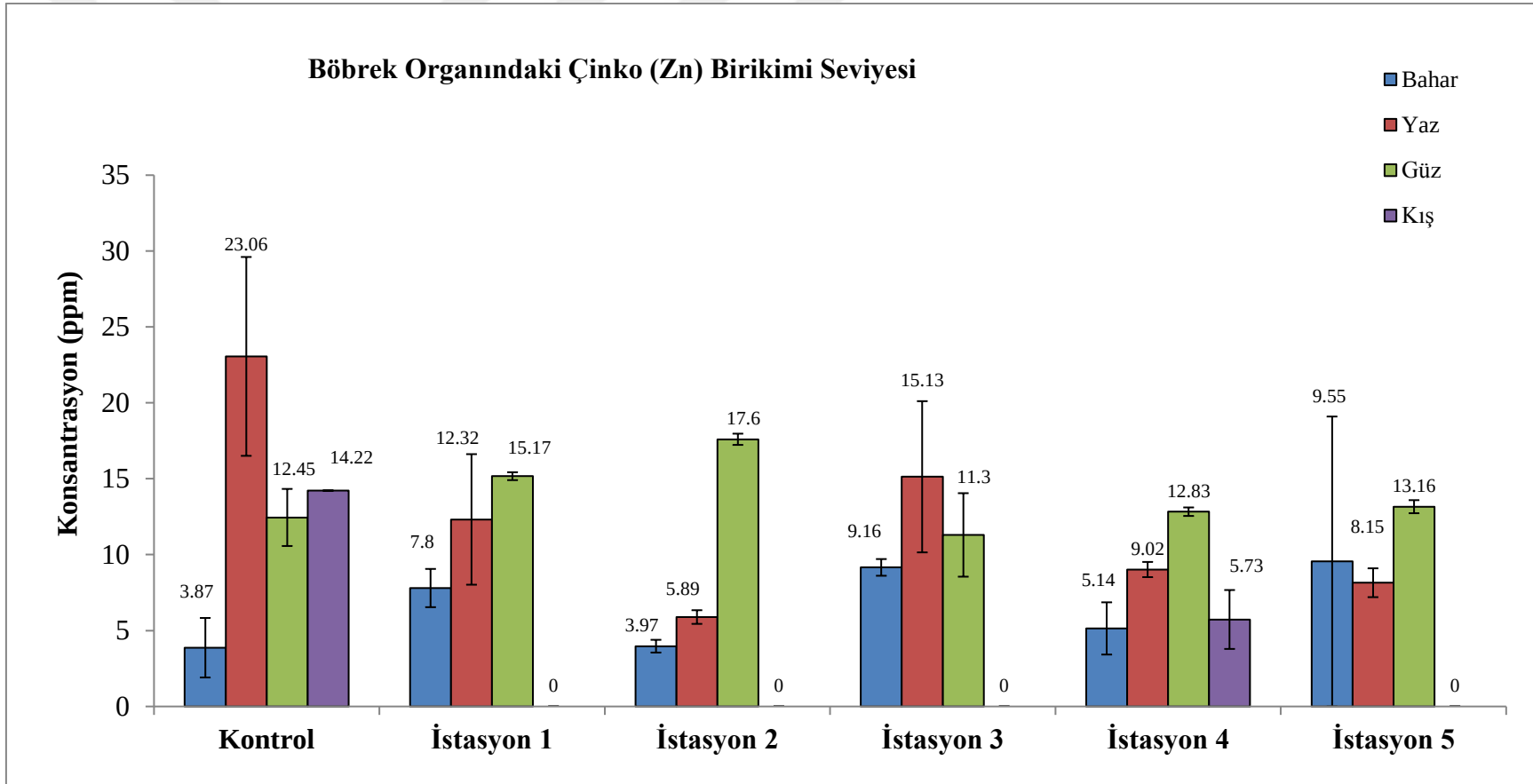
Şekil 4.37. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen alüminyum (Al) birikim seviyeleri



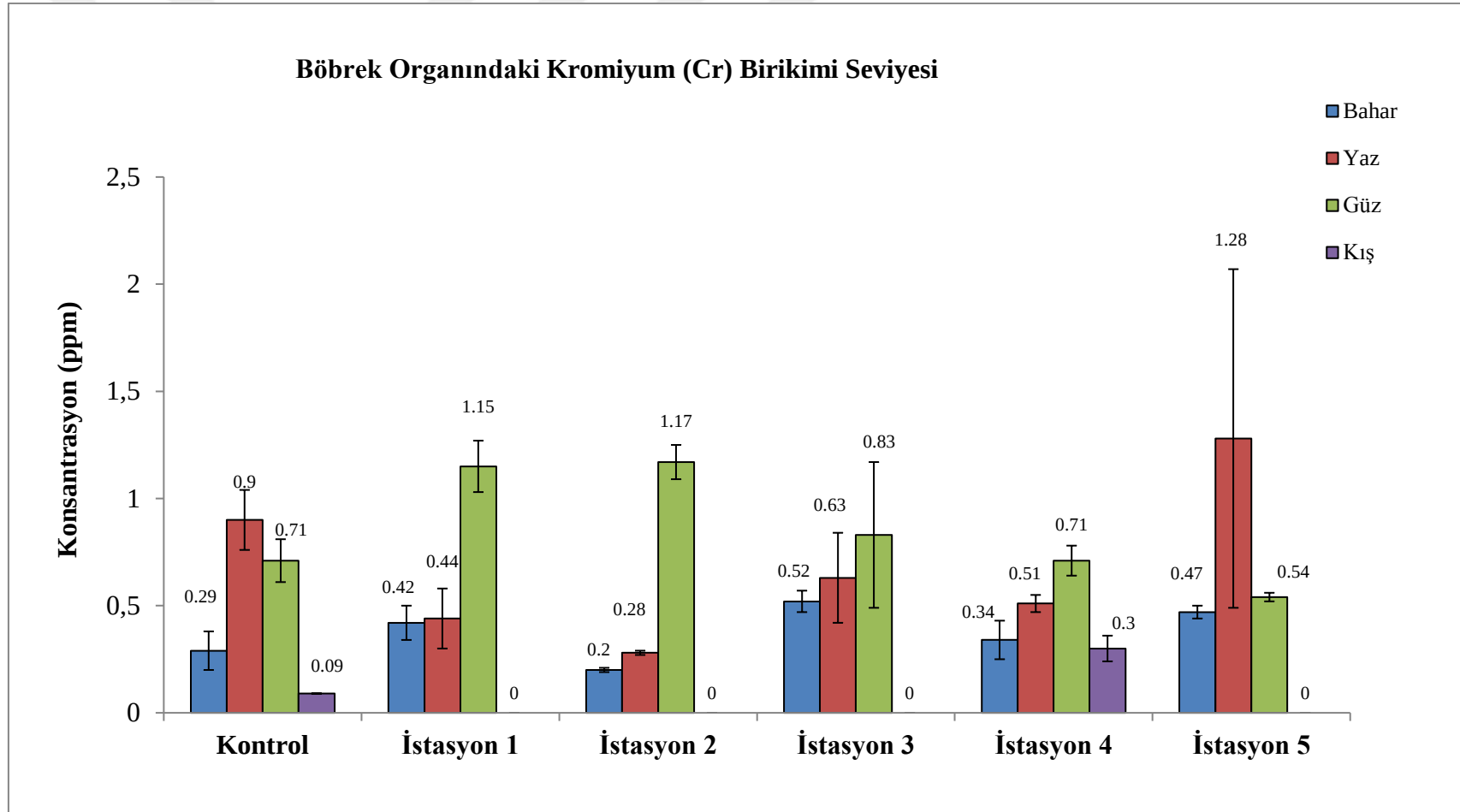
Şekil 4.38. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri



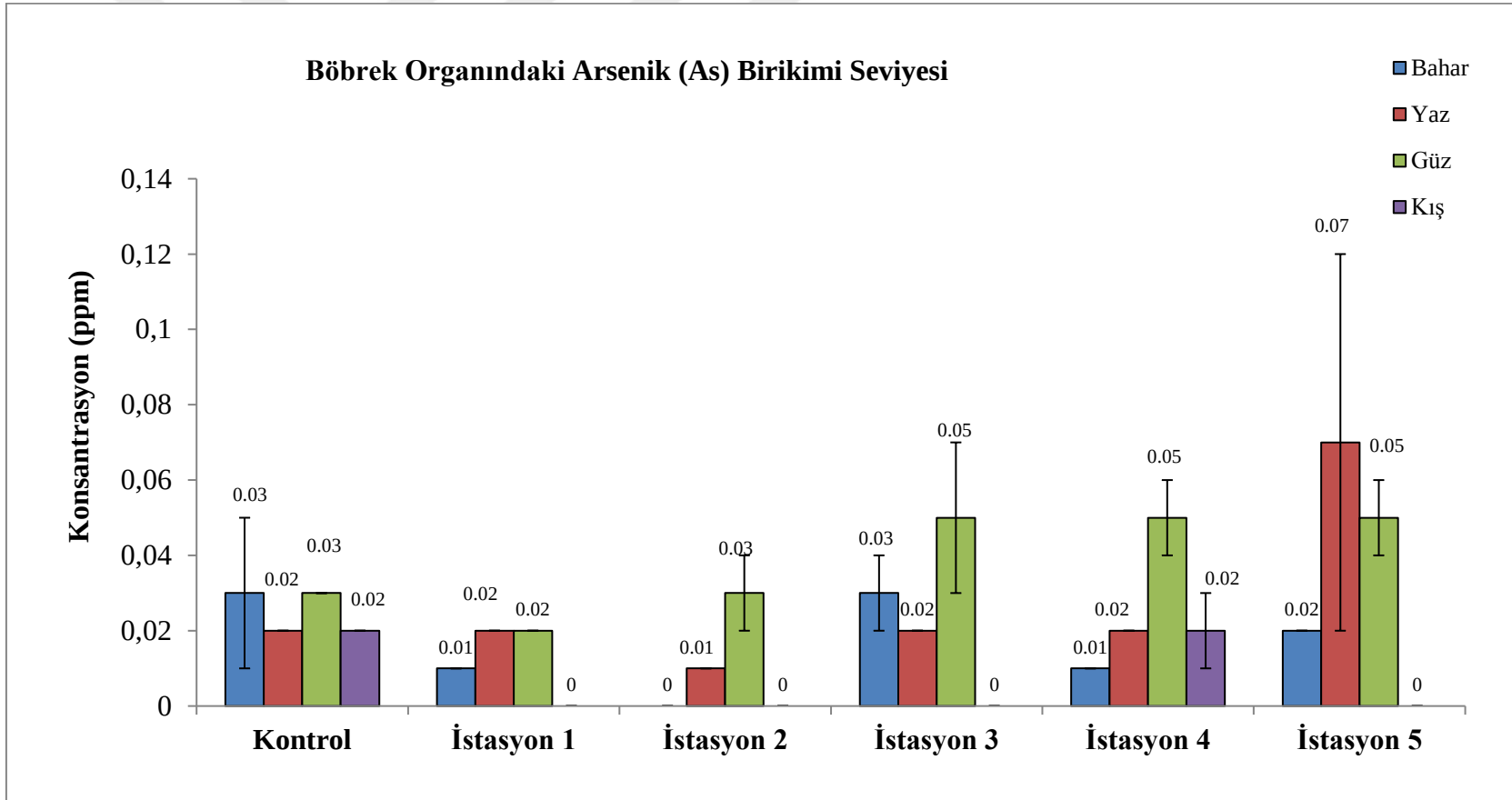
Şekil 4.39. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen nikel (Ni) birikim seviyeleri



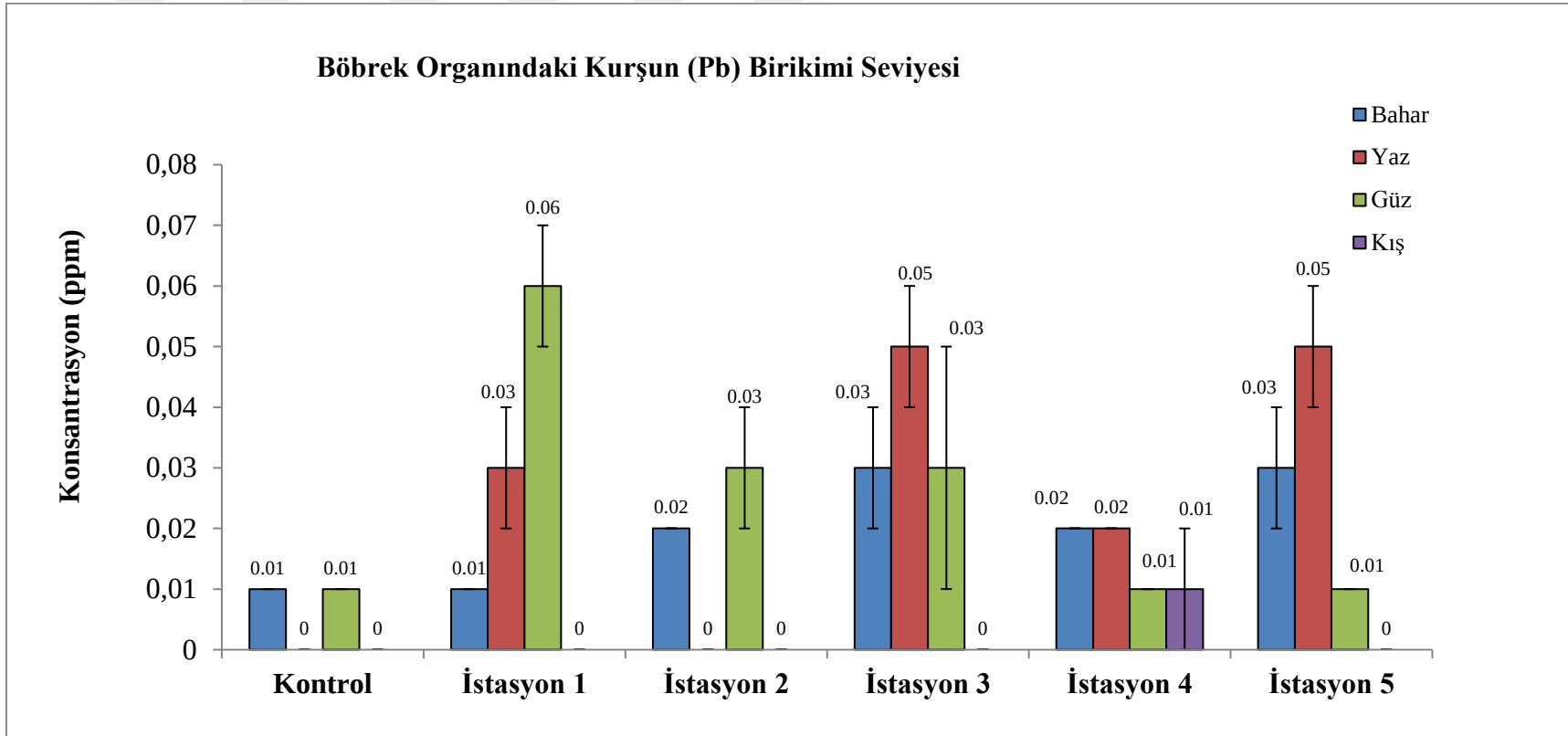
Şekil 4.40. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen çinko (Zn) birikim seviyeleri



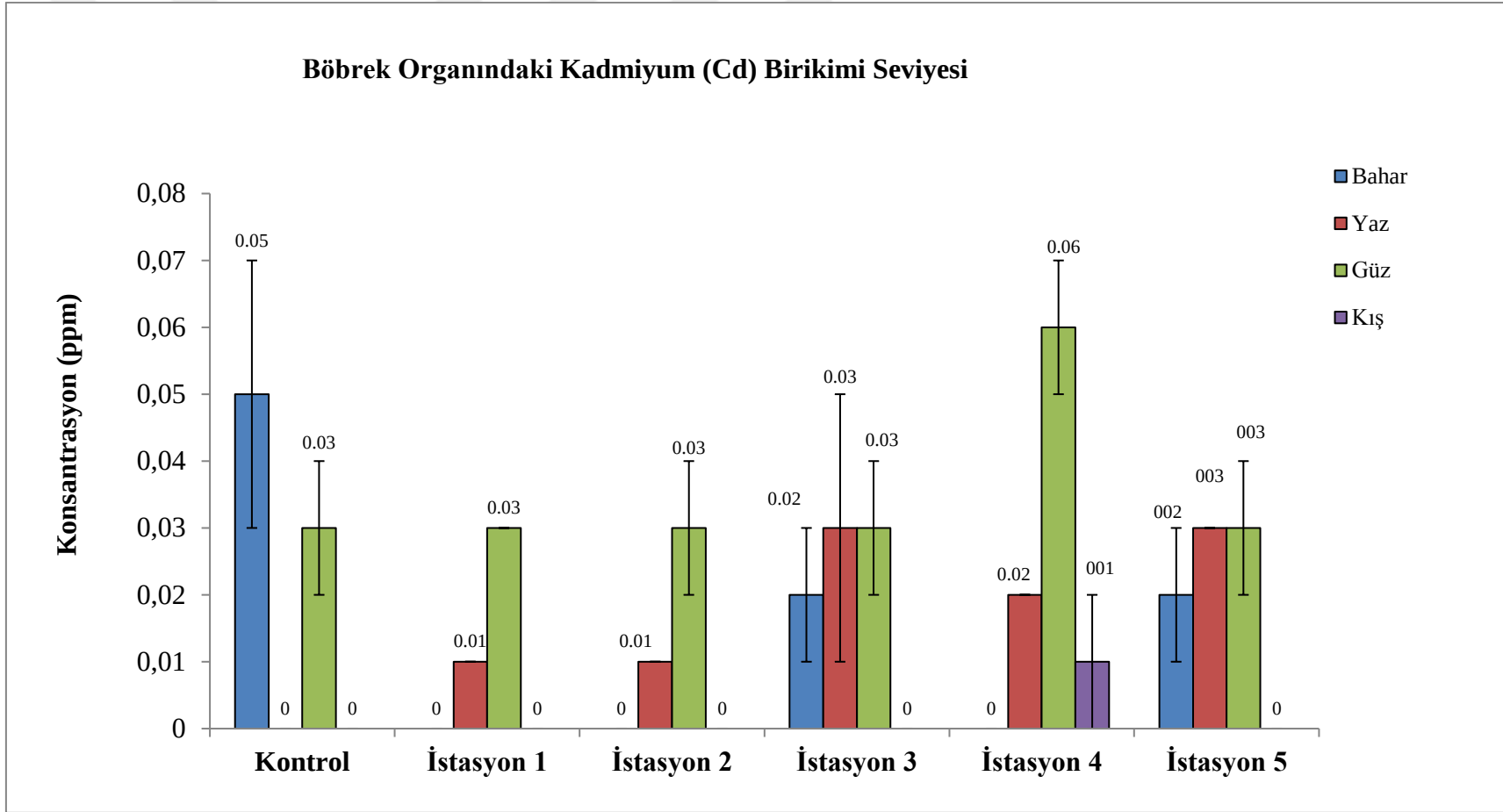
Şekil 4.41. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri



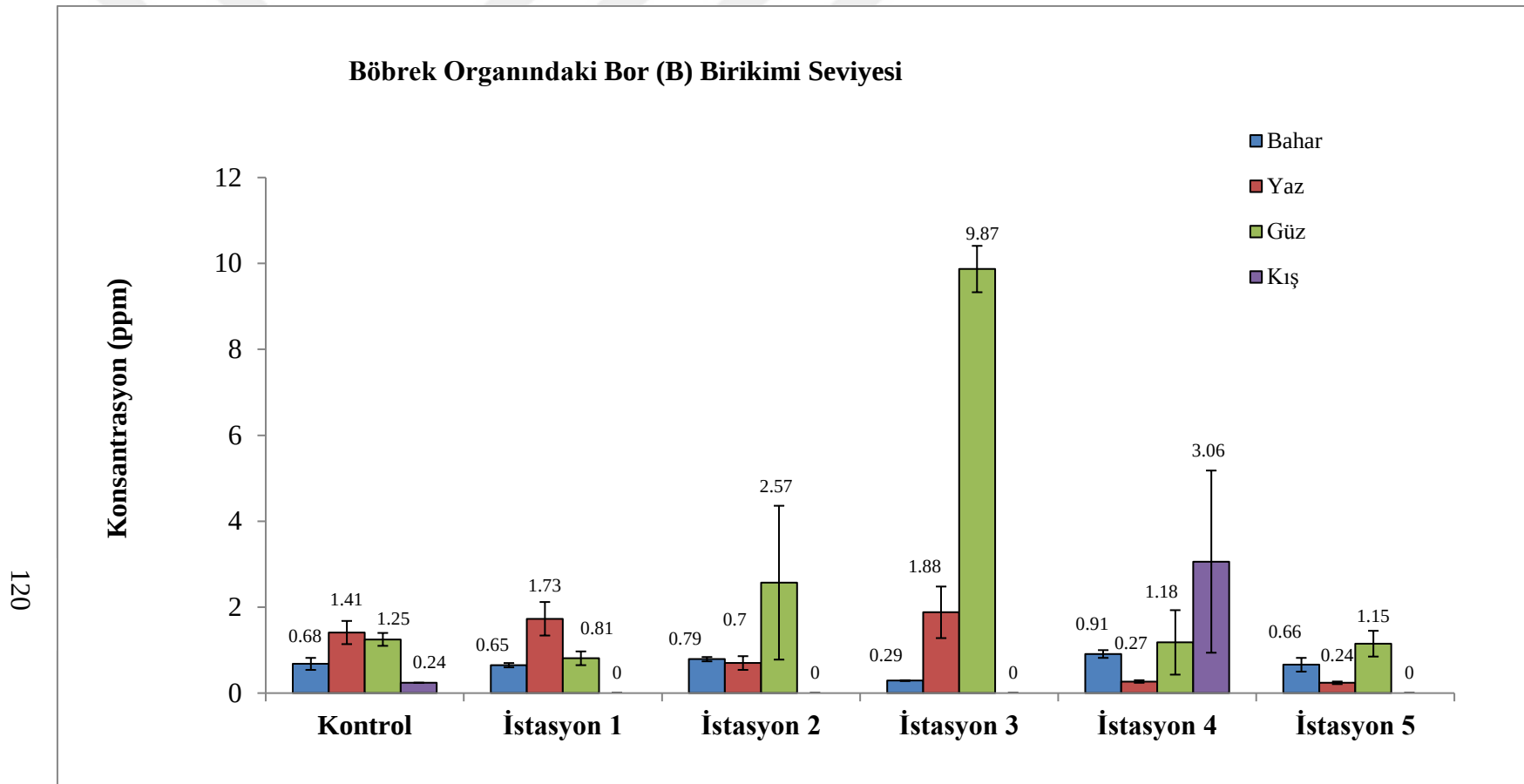
Şekil 4.42. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen arsenik (As) birikim seviyeleri



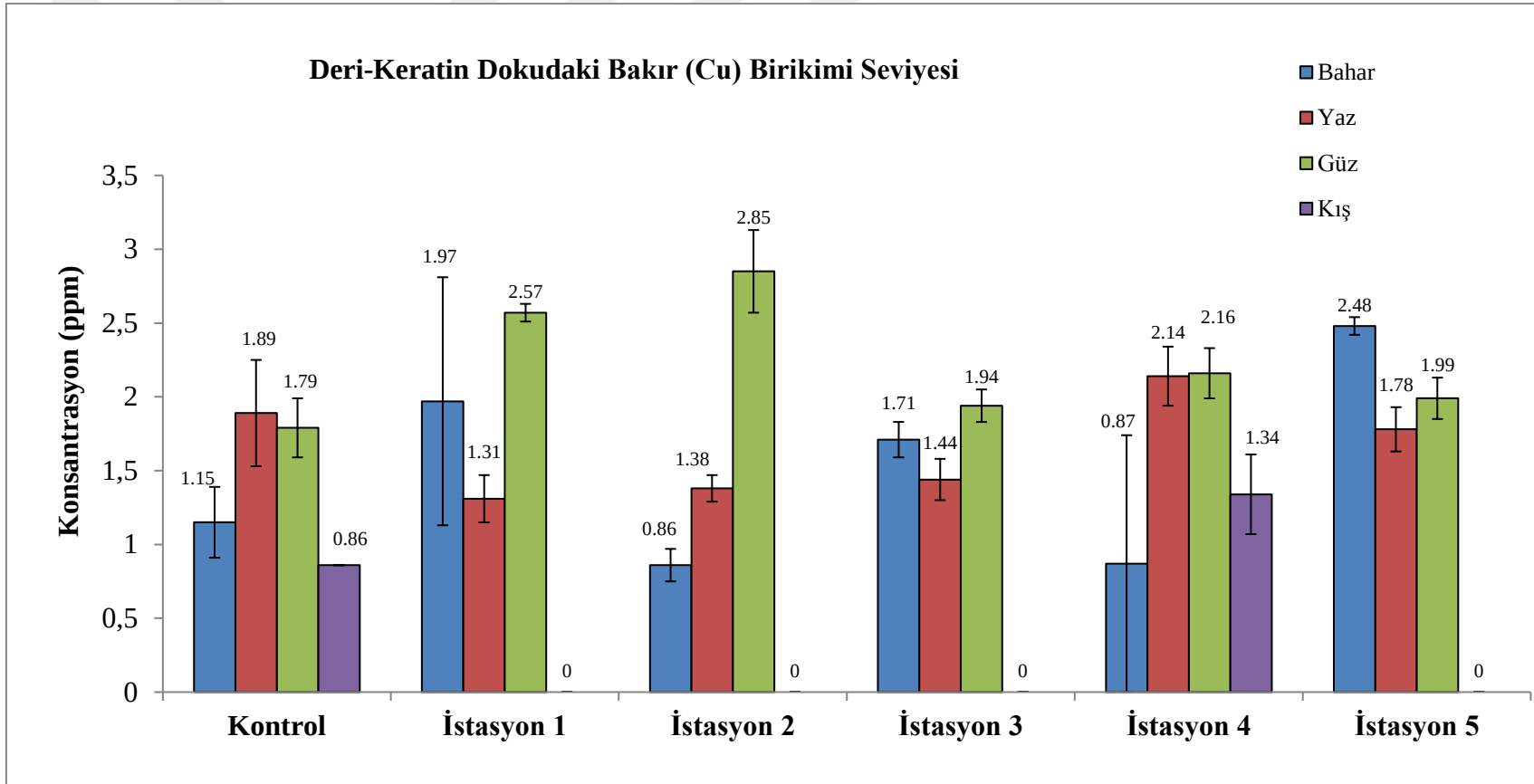
Şekil 4.43. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen kurşun (Pb) birikim seviyeleri



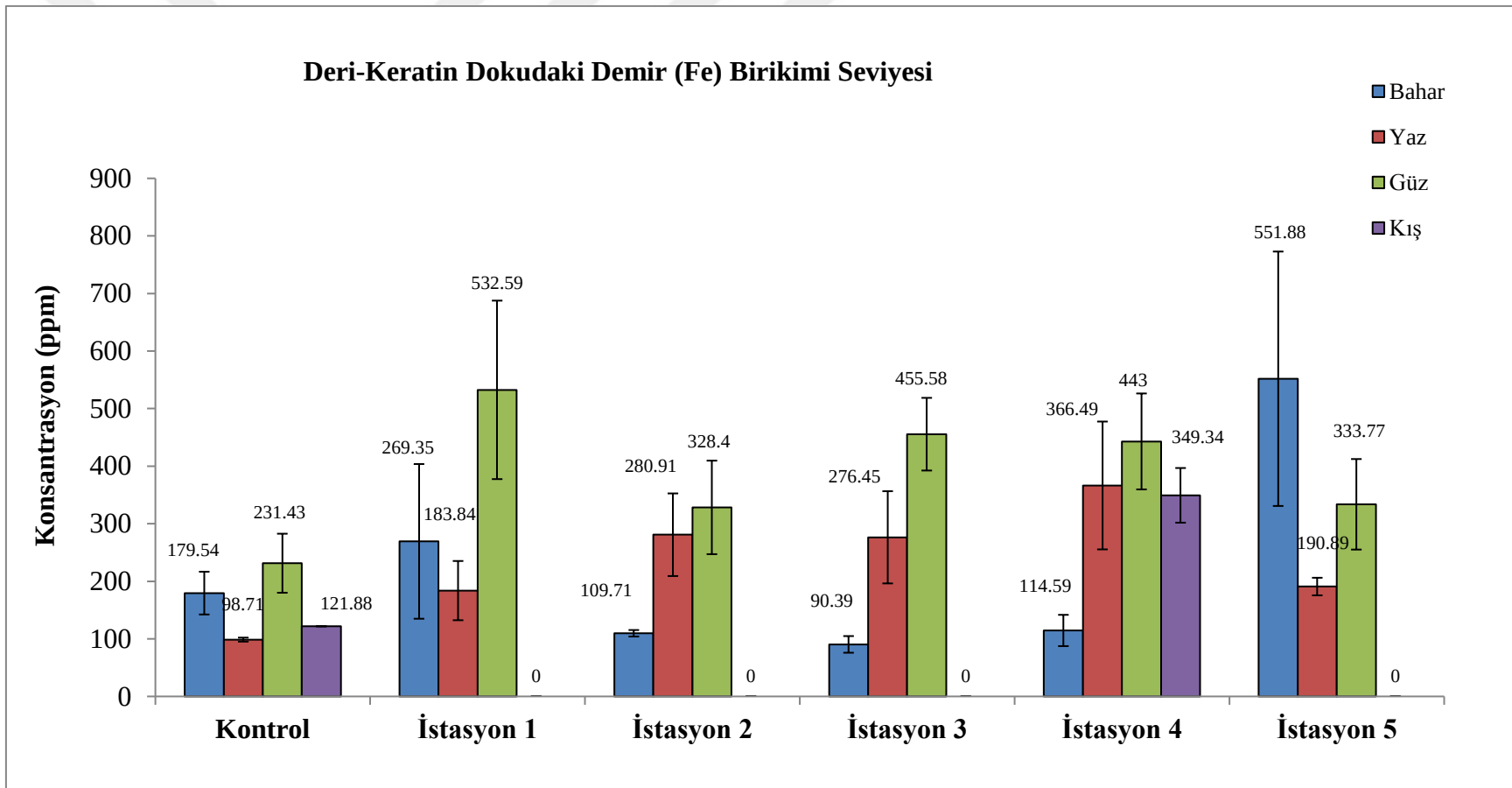
Şekil 4.44. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri



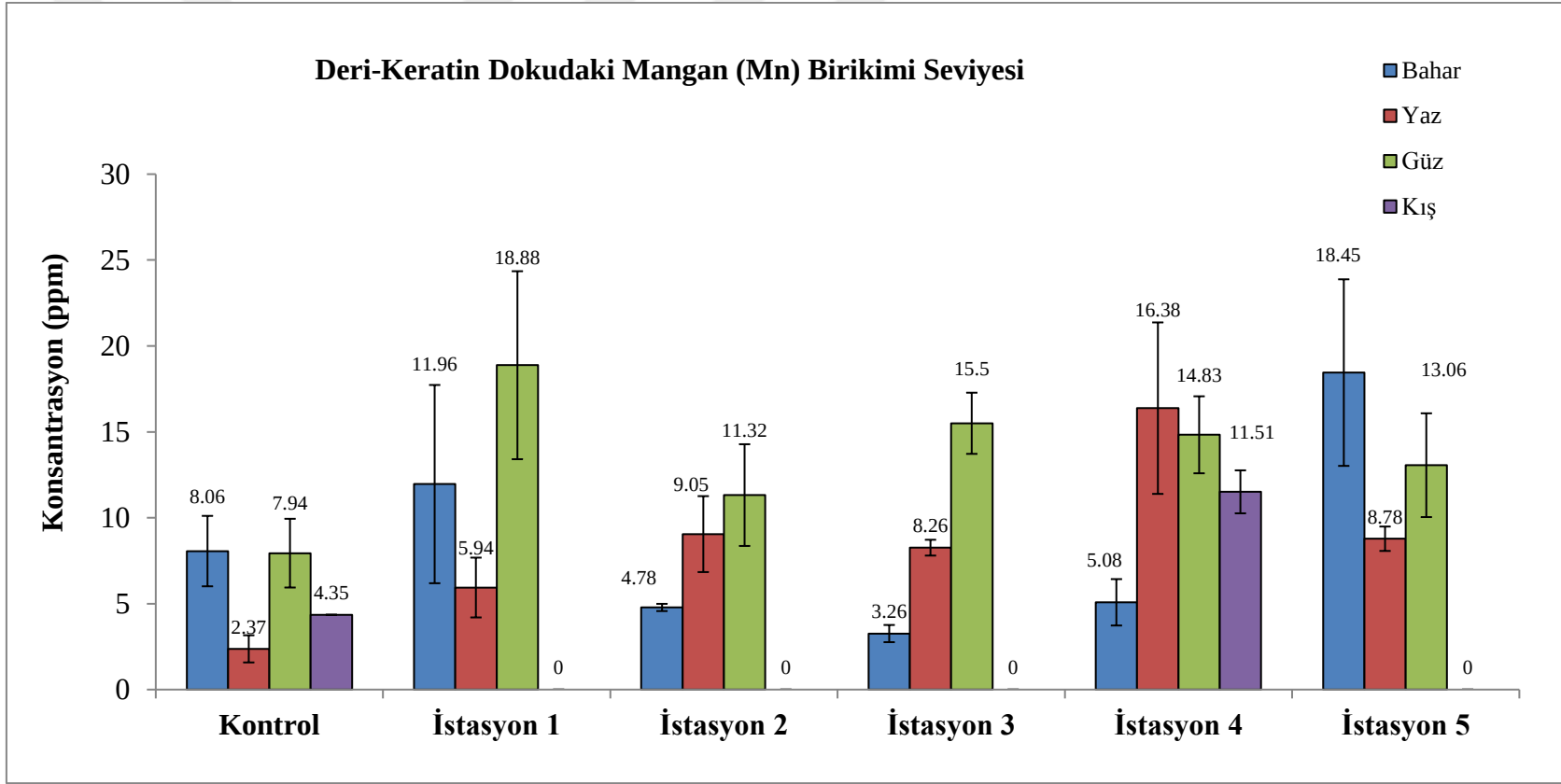
Şekil 4.45. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında mevsimsel olarak meydana gelen bor (B) birikim seviyeleri



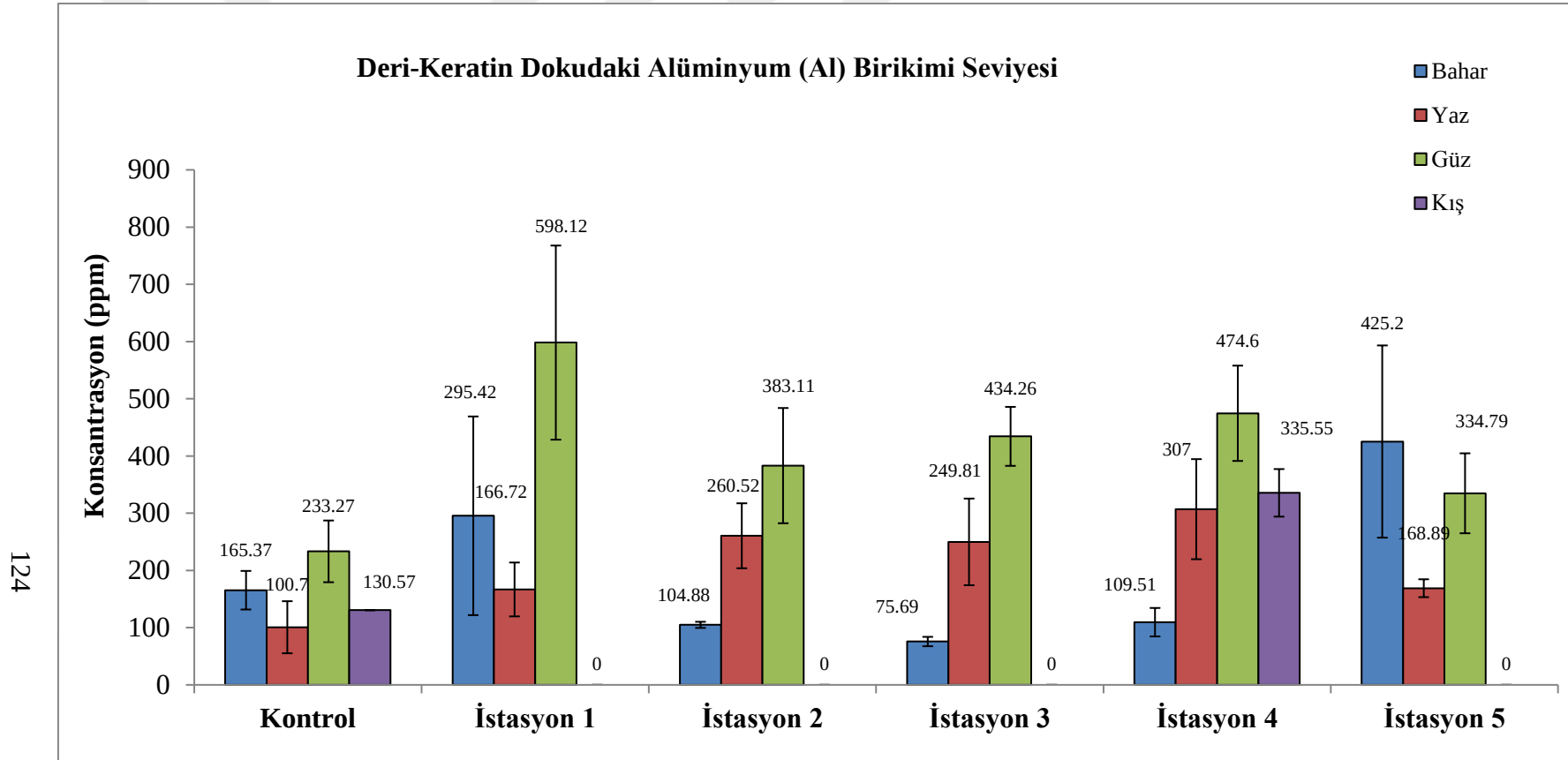
Şekil 4.46. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen bakır (Cu) birikim seviyeleri



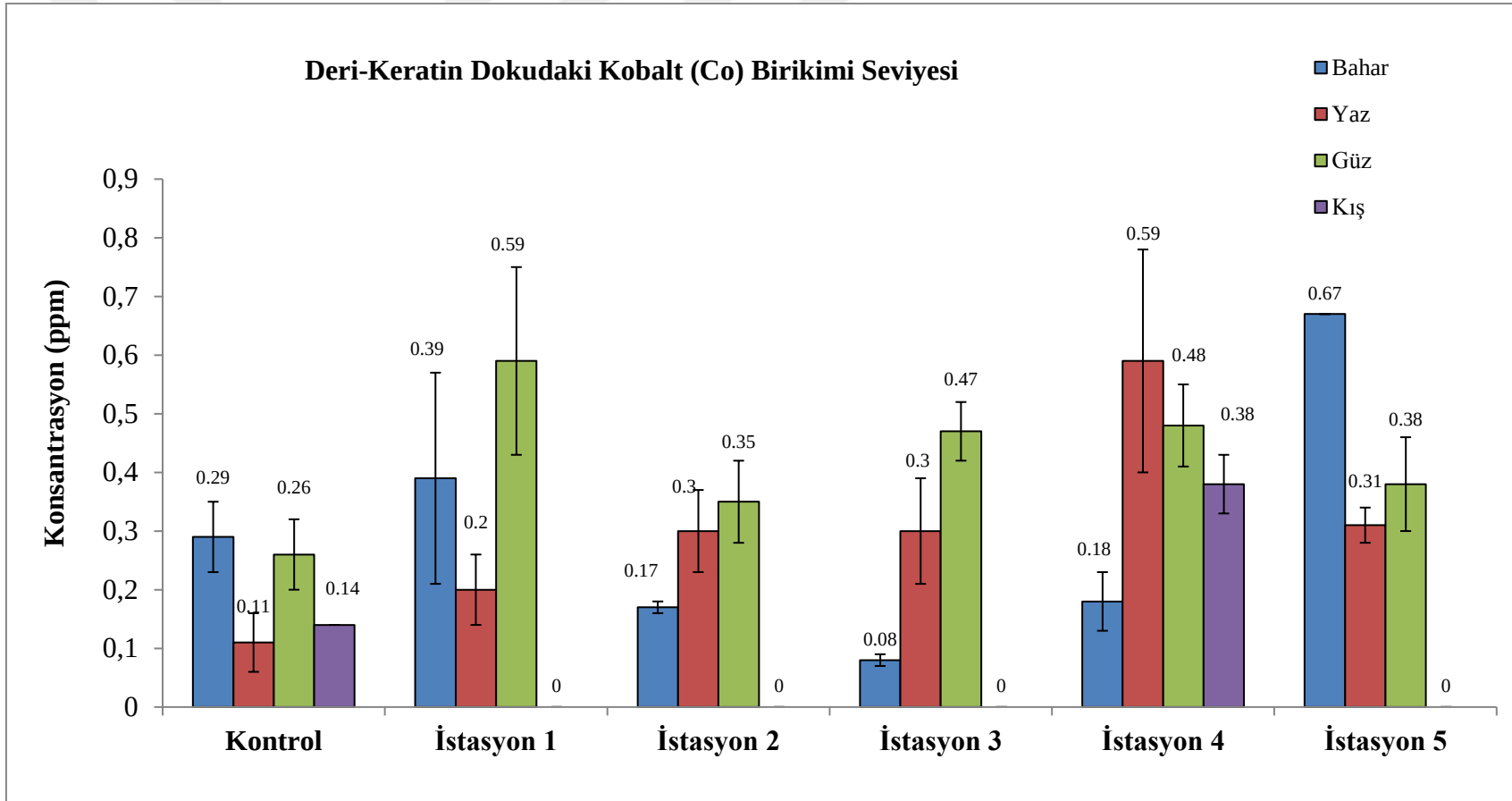
Şekil 4.47. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen demir (Fe) birikim seviyeleri



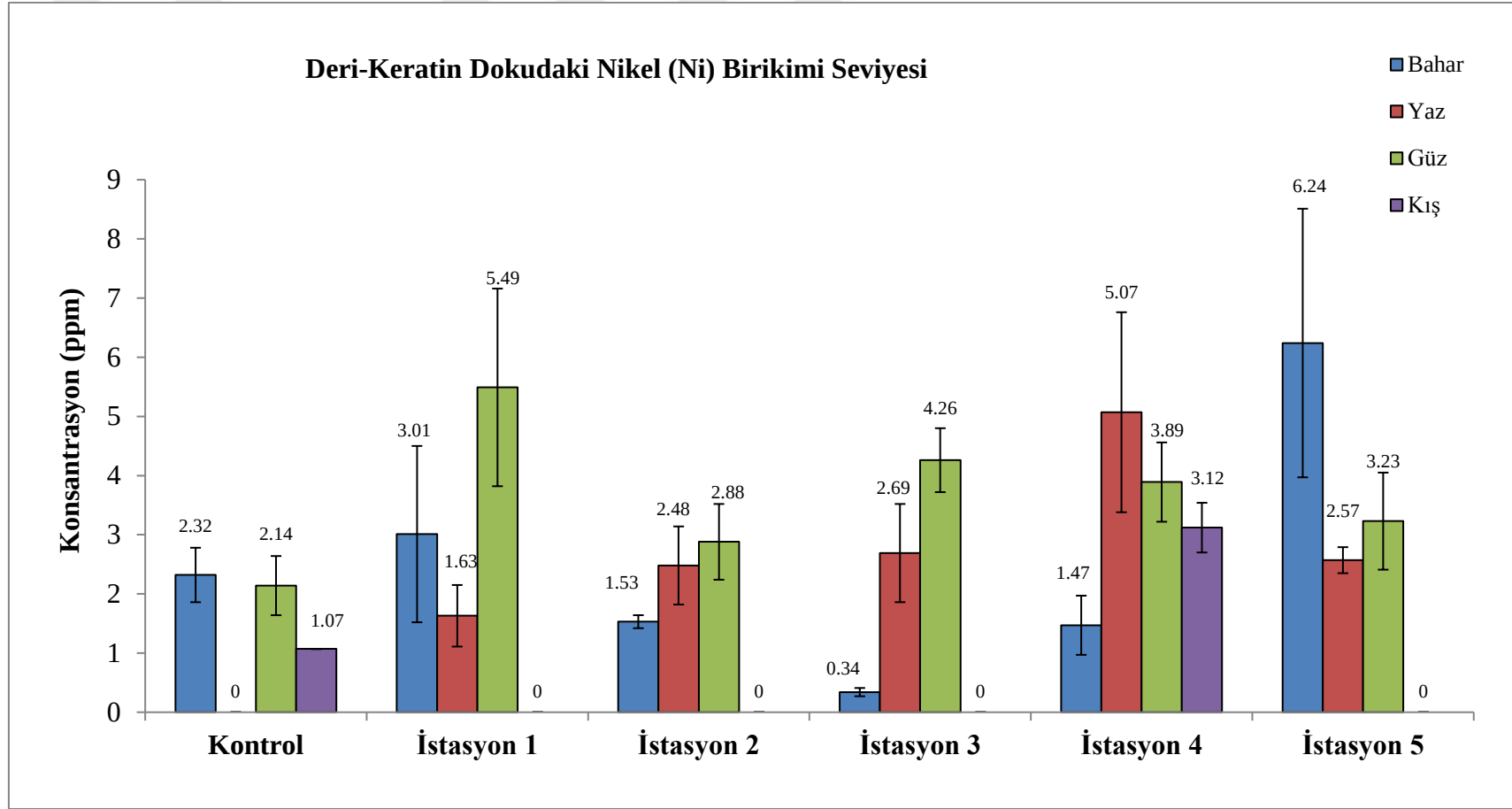
Şekil 4.48. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen mangan (Mn) birikim seviyeleri



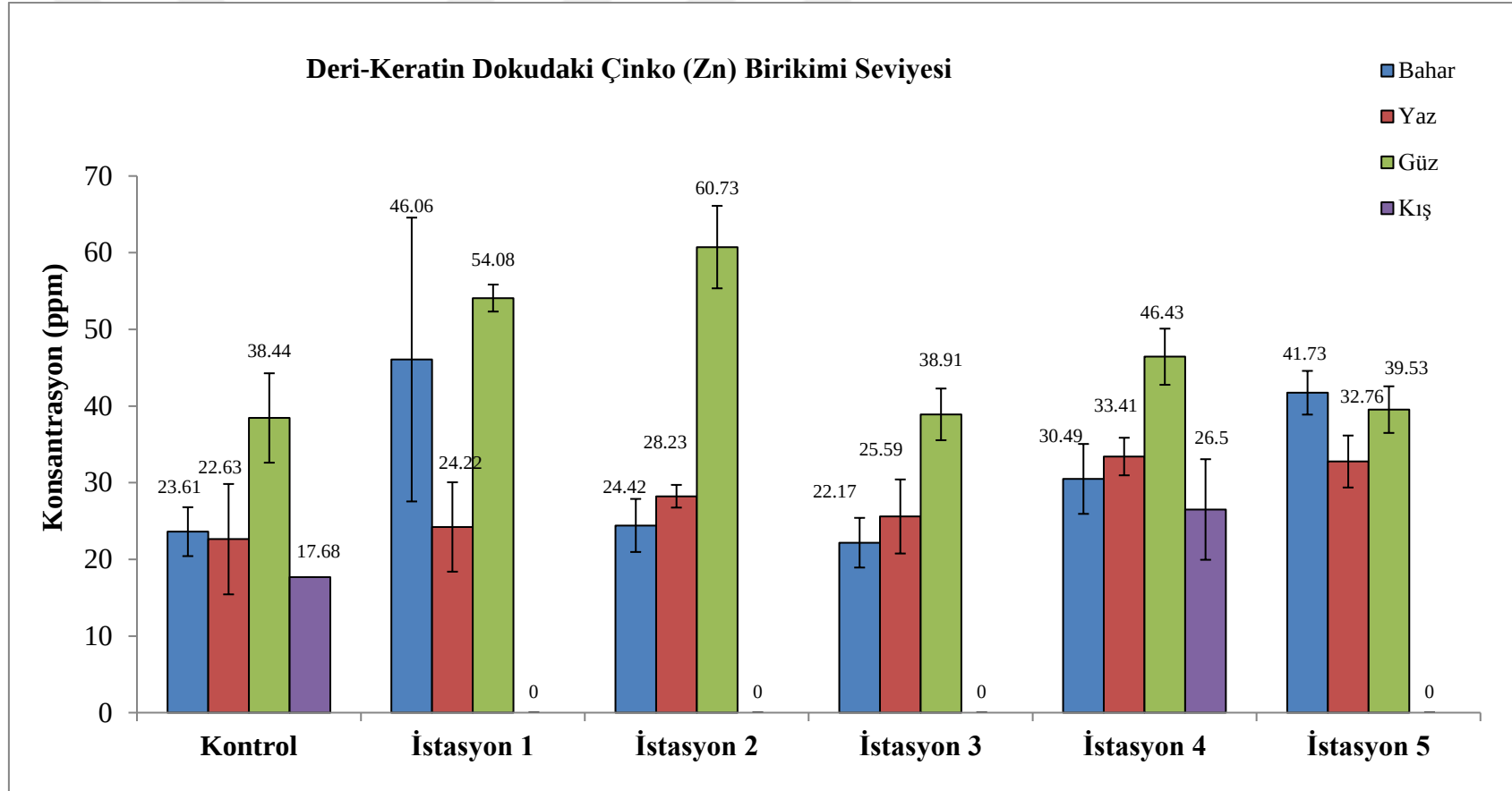
Şekil 4.49. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen alüminyum (Al) birikim seviyeleri



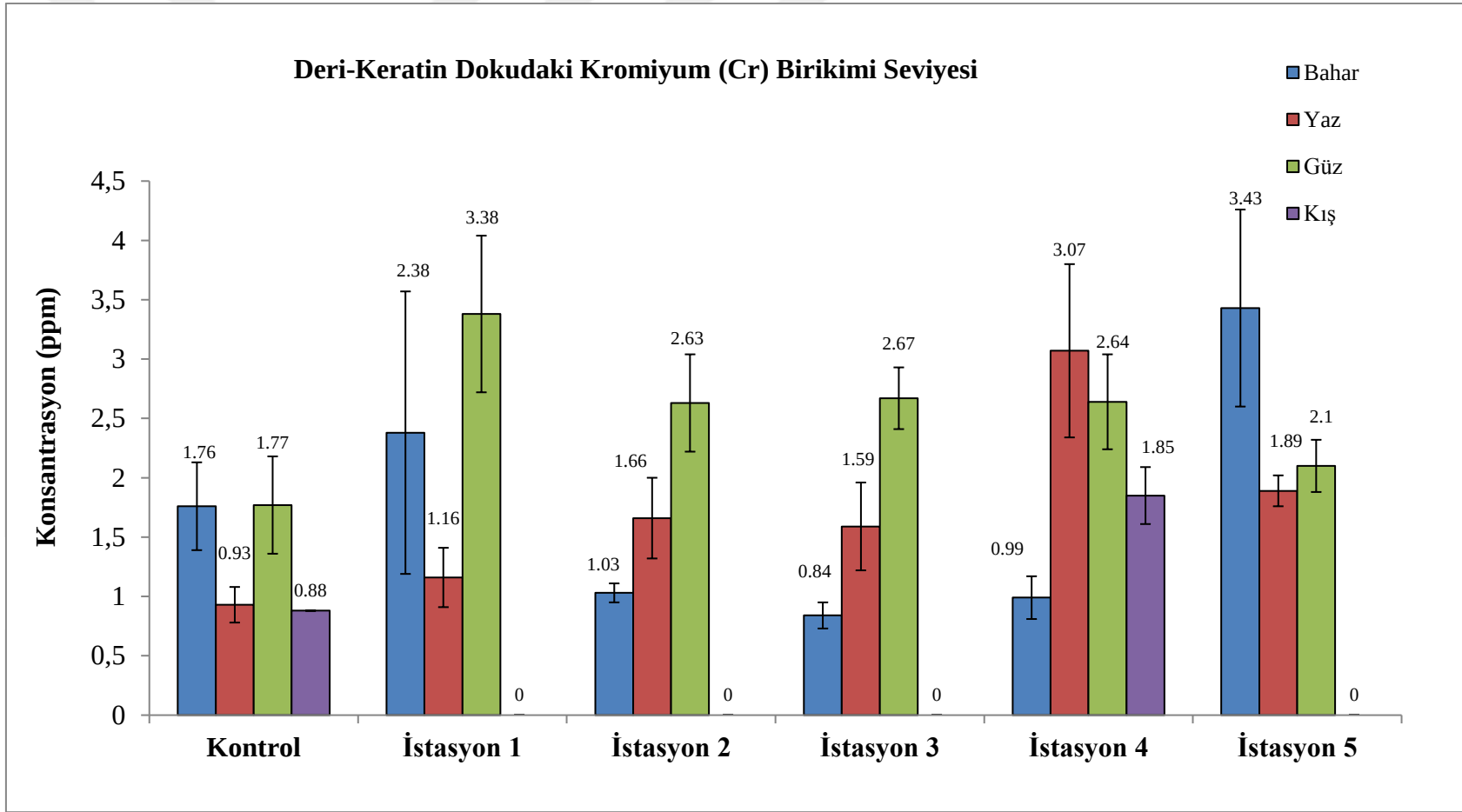
Şekil 4.50. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri



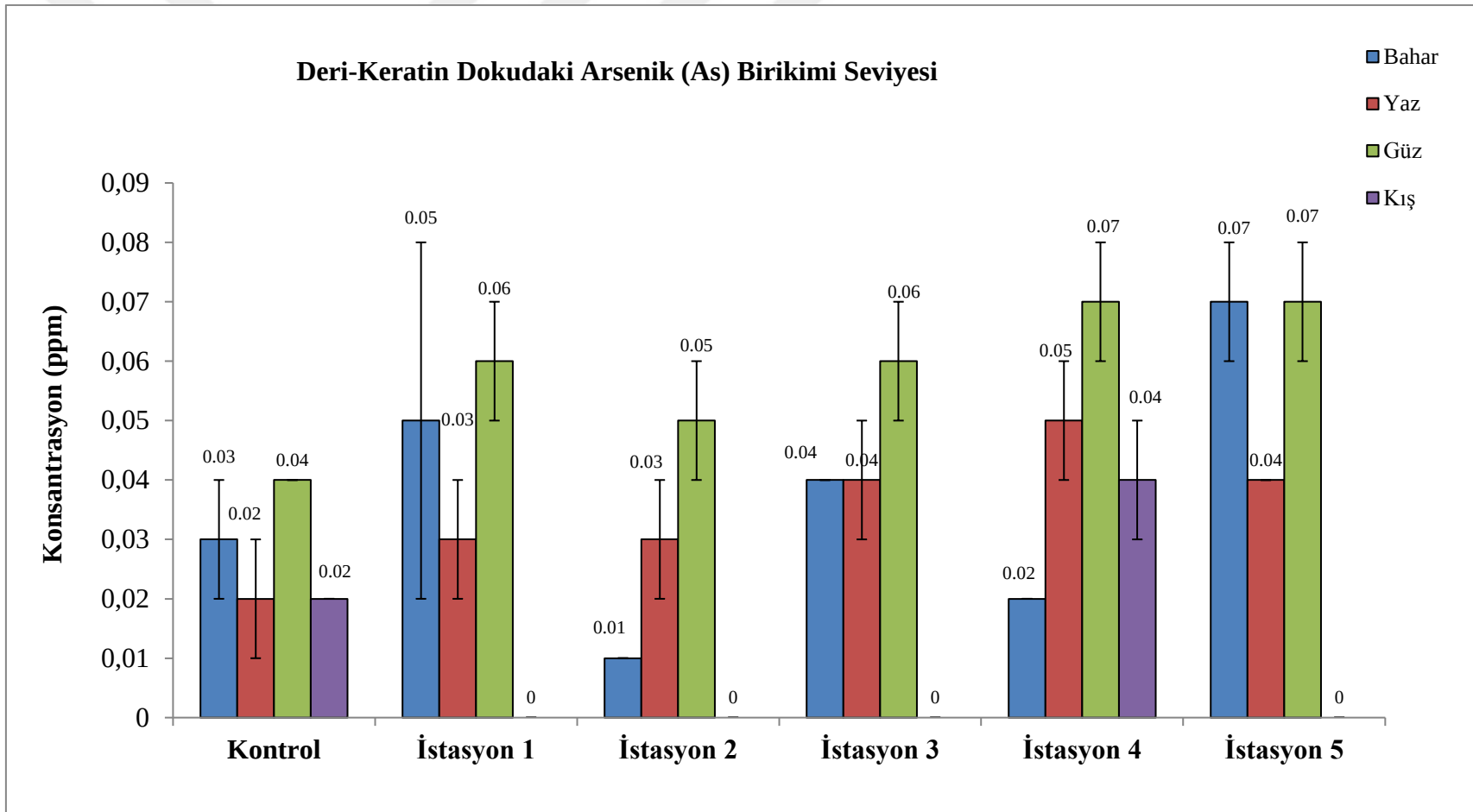
Şekil 4.51. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen nikel (Ni) birikim seviyeleri



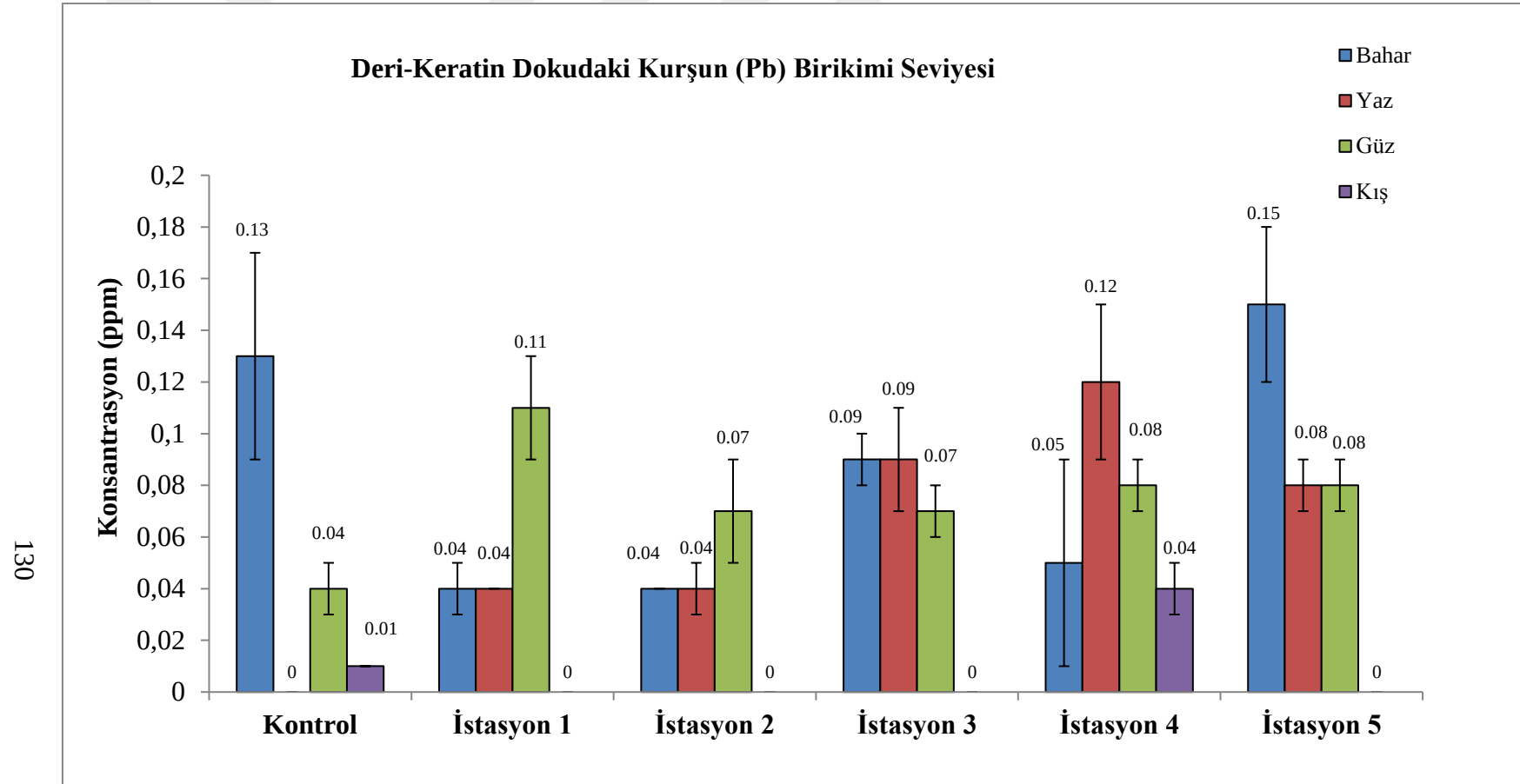
Şekil 4.52. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen çinko (Zn) birikim seviyeleri



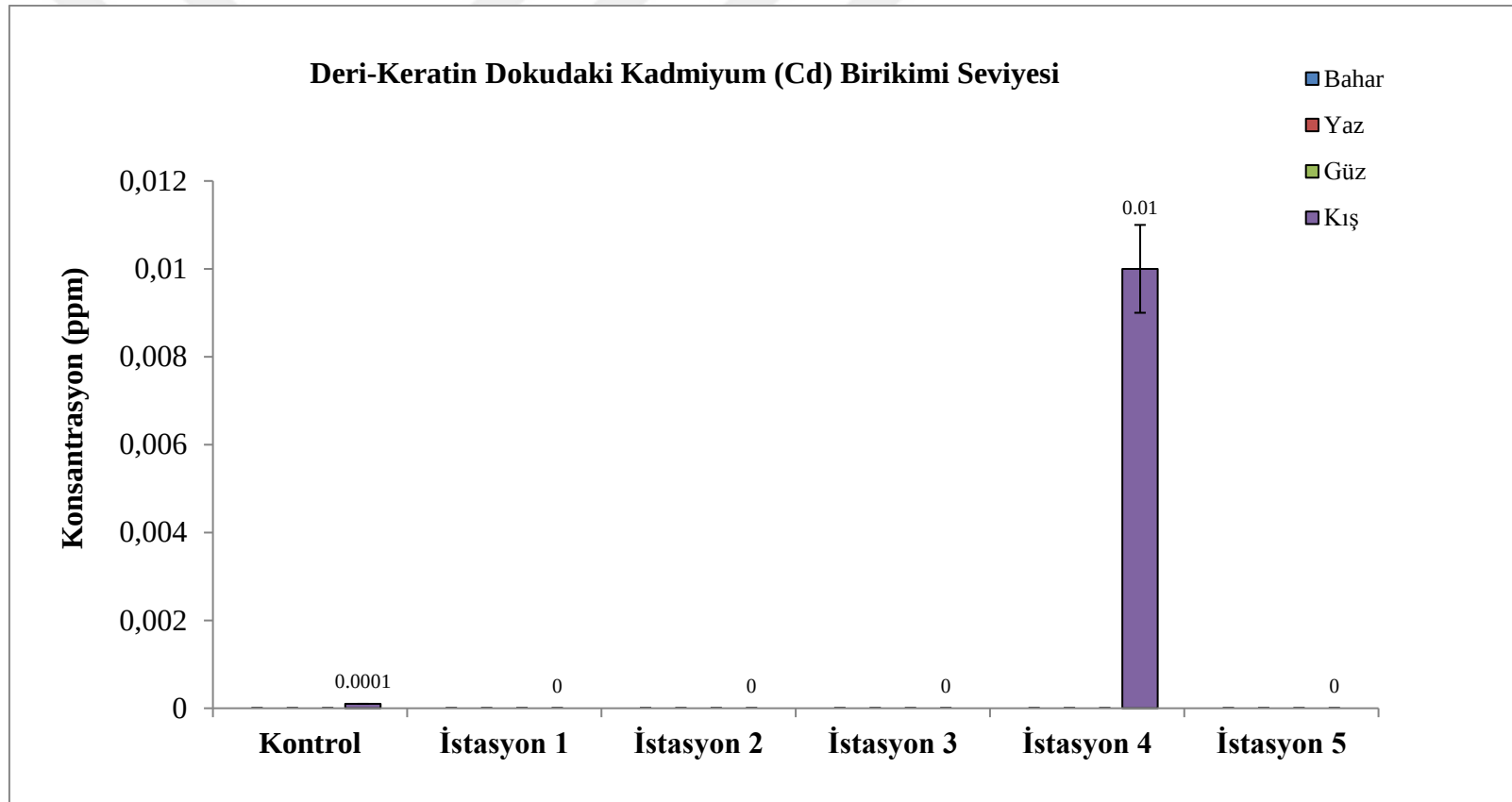
Şekil 4.53. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri



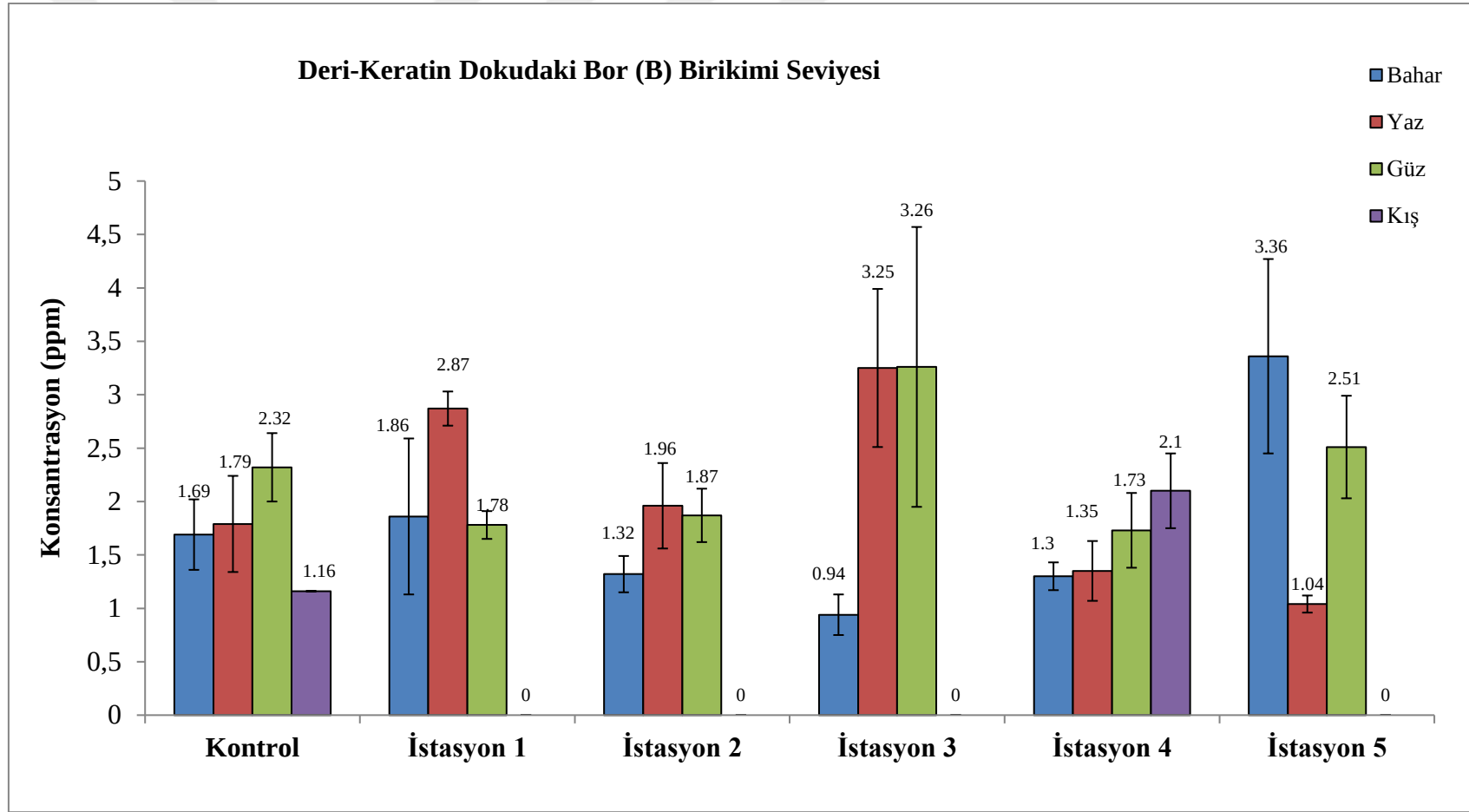
Şekil 4.54. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen arsenik (As) birikim seviyeleri



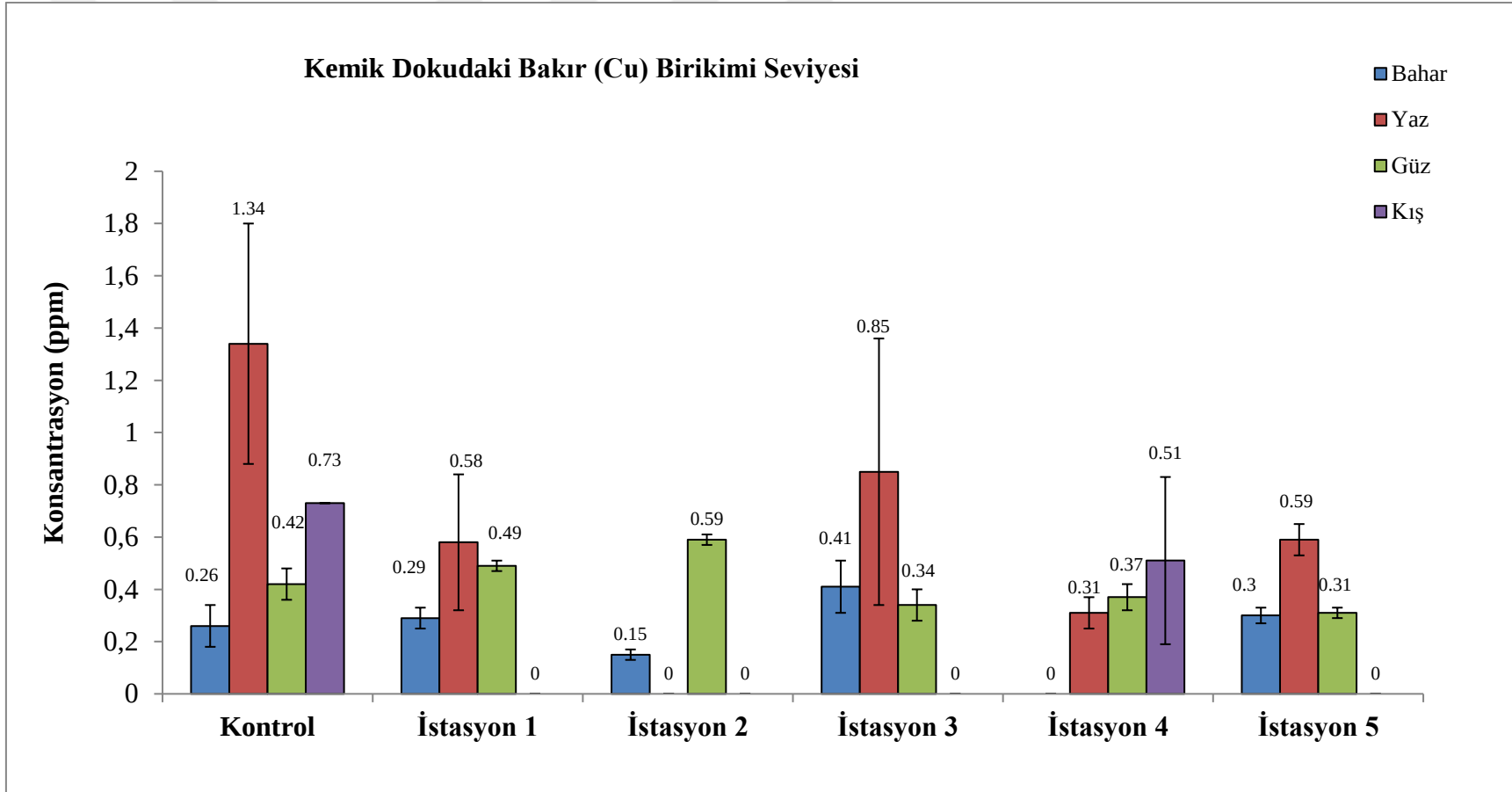
Şekil 4.55. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kurşun (Pb) birikim seviyeleri



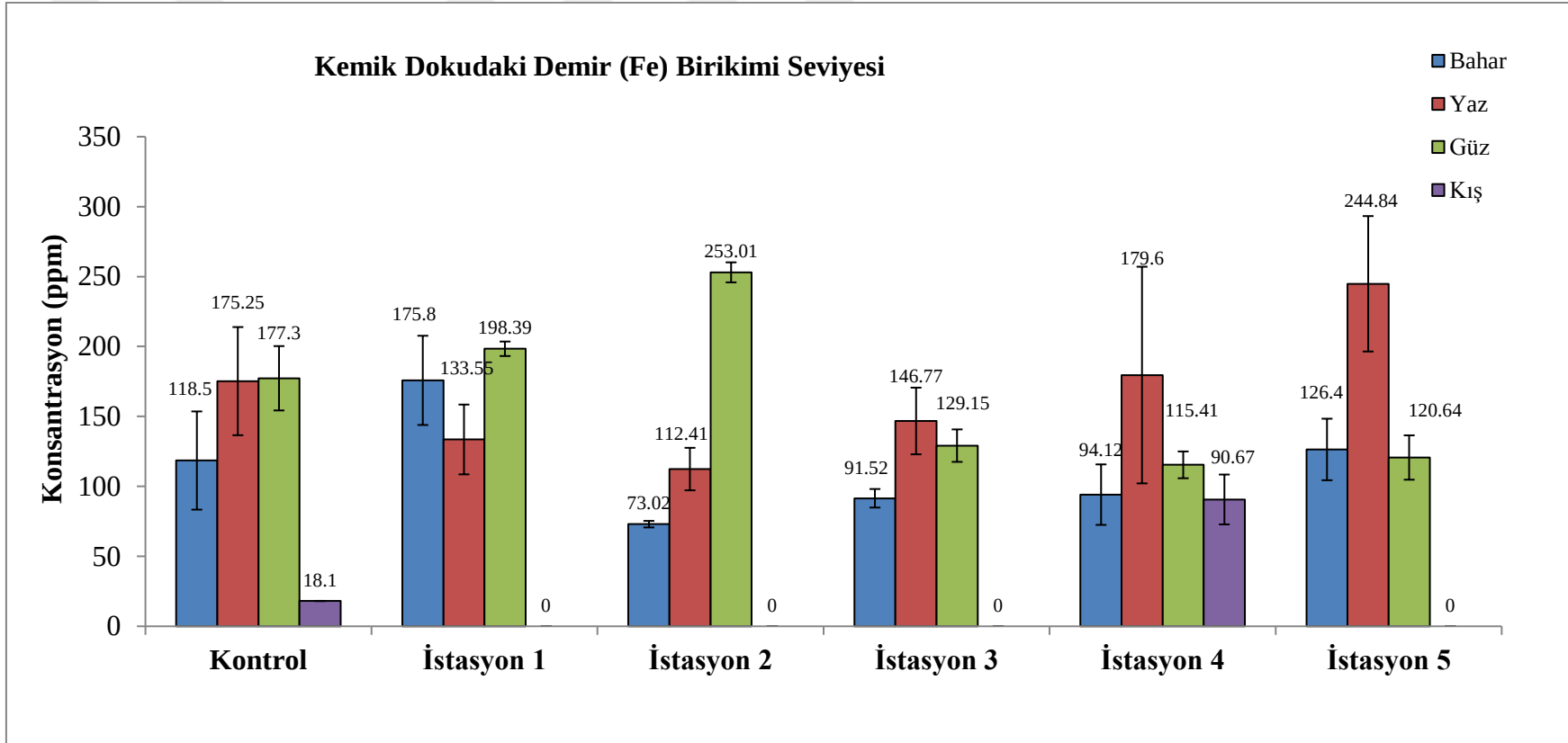
Şekil 4.56. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri



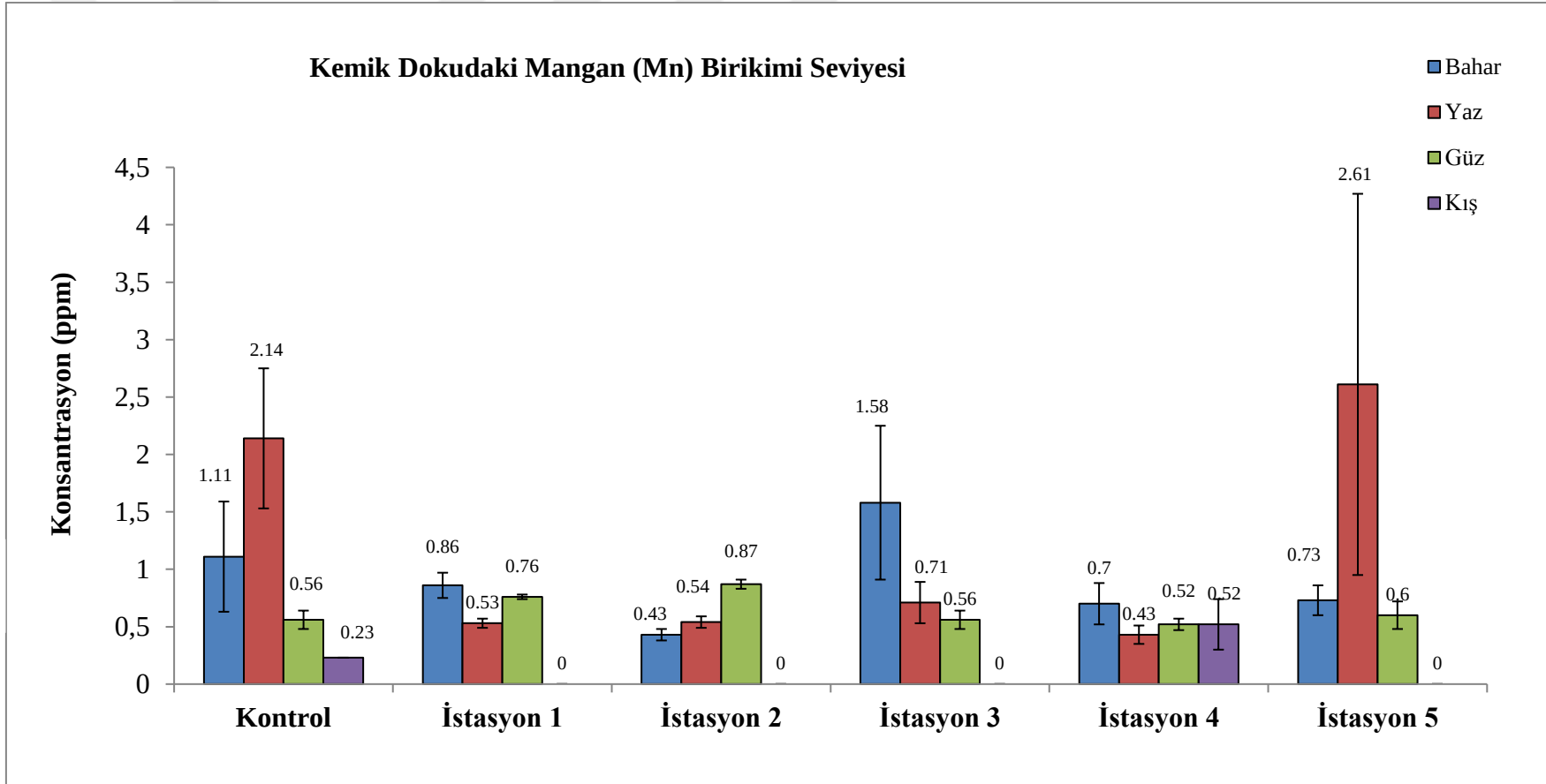
Şekil 4.57. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen bor (B) birikim seviyeleri



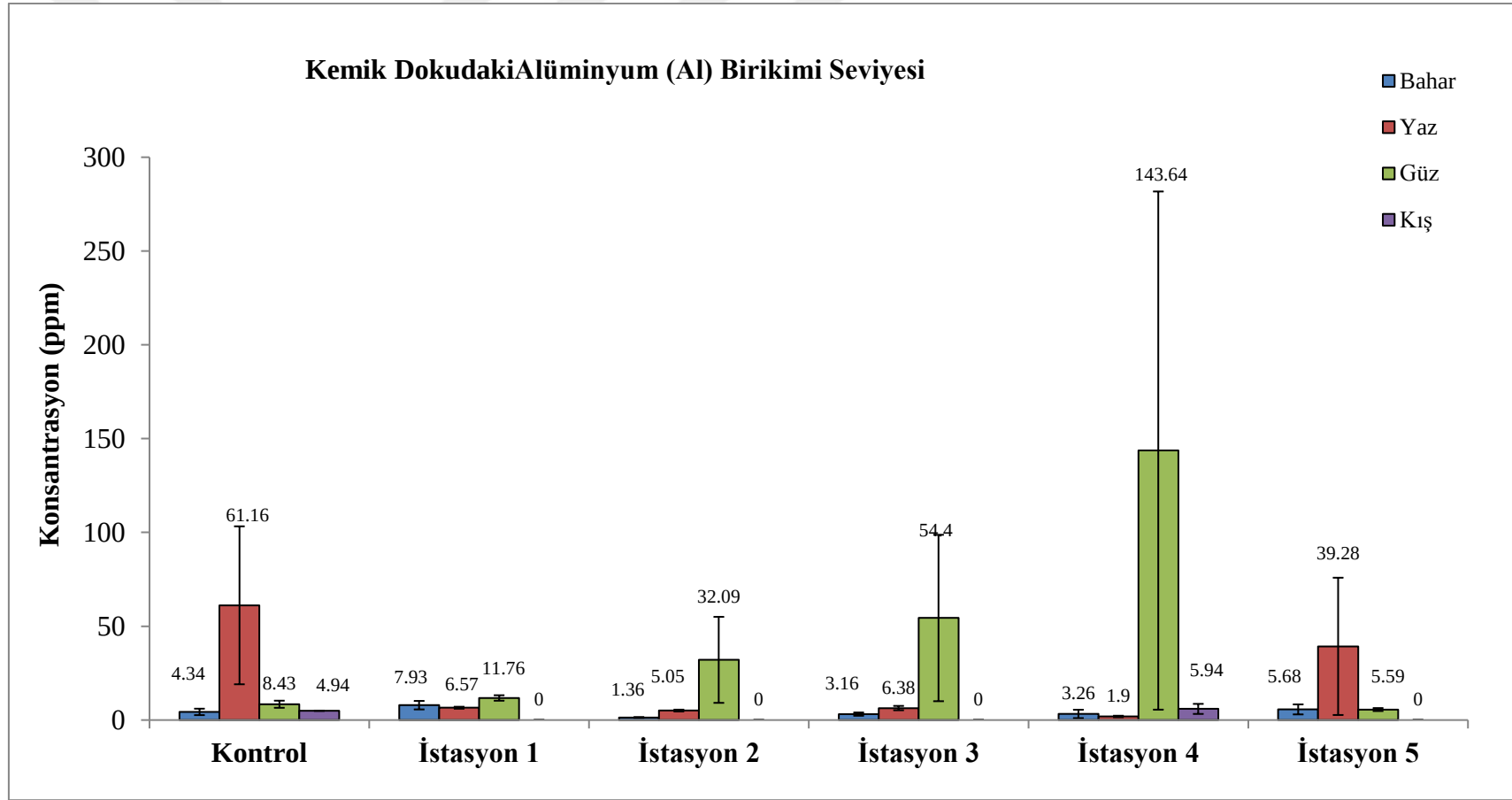
Şekil 4.58. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen bakır (Cu) birikim seviyeleri



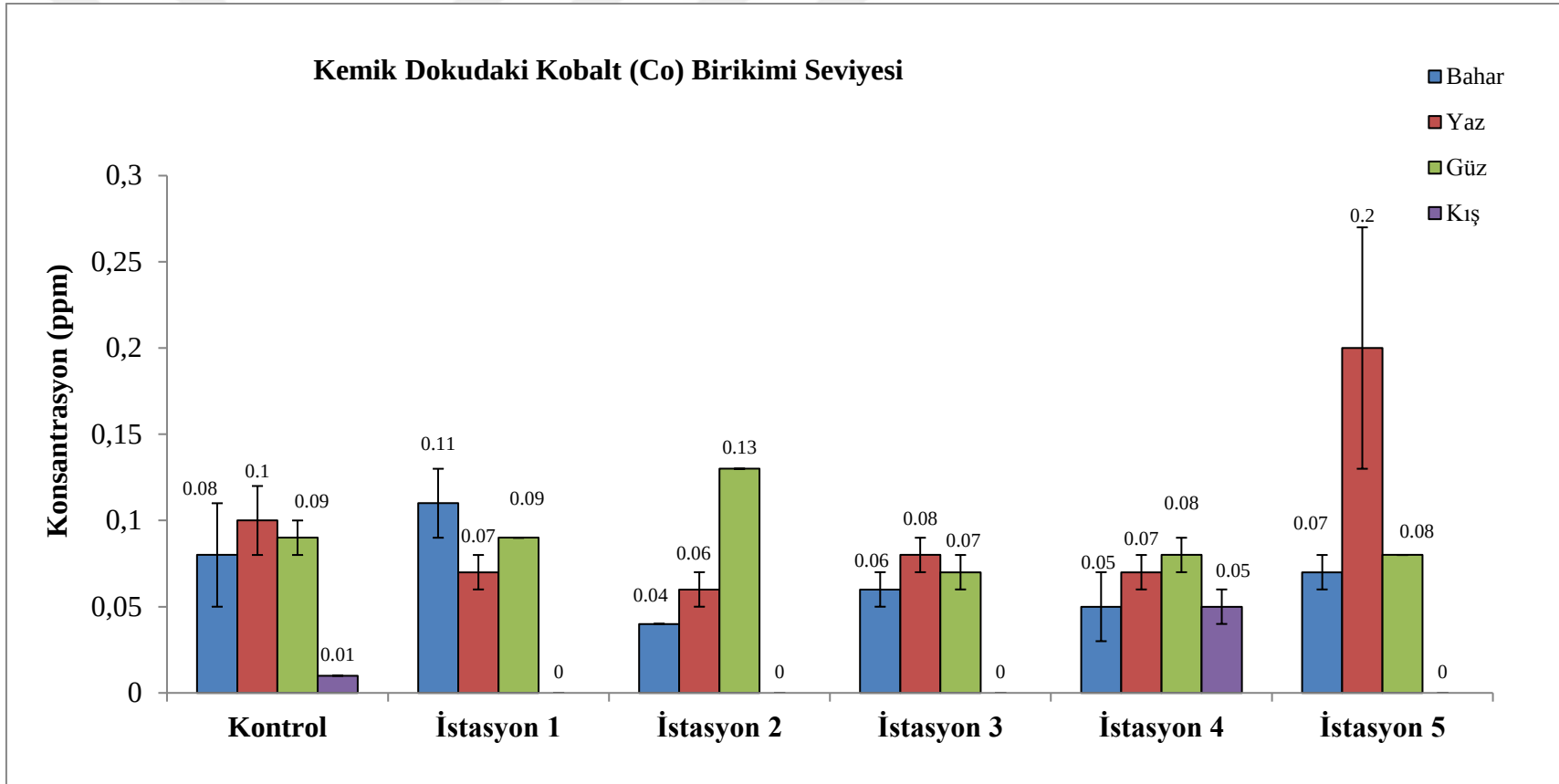
Şekil 4.59. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen demir (Fe) birikim seviyeleri



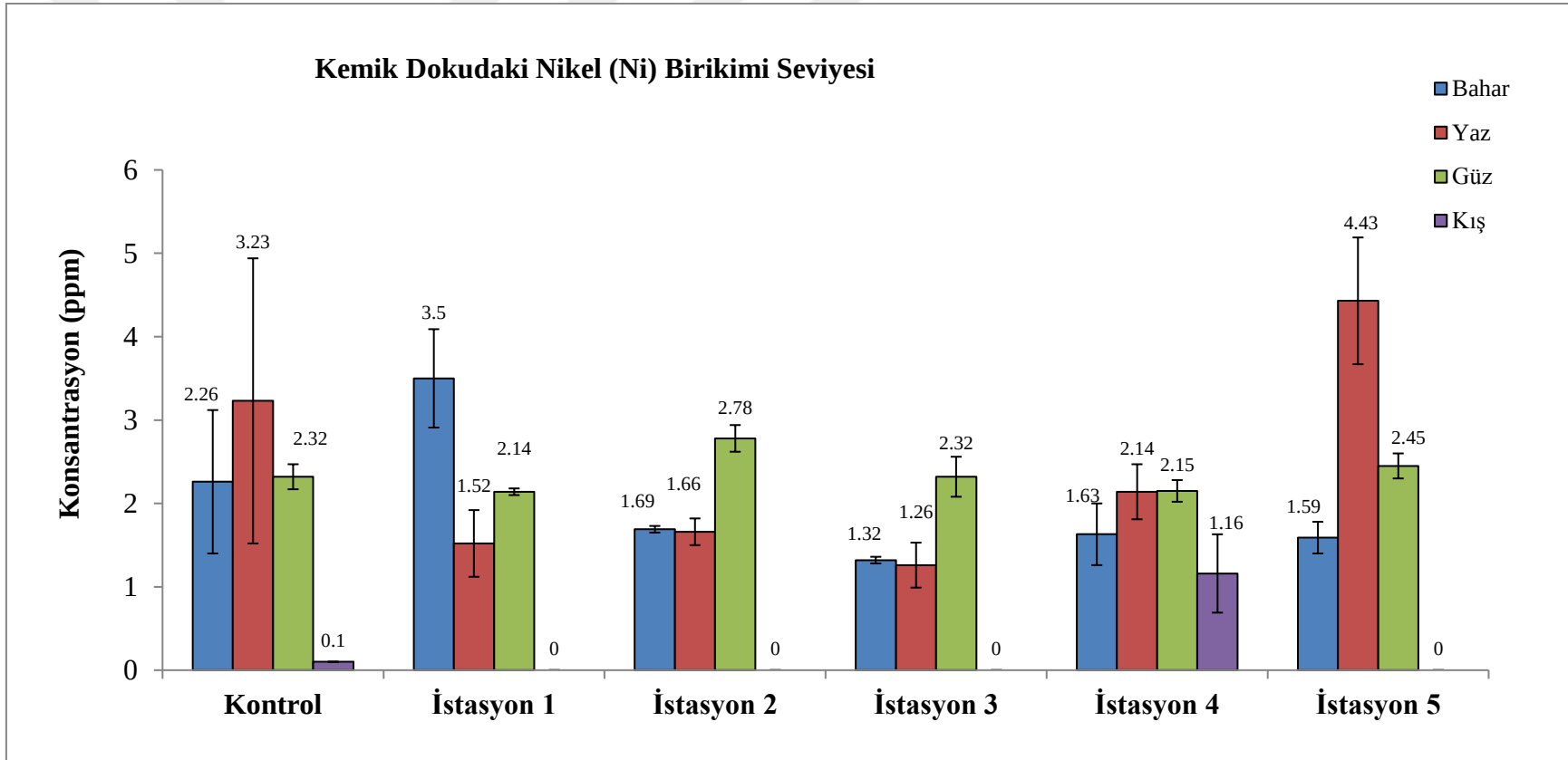
Şekil 4.60. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen mangan (Mn) birikim seviyeleri



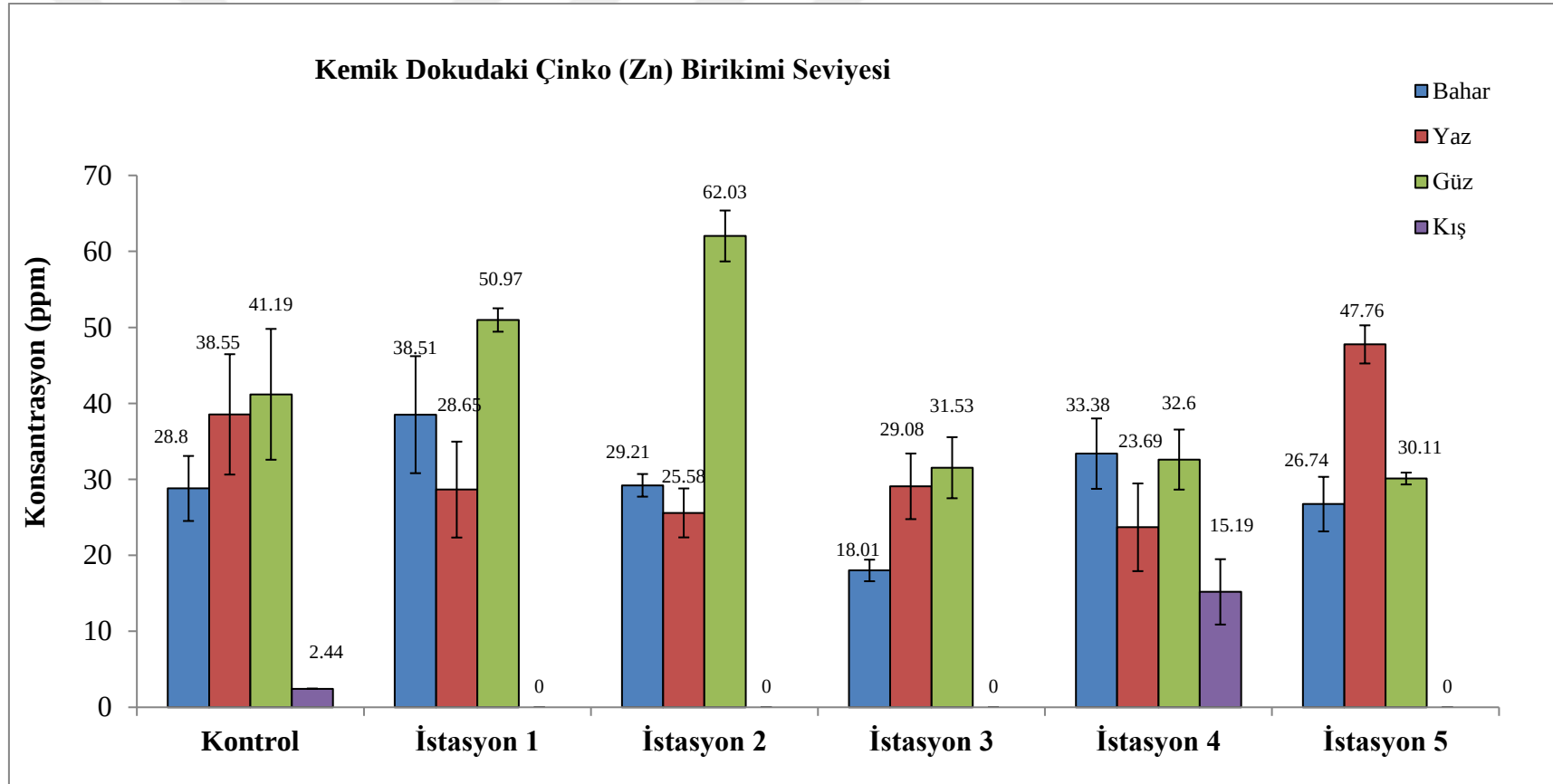
Şekil 4.61. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen alüminyum (Al) birikim seviyeleri



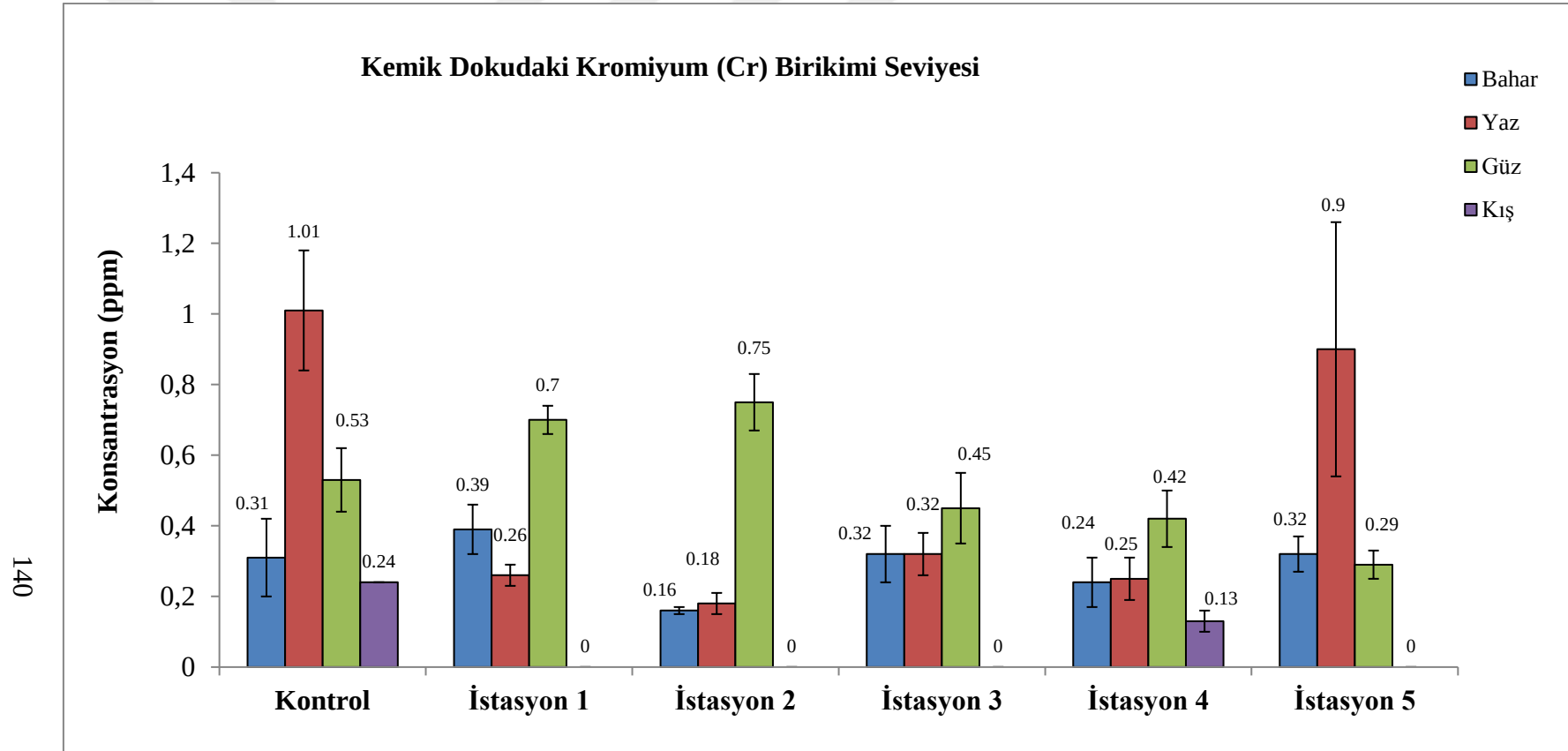
Şekil 4.62 *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kobalt (Co) birikim seviyeleri



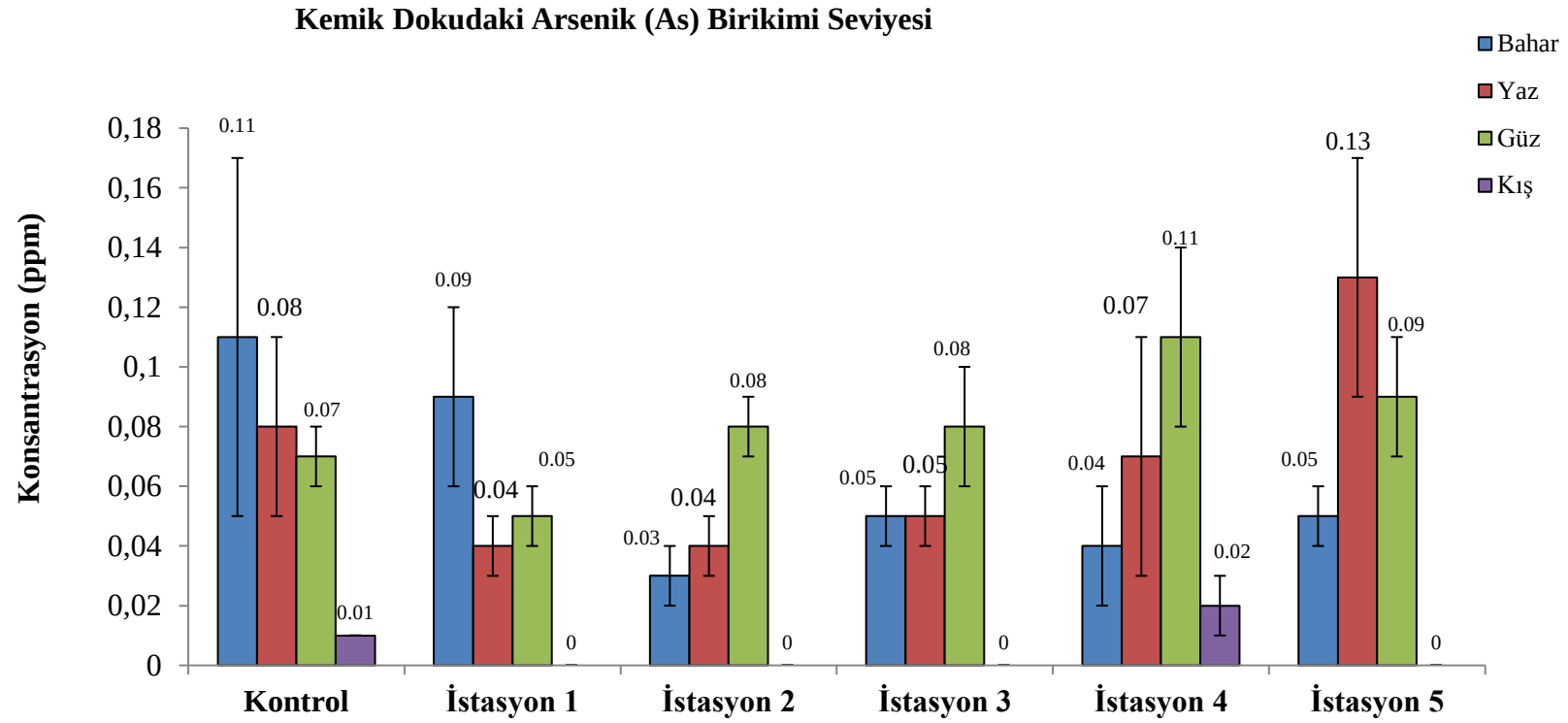
Şekil 4.63. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen nikel (Ni) birikim seviyeleri



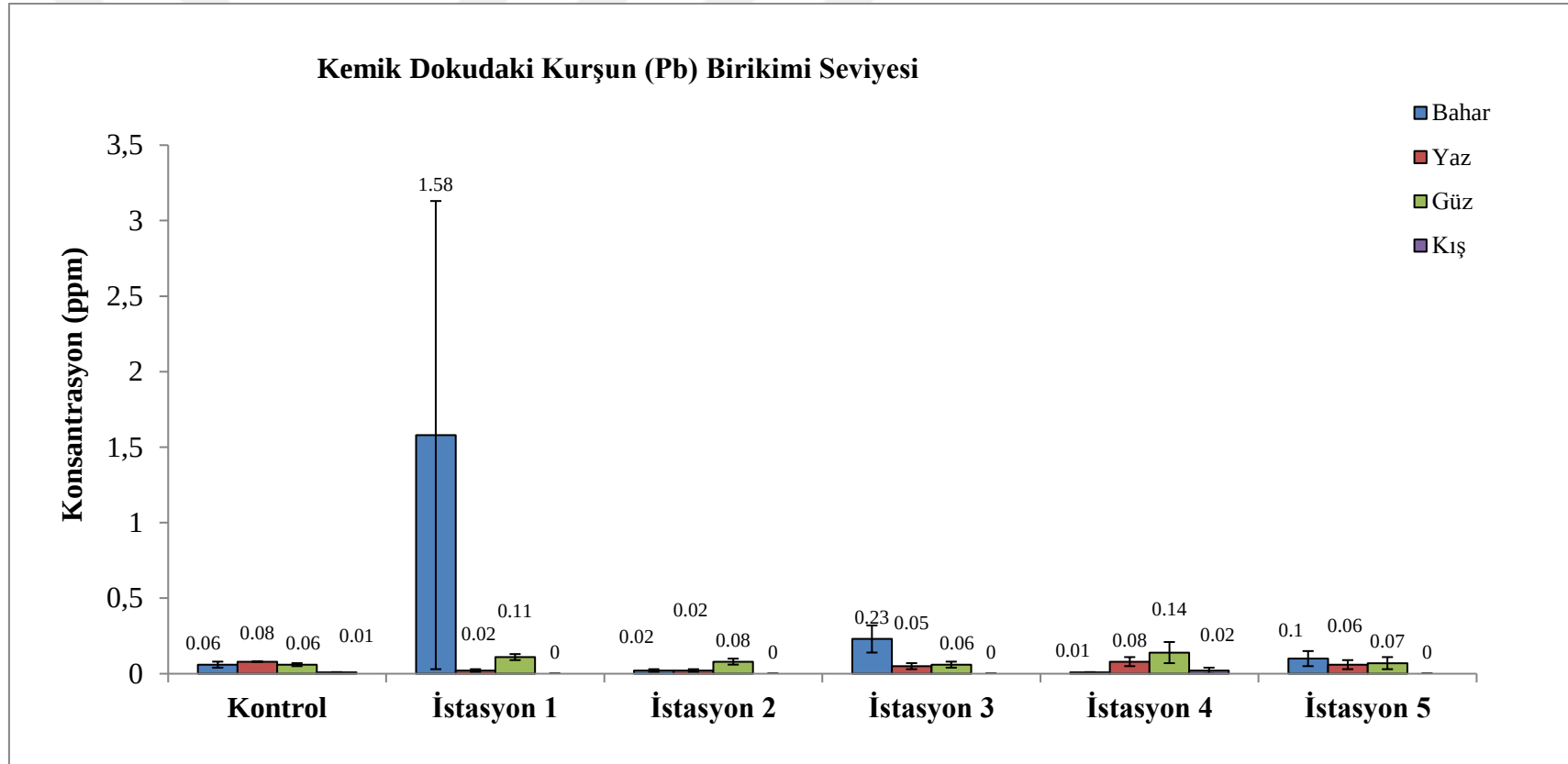
Şekil 4.64. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen çinko (Zn) birikim seviyeleri



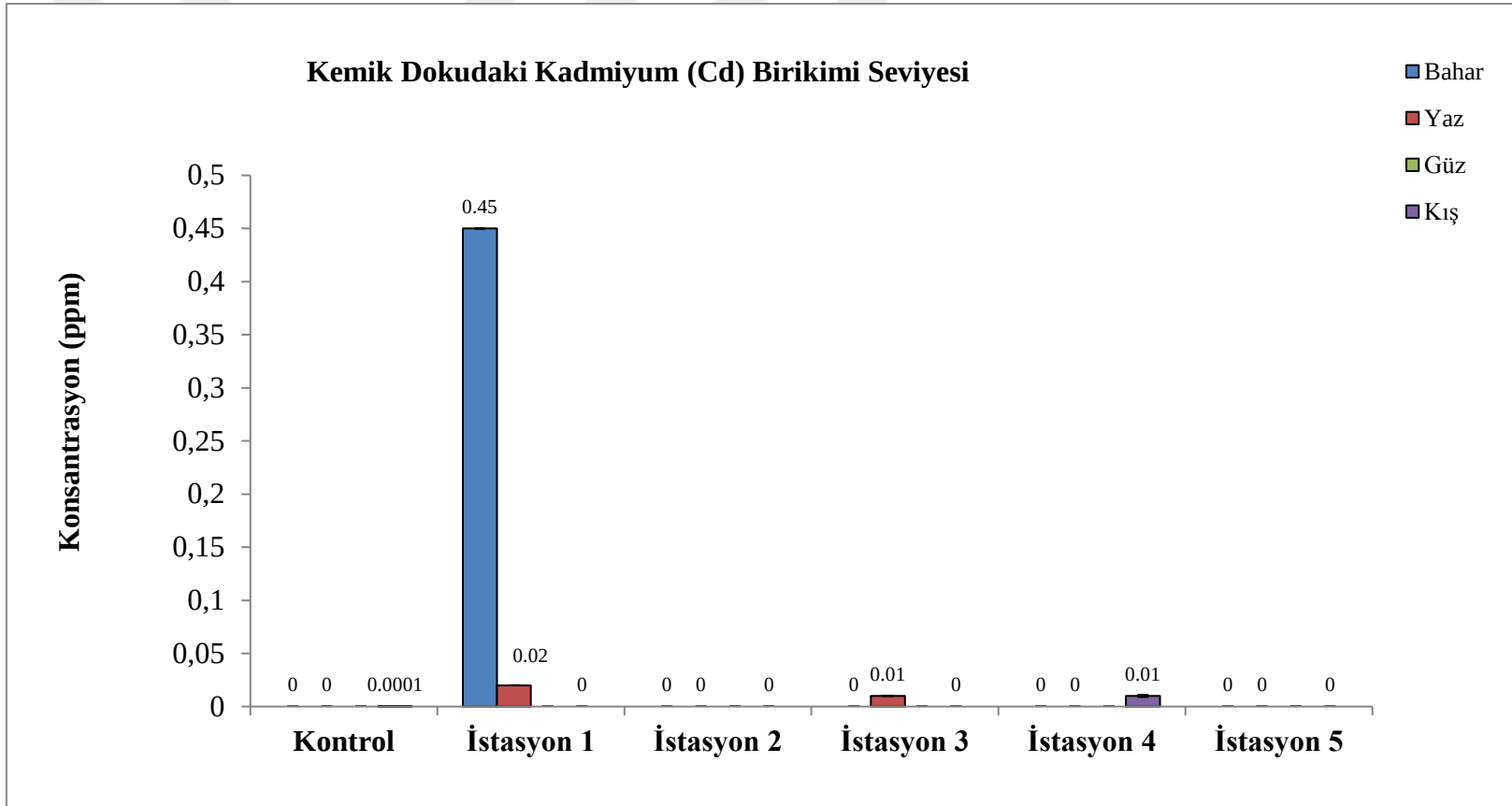
Şekil 4.65. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen krom (Cr) birikim seviyeleri



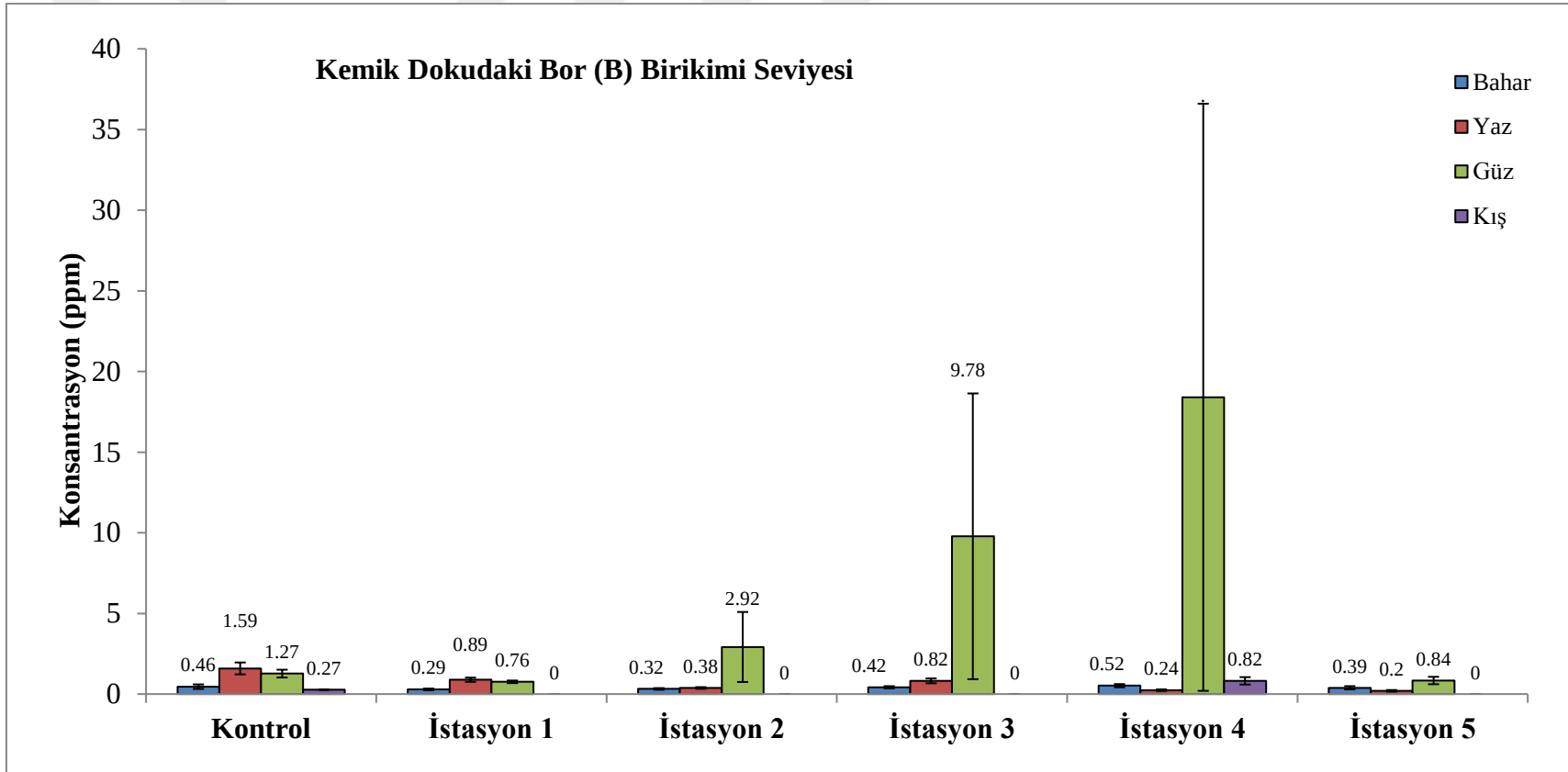
Şekil 4.66. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen arsenik (As) birikim seviyeleri



Şekil 4.67. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kurşun (Pb) birikim seviyeleri



Şekil 4.68. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen kadmiyum (Cd) birikim seviyeleri



Şekil 4.69. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen bor (B) birikim seviyeleri

4.4. Ağır Metallerin Birikim Seviyelerinin *M. guentheri*'de Organ ve Doku Düzeyinde Karşılaştırılması

Yapılan çalışmalar doğrultusunda, İlkbahar mevsiminde tüm istasyonlardan toplam 32, Yaz ve Güz mevsimlerinde 30'ar, kış mevsiminde ise 5 (1 birey kontrol istasyonundan, 4 birey istasyon 4'ten) birey Sherman tipi canlı yakalama kapanları ile yakalanarak deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki ağır metal birikimlerinin tespiti için değerlendirilmiştir. Demir (Fe) Çizelge 4.31'de, Alüminyum (Al) Çizelge 4.32'de, Çinko (Zn) Çizelge 4.33'de, Bakır (Cu) Çizelge 4.34'de, Nikel (Ni) Çizelge 4.35'te, Mangan (Mn) Çizelge 4.36'da, Bor (B) Çizelge 4.37'de, Krom (Cr) Çizelge 4.38'de, Arsenik (As) Çizelge 4.39'da, Kadmiyum (Cd) Çizelge 4.40'ta, Kurşun (Pb) Çizelge 4.41'de, Kobalt (Co) Çizelge 4.42'de ağır metallerinin deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki birikim seviyelerine ait sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiştir. Civa ppb düzeyinde araştırılmış olup, hiçbir örneğe ait hiçbir dokuda tespit edilememiştir. İstatistiksel analizler sırasında, ağır metallerin birikim seviyelerinin (her bir metal için ayrı ayrı olacak biçimde) *M. guentheri*'de organsal ve dokusal olarak birbirleriyle karşılaştırılması esnasında her bir mevsim birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiştir.

4.4.1. Demir (Fe) ağır metali

Demir (Fe) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar mevsimine ait bireylerin deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Fe birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Fe birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=11.440$; $df_1=4$; $df_2=159$; $p=0.0001$) belirlenmiştir. Çizelge 4.31'de görülen “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (**a**, **b** ve **c**) bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar mevsiminde Fe birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku deri-keratin olarak karşımıza çıkmaktadır ve diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklıdır (c grubuna dâhildir - Tukey ve Duncan açısından). Bunun ardından Fe birikimi açısından 2. en yüksek doku-organ Kemik (b grubuna dâhildir - Tukey ve Duncan açısından), daha sonra sırasıyla karaciğer, böbrek ve kas olarak saptanmıştır. Demir (Fe) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, yaz mevsimine ait bireylerin deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Fe birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından yaz mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Fe birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=23.518$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) belirlenmiştir. Çizelge 4.31'de görülen “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (**a**, **b**, **c** ve **d**) bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, yaz mevsiminde Fe birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku deri-keratin olarak karşımıza çıkmaktadır ve diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklıdır (d grubuna dahildir - Tukey ve Duncan açısından). Bunun ardından Fe birikimi

açısından 2. en yüksek doku-organ Kemik (c grubuna dâhildir - Tukey ve Duncan açısından), daha sonra sırasıyla karaciğer, böbrek ve kas olarak saptanmıştır. Demir (Fe) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, güz mevsimine ait bireylerin deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Fe birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından yaz mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Fe birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=49.397$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) belirlenmiştir. Çizelge 4.31’de görülen “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (**a**, **b** ve **c**) bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, güz mevsiminde Fe birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku deri-keratin olarak karşımıza çıkmaktadır ve diğer tüm gruplardan istiksel olarak anlamlı biçimde farklıdır (c grubuna dâhildir - Tukey ve Duncan açısından). Bunun ardından Fe birikimi açısından yüksek doku-organlar sırasıyla Kemik (b grubuna dahildir - Tukey ve Duncan açısından), karaciğer, böbrek ve kas olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.31. Demir (Fe) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	179.54± 37.14 c/c	98.71± 3.47 d/d	231.43± 51.26 c/c	121.88± 0	21.47±6.39 a/a	52.84± 12.28 a/a	30.3±2.6 a/a	18.48± 0	34.77±9.72 a,b/a	80.98± 30 a,b/a,b	82.22± 13.18 b/b	70.28± 0	44.18± 13.51 a,b/a,b	129.9± 19.91 b/b	103.73± 13.39 b/b	92.91± 0	118.5±3 5.1b/b	175.25±38. 66 c/c	177.3± 23 b/b	18.1±0
1	269.35± 134.37 c/c	183.84± 51.46 d/d	532.59± 155.30 c/c	TE	20.73±2.31 a/a	27.24± 3.34 a/a	43.55± 1.17 a/a	-	54.85±6.7 a,b/a	70.61± 6.6 a,b/a,b	128.89±8.8 b/b	-	72.74± 11.55 a,b/a,b	78.45± 20.25 b/b	147.87± 38.36 b/b	-	175.8± 31.89 b/b	133.55±24. 95c/c	198.39 ± 5.18 b/b	-
2	109.71± 5.63 c/c	280.91± 71.78 d/d	328.4± 81.24 c/c	TE	14.14±0.51 a/a	22.8± 1.78 a/a	42.82± 3.77 a/a	-	31.3±1.66 a,b/a	56.56± 4.51 a,b/a,b	138.38±17. 91 b/b	-	32.91±1.32 a,b/a,b	89.01± 20.19 b/b	166.02± 22.09 b/b	-	73.2±2.3 3 b/b	112.41±15. 19 c/c	253.01 ± 7.15 b/b	-
3	90.39± 14.45 c/c	276.45± 80.95 d/d	455.58± 63.11 c/c	TE	29.54±5.49 a/a	45.03± 11.63 a/a	41.28± 4.07 a/a	-	66.35±9.23 a,b/a	111.29±31. 98 a,b/a,b	101.11±34. 01 b/b	-	87.72±8.93 a,b/a,b	109.81 ±15.07 b/b	120.98± 15.21 b/b	-	91.52±6. 63b/b	146.77±23. 83 c/c	129.15 ± 11.6 b/b	-
4	114.59± 27.18 c/c	366.49± 111.3 d/d	443± 83.33 c/c	349.34± 7.47	17.41±1.91 a/a	25.81± 1.69 a/a	32.74± 2.17 a/a	36.91± 9.1	35.5±5.65 a,b/a	57.06± 3.15 a,b/a,b	94.5±6.7 b/b	59.72± 9.76	60.11± 13.05 a,b/a,b	73.62± 3.72 b/b	98± 25.2 b/b	58.78± 7.51	94.12± 21.63 b/b	179.6± 77.45 c/c	115.41 ± 9.58 b/b	90.67± 17.82
5	551.88± 21 c/c	190.89± 15.26 d/d	333.77± 78.62 c/c	TE	34.36±5.28 a/a	23.19±2.49 a/a	42.15±0 a/a	-	62.97±7.1 a,b/a	67±5.66 a,b/a,b	120.32±8.7 7 b/b	-	74±6.88 a,b/a,b	75.09± 11.66 b/b	137.86± 14.38 b/b	-	126.4±2 2 b/b	244.84±48. 42 c/c	120.64 ± 15.85 b/b	-

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, 1: İstasyon 1, 2: İstasyon 2, 3: İstasyon 3, 4: İstasyon 4 ve 5: İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

“-“ gösterimi o ilgili istasyonda, ilgili mevsimde birey yakalanamadığını göstermektedir.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

4.4.2. Alüminyum (Al) ağır metali

Alüminyum (Al) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan bireylere ait deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Al birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Al birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=15.201$; $df_1=4$; $df_2=154$; $p=0.0001$) ve benzer biçimde Yaz mevsiminde de istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=29.731$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) belirlenmiştir. Çizelge 4.32’de görülen “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. İlkbahar ve Yaz mevsimleri için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf (**a** ve **b**) bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde Al birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku deri-keratin olarak karşımıza çıkmaktadır ve diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklıdır (b grubuna dâhildir - Tukey ve Duncan açısından). Deri-keratin dokunun ardından Al birikimi açısından sıralama karaciğer > kas > böbrek > kemik (bu dört organ da a grubuna dâhildir - Tukey ve Duncan açısından) olarak saptanmıştır. Alüminyum (Al) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, güz mevsimine ait bireylerin deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Al birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından güz mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Al birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=61.862$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) tespit edilmiştir. Çizelge 4.32’de görülen “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Güz mevsimi için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf (**a** ve **b**) bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, Güz mevsiminde Al birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku ilkbahar ve yaz mevsiminde olduğu gibi deri-keratin doku olarak karşımıza çıkmaktadır ve deri-keratin doku diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklıdır (b grubuna dâhildir - Tukey ve Duncan açısından). Deri-keratin dokunun ardından Al birikimi açısından sıralama kemik > böbrek > kas > karaciğer (bu dört organ da a grubuna dâhildir - Tukey ve Duncan açısından) olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.32. Alüminyum (Al) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	165.37± 33.75 b/b	100.7± 45.5 b/b	233.27± 53.92 b/b	130.57± 0	5.52±0.88 a/a	32.91± 12.38 a/a	7.21±0.8 8 a/a	11.56± 0	3.18± 0.91 a/a	66.91± 46.31a/a	8.13± 1.08 a/a	2.5±0	10.63± 6.11 a/a	32.05± 11.03 a/a	5.69± 0.94 a/a	169.33 ±0	4.34± 1.71 a/a	61.16± 42.1 a/a	8.43± 1.89 a/a	4.94±0
1	295.42± 173.61 b/b	166.72± 47.07 b/b	598.12± 169.6 b/b	-	9.33±1.71 a/a	10.02± 2.62 a/a	12.51± 0.44 a/a	-	6.31±1 a/a	27.63± 20.45 a/a	19.9±3.0 2 a/a	-	12.72± 4.05 a/a	10.26± 4.34 a/a	11.31± 1.76 a/a	-	7.93± 2.26 a/a	6.57± 0.52 a/a	11.76± 1.45 a/a	-
2	104.88± 5.35 b/b	260.52± 56.77 b/b	383.11± 100.68 b/b	-	6.77±1.16 a/a	28.52± 15.92 a/a	13.28± 1.91 a/a	-	3.15± 0.22 a/a	9.25± 1.53 a/a	35.83±1 8.86 a/a	-	7.73±3.6 3 a/a	64.93± 32.79 a/a	9.85± 2.33 a/a	-	1.36± 0.23 a/a	5.05± 0.49 a/a	32.09± 22.93 a/a	-
3	75.69± 8.18 b/b	249.81± 75.73 b/b	434.26± 51.54 b/b	-	18.22±5.09 a/a	79.21± 41.69 a/a	12.9± 2.22 a/a	-	8.78± 4.28 a/a	56± 40.72 a/a	57.97±3 2.38 a/a	-	23.22± 11.1 a/a	103.28± 62.11 a/a	8.21± 2.35 a/a	-	3.16± 0.87 a/a	6.38± 1.16 a/a	54.4± 44.35 a/a	-
4	109.51± 24.88 b/b	307± 87.46 b/b	474.6± 83.28 b/b	335.55± 41.55	12.27±4.84 a/a	17.1± 8.89 a/a	9.84± 0.74 a/a	11.79± 5.37	4.62± 1.12 a/a	5.32± 1.08 a/a	15.75±6. 4 a/a	28.24± 21.58	32.52± 25.3 a/a	21.5± 15.25 a/a	5.37± 1.57 a/a	8.96± 4.01	3.26± 2.24 a/a	1.9± 0.39 a/a	143.64± 138.1 a/a	5.94± 2.68
5	425.2± 167.93 b/b	168.89± 15.62 b/b	334.79± 69.84 b/b	-	28.85±17.6 6a/a	6.92±1.35 a/a	34.64±1 8.24 a/a	-	7.6± 2.09 a/a	2.79± 0.56 a/a	10.83±1. 97 a/a	-	25.28± 18.4 a/a	5.4± 1.5a/a	48.19± 137.14 a/a	-	5.68± 2.67 a/a	39.28± 36.58 a/a	5.59± 0.79 a/a	-

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, **1:** İstasyon 1, **2:** İstasyon 2, **3:** İstasyon 3, **4:** İstasyon 4 ve **5:** İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

“-“ gösterimi o ilgili istasyonda, ilgili mevsimde birey yakalanamadığını göstermektedir.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

4.4.3. Çinko (Zn) ağır metali

Çinko (Zn) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan bireylere ait deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Zn birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Zn birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=33.654$; $df_1=4$; $df_2=155$; $p=0.0001$) ve benzer biçimde Yaz mevsiminde ($F=35.562$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) ve güz mevsiminde ($F=106.917$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) belirlenmiştir. Çizelge 4.33’da görülen “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. İlkbahar (**a, b**), Yaz (**a, b, c** ve **d**) ve Güz mevsimleri (**a, b, c** ve **d**) için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinde Zn birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku deri-keratin olarak karşımıza çıkmaktadır ve diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklıdır (Tukey ve Duncan açısından). Deri-keratin dokunun ardından Zn birikimi açısından sıralama kemik > karaciğer > böbrek > kas olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.33. Çinko (Zn) ağır metalinin organsal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	23.61± 3.19 b/b	22.63± 7.2 d/d	38.44± 5.83 c/d	17.68± 0	4.36± 1.31a/a	11.73± 1.58 a/a	7.53± 0.95 a/a	2.75± 0	3.87± 1.96 a/a	23.06± 6.55 a,b/a,b	12.45± 1.88 a,b/b	14.22± 0	7.23± 1.13 a/a	23.21± 6.42 c/c	14.92± 1.88 b/b	17.38± 0	28.8± 4.28 b/b	38.55± 7.92 d/d	41.19± 8.61 c/c	2.44±0
1	46.06± 18.51 b/b	24.22± 5.83 d/d	54.08± 1.76 c/d	-	6.44± 0.59a/a	5.9± 0.47a/a	9.53± 0.37 a/a	-	7.8± 1.26 a/a	12.32± 4.3 a,b/a,b	15.17± 0.26 a,b/b	-	10.17± 0.86 a/a	13.9± 3.4 c/c	19.06± 3.15 b/b	-	38.51± 7.7 b/b	28.65± 6.31 d/d	50.97± 1.54 c/c	-
2	24.42± 3.46 b/b	28.23± 1.48 d/d	60.73± 5.38 c/d	-	5.21± 0.37 a/a	4.62± 0.31a/a	10.86± 0.35 a/a	-	3.97± 0.42 a/a	5.89± 0.45 a,b/a,b	17.6± 0.37 a,b/b	-	6.35± 0.44 a/a	9.34± 0.69c/c	2.68± 1.2b/b	-	29.21± 1.49 b/b	25.58± 3.22 d/d	62.03± 3.35 c/c	-
3	22.17± 3.24 b/b	25.59± 4.83 d/d	38.91± 3.37 c/d	-	6.48± 0.62 a/a	9.07± 1.7a/a	8.02± 0.41 a/a	-	9.16± 0.55 a/a	15.13±498 72 a,b/a,b	11.3± 2.75 a,b/b	-	12.18± 0.76 a/a	18.12± 5.21 c/c	16.64± 0.85 b/b	-	18.01± 1.42 b/b	29.08± 4.32 d/d	31.53± 4.02 c/c	-
4	30.49± 4.56 b/b	33.41± 2.45 d/d	46.43± 3.66 c/d	26.5± 6.56	7.15± 1 a/a	6.21± 0.24a/a	9.07± 0.24 a/a	5.49± 0.91	5.14± 1.72 a/a	9.02± 0.5 a,b/a,b	12.83± 0.28 a,b/b	5.73± 1.94	13.07± 4.28 a/a	11.3± 0.26 c/c	12.72± 3.13 b/b	9.17± 0.01	33.38± 4.63 b/b	23.69± 5.77 d/d	32.6± 3.95 c/c	15.19± 4.3
5	41.73± 2.85 b/b	32.76± 3.39 d/d	39.53± 3.04 c/d	-	6.75± 0.78 a/a	6.1± 0.35a/a	9.4±0.22 a/a	-	9.55± 1.4 a/a	8.15±0.95 a,b/a,b	13.16± 0.43 a,b/b	-	10.6± 1.05 a/a	11.1± 0.77c/c	16.6± 0.88 b/b	-	26.74± 3.59 b/b	47.76± 2.51 d/d	30.11± 0.78 c/c	-

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, **1:** İstasyon 1, **2:** İstasyon 2, **3:** İstasyon 3, **4:** İstasyon 4 ve **5:** İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

“-“ gösterimi o ilgili istasyonda, ilgili mevsimde birey yakalanamadığını göstermektedir.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

4.4.4. Bakır (Cu) ağır metali

Bakır (Cu) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan bireylere ait deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Cu birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Cu birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=35.454$; $df_1=4$; $df_2=155$; $p=0.0001$) ve benzer biçimde Yaz mevsiminde ($F=28.563$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) belirlenmiştir. Güz mevsiminde ise ($F=1.978$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.101$) Cu birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır. Çizelge 4.34'te görülen “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. İlkbahar (**a**, **b**, **c** ve **d**), Yaz (**a**, **b** ve **c**) ve Güz mevsimleri (**a** ve **b**) için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde Cu birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku böbrek olarak karşımıza çıkmaktadır, ardından Cu seviyesinin en yüksek olduğu 2. Organ olarak ise karşımıza karaciğer çıkmaktadır ve yaz mevsimi için elde edilen sonuçlara göre bu iki organ diğer doku ve organlardan farklı gruplarda yer alırken (Tukey ve Duncan açısından) bu doku ve organların ardından Cu birikimi açısından sıralama deri-keratin > kas > kemik olarak saptanmıştır. Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, Cu bakımından en yüksek birikim seviyesi karaciğer organında saptanmış olup bu doku ve organların ardından Cu birikimi açısından sıralama böbrek > deri-keratin > kas > kemik olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.34. Bakır (Cu) ağır metalinin organasal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	1.15± 0.24 c/c	1.89± 0.36 b/b	1.79± 0.2 a/a,b	0.86± 0	1.01± 0.06 b/b	2.22± 0.4 b/b	1.55± 0.22 a/a,b	0.67± 0	1.62± 0.37 d/d	2.14± 0.4c/c	3.32±0.53 a/a,b	0.14± 0	1.43± 0.26 c,d/c,d	1.99± 0.62 c/c	3.11± 0.42 a/b	0.23±0	0.26± 0.08 a/a	1.34± 0.46 a/a	0.42± 0.06 a/b	0.73 ±0
1	1.97± 0.84 c/c	1.31± 0.16 b/b	2.57± 0.06 a/a,b	-	0.99± 0.1 b/b	1.05± 0.07 b/b	1.97± 0.07 a/a,b	-	2.1± 0.24 d/d	1.97± 0.2 c/c	3.99±0.13 a/a,b	-	1.81± 0.19 c,d/c,d	1.71± 0.4 c/c	3.53± 0.58 a/b	-	0.29± 0.04 a/a	0.58± 0.26 a/a	0.49± 0.02 a/b	-
2	0.86± 0.11 c/c	1.38± 0.09 b/b	2.85± 0.28 a/a,b	-	0.66± 0.01 b/b	0.94± 0.78 b/b	2.14± 0.17 a/a,b	-	1.55± 0.07 d/d	1.76± 0.09 c/c	4.49±0.13 a/a,b	-	1.15±0.07 c,d/c,d	1.71± 0.11 c/c	4.28± 0.19a/b	-	0.15± 0.02 a/a	-	0.59± 0.02 a/b	-
3	1.71± 0.12 c/c	1.44± 0.14 b/b	1.94± 0.11 a/a,b	-	1.25± 0.12 b/b	1.5± 0.3 b/b	1.61± 0.11 a/a,b	-	2.65± 0.07 d/d	2.26± 0.21 c/c	2.88±0.72 a/a,b	-	2.71±0.1 c,d/c,d	2.03± 0.41 c/c	3.65± 0.39 a/b	-	0.41± 0.1 a/a	0.85± 0.51 a/a	0.34± 0.06 a/b	-
4	0.87± 0.06 c/c	2.14± 0.02 b/b	2.16± 0.17 a/a,b	1.34± 0.27	0.87± 0.77 b/b	1.28± 0.08 b/b	1.63± 0.14 a/a,b	1.15± 0.17	1.64± 0.19 d/d	2.9± 0.21 c/c	3.22±0.05 a/a,b	1.78± 0.42	1.75± 0.19 c,d/c,d	2.71± 0.14 c/c	32.16± 29.13 a/b	1.87± 0.42	-	0.31± 0.06 a/a	0.37± 0.05 a/b	0.51 ± 0.32
5	2.48± 0.2 c/c	1.78± 0.15 b/b	1.99± 0.14 a/a,b	-	1.17± 0.05 b/b	1.31±0 .07 b/b	1.59± 0.03 a/a,b	-	2.48± 0.16 d/d	2.65± 0.04 c/c	3.32±0.13 a/a,b	-	2.19±0.2 c,d/c,d	2.47± 0.21 c/c	3.23± 0.22 a/b	-	0.3± 0.03 a/a	0.59± 0.06 a/a	0.31± 0.02 a/b	-

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, 1: İstasyon 1, 2: İstasyon 2, 3: İstasyon 3, 4: İstasyon 4 ve 5: İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

“-” gösterimi o ilgili istasyonda, ilgili mevsimde birey yakalanamadığını göstermektedir.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

4.4.5. Nikel (Ni) ağır metali

Nikel (Ni) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan bireylere ait deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Ni birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Ni birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=15.307$; $df_1=4$; $df_2=139$; $p=0.0001$) ve benzer biçimde bu anlamlı fark hem Yaz mevsiminde ($F=25.521$; $df_1=4$; $df_2=125$; $p=0.0001$) hem de Güz mevsiminde ($F=79.317$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) saptanmıştır. Çizelge 4.35'te görülen "harf/harf" gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. İlkbahar (**a** ve **b**), Yaz (**a** ve **b**) ve Güz mevsimleri (**a**, **b** ve **c**) için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinde Ni birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak deri-keratin doku karşımıza çıkmaktadır, ardından Ni seviyesinin en yüksek olduğu 2. Doku ve organ olarak ise karşımıza kemik doku çıkmaktadır ve İlkbahar ve Yaz mevsimleri için elde edilen sonuçlara göre deri-keratin ve kemik doku bir gruba dâhil olurken (b grubu - Tukey ve Duncan açısından) diğer organ ve dokular olan karaciğer kas ve böbrek bir diğer gruba (a grubu - Tukey ve Duncan açısından) dâhildir. Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, deri-keratin (c grubu - Tukey ve Duncan açısından), kemik doku (b grubu- Tukey ve Duncan açısından) birbirlerinden farklı gruplarda yer alırken, karaciğer, kas ve böbrek bir diğer grupta (a grubu - Tukey ve Duncan açısından) yer almaktadır. Bu bakımdan değerlendirildiğinde her üç mevsim için elde edilen Ni birikim seviyeleri açısından, deri-keratin ve kemik dokularının kas, böbrek ve karaciğer doku ve organlarından istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde ayrıldığı saptanmıştır. Deri-keratin ve kemik dokunun ardından Ni birikimi açısından sıralama İlkbahar ve Yaz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre karaciğer > böbrek > kas olarak saptanırken, Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, sıralama böbrek > kas > karaciğer > olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.35. Nikel (Ni) ağır metalinin organ sal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	2.32± 0.46 b/b	TE	2.14± 0.5 c/c	1.07± 0	0.21± 0.05 a/a	TE	0.12± 0.01 a/a	0.06± 0	0.2± 0.04 a/a	TE	0.19± 0.03 a/a	1.14±0	0.14± 0.04 a/a	1.29± 0.14 a/a	0.12± 0.03 a/a	1.4±0	2.26± 0.86 b/b	3.23± 1.71 b/b	2.32± 0.15 b/b	0.1±0
1	3.01± 1.49 b/b	1.63± 0.52 b/b	5.49± 1.67 c/c	-	0.18± 0.06 a/a	0.1± 0.02 a/a	0.21± 0.01 a/a	-	0.17± 0.06 a/a	0.51± 0.3 a/a	0.4± 0.05 a/a	-	0.05± 0.01 a/a	0.53± 0.45 a/a	0.17± 0.04 a/a	-	3.5± 0.59 b/b	1.52± 0.4 b/b	2.14± 0.04 b/b	-
2	1.53± 0.11 b/b	2.48± 0.66 b/b	2.88± 0.64 c/c	-	0.18± 0.03 a/a	0.15± 0.02 a/a	0.21± 0.01 a/a	-	0.09± 0.01 a/a	0.22± 0.03 a/a	0.32± 0.03 a/a	-	0.06± 0.01 a/a	0.38± 0.23 a/a	0.19± 0.04 a/a	-	1.69± 0.04 b/b	1.66± 0.16 b/b	2.78± 0.16 b/b	-
3	0.34± 0.07 b/b	2.69± 0.83 b/b	4.26± 0.54 c/c	-	0.25± 0.1 a/a	0.2± 0.03 a/a	0.21± 0.04 a/a	-	0.16± 0.04 a/a	0.54± 0.28 a/a	0.39± 0.2 a/a	-	0.09± 0.02 a/a	0.41± 0.24 a/a	0.17± 0.04 a/a	-	1.32± 0.04 b/b	1.26± 0.27 b/b	2.32± 0.24 b/b	-
4	1.47± 0.5 b/b	5.07± 1.69 b/b	3.89± 0.67 c/c	3.12± 0.42	0.23± 0.04 a/a	0.24± 0.05 a/a	0.26± 0.14 a/a	0.13± 0.03	0.18± 0.06 a/a	0.24± 0.05 a/a	0.31± 0.06 a/a	0.23± 0.06	0.24± 0.1 a/a	0.13± 0.01 a/a	0.26± 0.1 a/a	0.13± 0.04	1.63± 0.37 b/b	2.14± 0.33 b/b	2.15± 0.13 b/b	1.16± 0.47
5	6.24± 2.27 b/b	2.57± 0.22 b/b	3.23± 0.82 c/c	-	0.37± 0.06 a/a	0.21± 0.03a/a	0.28± 0.06 a/a	-	0.44± 0.09 a/a	0.25± 0.03 a/a	0.28± 0.02 a/a	-	0.22± 0.07 a/a	0.15± 0.05 a/a	0.16± 0.04 a/a	-	1.59± 0.19 b/b	4.43± 0.76 b/b	2.45± 0.15 b/b	-

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, 1: İstasyon 1, 2: İstasyon 2, 3: İstasyon 3, 4: İstasyon 4 ve 5: İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

“-“ gösterimi o ilgili istasyonda, ilgili mevsimde birey yakalanamadığını göstermektedir.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

4.4.6. Mangan (Mn) ağır metali

Mangan (Mn) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan bireylere ait deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Mn birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Mn birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=19.322$; $df_1=4$; $df_2=155$; $p=0.0001$) ve benzer biçimde bu anlamlı fark hem Yaz mevsiminde ($F=29.148$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) hem de Güz mevsiminde ($F=49.397$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) saptanmıştır. Çizelge 4.36’da görülen “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. İlkbahar (**a** ve **b**), Yaz (**a** ve **b**) ve Güz mevsimleri (**a** ve **b**) için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinde Mn birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak deri-keratin doku karşımıza çıkmaktadır ve diğer tüm doku ve organlardan istatistiksel anlamda farklıdır. Deri-keratin dokunun ardından Mn seviyesinin en yüksek olduğu 2. Doku ve organ olarak ise karşımıza karaciğer çıkmaktadır. İlkbahar ve Yaz mevsimleri için elde edilen sonuçlara göre deri-keratin doku farklı bir gruba dâhildir (b grubu - Tukey ve Duncan açısından) olurken diğer organ ve dokular olan karaciğer, böbrek, kemik ve kas doku ve organları bir diğer gruba (a grubu - Tukey ve Duncan açısından) dâhildir. Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, deri-keratin (c grubu - Tukey ve Duncan açısından), karaciğer organı (b grubu - Tukey ve Duncan açısından) birbirlerinden farklı gruplarda yer alırken, böbrek organı her iki grupta (a,b grupları - Tukey ve Duncan açısından) yer almakta olup, kas ve kemik dokular ise bir diğer grupta (a grubu - Tukey ve Duncan açısından) yer almaktadır. Bu bakımdan her üç mevsim için doku ve organlardan elde edilen Mn birikim seviyeleri değerlendirildiğinde, deri-keratin dokunun diğer doku ve organlar olan kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarından istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde ayrıldığı saptanmıştır. İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinden elde edilen sonuçlara göre, deri-keratin dokunun ardından Mn birikimi açısından sıralama karaciğer > böbrek > kemik > kas olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.36. Mangan (Mn) ağır metalinin organasal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	8.06± 2.05 b/b	2.37± 0.79 b/b	7.94± 2 c/c	4.35± 0	0.67± 0.17 a/a	1.69± 0.08 a/a	0.39± 0.02 a/a	0.23± 0	1.04± 0.27 a/a	1.8± 0.66 a/a	1.83±0.3 a,b/a,b	0.23±0	1.37± 0.34 a/a	2.78± 0.69 a/a	2.83± 0.53 b/b	0.34±0	1.11± 0.48 a/a	2.14± 0.61 a/a	0.56± 0.08 a/a	0.23±0
1	11.96± 5.77 b/b	5.94± 1.74 b/b	18.88± 5.47 c/c	-	0.55± 0.09 a/a	0.46± 0.09 a/a	0.64± 0.05 a/a	-	1.22± 0.15 a/a	1.71± 0.59 a/a	2.25±0.09 a,b/a,b	-	1.88± 0.2 a/a	1.82± 0.41 a/a	3.5± 0.73 b/b	-	0.86± 0.11 a/a	0.53± 0.04 a/a	0.76± 0.02 a/a	-
2	4.78± 0.21 b/b	9.05± 2.21 b/b	11.32± 2.96 c/c	-	0.44± 0.03 a/a	0.48± 0.08 a/a	0.55± 0.05 a/a	-	0.71± 0.04 a/a	1.06± 0.06 a/a	2.02±0.12 a,b/a,b	-	1.06± 0.06 a/a	2.54± 0.55 a/a	3.51± 0.32 b/b	-	0.43± 0.05 a/a	0.54± 0.05 a/a	0.87± 0.04 a/a	-
3	3.26± 0.5 b/b	8.26± 0.46 b/b	15.5± 1.78 c/c	-	0.97± 0.24 a/a	0.86± 0.25 a/a	0.76± 0.13 a/a	-	2.77± 0.76 a/a	2.33± 0.94 a/a	2.23±0.9 a,b/a,b	-	2.76±0 a/a	1.93± 0.38 a/a	3.56± 0.31 b/b	-	1.58± 0.67 a/a	0.71± 0.18 a/a	0.56± 0.08 a/a	-
4	5.08± 1.35 b/b	16.38± 4.99 b/b	14.83± 2.24 c/c	11.51± 1.25	0.55± 0.06 a/a	0.66± 0.12 a/a	0.49± 0.05 a/a	0.7± 0.27	0.95± 0.13 a/a	1.46± 0.15 a/a	1.39±0.09 a,b/a,b	0.96± 0.18	1.52± 0.21 a/a	2.42± 0.13 a/a	3.38± 0.91 b/b	1.87± 0.51	0.7± 0.18 a/a	0.43± 0.08 a/a	0.52± 0.05 a/a	0.52± 0.22
5	18.45± 5.43 b/b	8.78± 0.71 b/b	13.06± 3.02 c/c	-	0.88± 0.08 a/a	0.68± 0.06 a/a	0.77± 0.2 a/a	-	1.91± 0.32 a/a	1.37± 0.07 a/a	1.75±0.12 a,b/a,b	-	2.01± 0.22 a/a	2.4± 0.19 a/a	3.22± 0.28 b/b	-	0.73± 0.13a/a	2.61± 1.66 a/a	0.6± 0.12 a/a	-

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, 1: İstasyon 1, 2: İstasyon 2, 3: İstasyon 3, 4: İstasyon 4 ve 5: İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

“-“ gösterimi o ilgili istasyonda, ilgili mevsimde birey yakalanamadığını göstermektedir.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

4.4.7. Bor (B) ağır metali

Bor (B) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan bireylere ait deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki B birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin B birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=4.402$; $df_1=4$; $df_2=154$; $p=0.002$) ve benzer biçimde Yaz mevsiminde ($F=3.238$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.014$) yakalanan örneklerde de belirlenmiştir. Güz mevsiminde yakalanan örneklerde ise ($F=1.329$; $df_1=4$; $df_2=141$; $p=0.262$) B birikim seviyeleri açısından doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır. Çizelge 4.37’de görülen “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. İlkbahar (**a**, **b** ve **c**), Yaz (**a** ve **b**) ve Güz mevsimleri (**a**) için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde B birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku karaciğer olarak karşımıza çıkarken ilkbahar ve yaz mevsimi için elde edilen sonuçlara göre bu organ diğer doku ve organlardan farklı gruplarda yer almaktadır (Tukey ve Duncan açısından) ve istatistiksel açıdan diğer organlardan ayrılmaktadır. Karaciğer organının ardından B birikim seviyeleri açısından sıralama İlkbahar mevsimi için deri-keratin > kas > böbrek > kemik, Yaz mevsimi için ise, kas > deri-keratin > böbrek > kemik olarak saptanmıştır. Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark yoktur ve B bakımından birikim seviyesi kemik > böbrek > deri-keratin > karaciğer > kas olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.37. Bor (B) ağır metalinin organasal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	1.69± 0.24 b,c/b	1.79± 0.45 a,b/a,b	2.32± 0.32 a/a	1.16 ± 0	0.79± 0.23 a,b,c/a,b	2.53± 0.77 a,b/a,b	0.65± 0.1 a/a	0.98± 0	0.68± 0.14 a,b/a	1.41± 0.27 a/a	1.25± 0.15 a/a	0.24±0	2.24± 1.62 c/b	3.51± 1.73 b/b	0.82± 0.19 a/a	21.68± 0	0.46± 0.14 a/a	1.59± 0.37 a/a	1.27± 0.24 a/a	0.27± 0
1	1.86± 0.73 b,c/b	2.87± 0.16 a,b/a,b	1.78± 1.13 a/a	-	0.49± 0.11 a,b,c/a,b	1.58± 0.58 a,b/a,b	0.36± 0.03 a/a	-	0.65± 0.05 a,b/a	1.73± 0.39 a/a	0.81 ±0.16 a/a	-	1.1± 0.58 c/b	1.4± 0.63 b/b	0.32± 0.08 a/a	-	0.29± 0.05 a/a	0.89± 0.13 a/a	0.76± 0.08 a/a	-
2	1.32± 0.17 b,c/b	1.96± 0.4 a,b/a,b	1.87± 0.25 a/a	-	0.47± 0.08 a,b,c/a,b	2.63± 1.76 a,b/a,b	0.51± 0.05 a/a	-	0.79± 0.05 a,b/a	0.7± 0.16 a/a	2.57± 1.79 a/a	-	1.24± 0.44 c/b	7.34± 3.8 b/b	0.04± 0.02 a/a	-	0.32± 0.05 a/a	0.38± 0.05 a/a	2.92± 2.17 a/a	-
3	0.94± 0.19 b,c/b	3.25± 0.74 a,b/a,b	3.26± 1.31 a/a	-	0.78±0.4 5.53 a,b,c/a,b	9.72± 5.53 a,b/a,b	0.39± 0.18 a/a	-	0.29± 0.01 a,b/a	1.88± 0.6 a/a	9.87± 0.54 a/a	-	1.25± 0.76 c/b	13.17± 8.02 b/b	1.13± 0.04 a/a	-	0.42± 0.07 a/a	0.82± 0.15 a/a	9.78± 8.86 a/a	-
4	1.3± 0.13 b,c/b	1.35± 0.28 a,b/a,b	1.73± 0.35 a/a	2.1± 0.35	1.14± 0.47 a,b,c/a,b	1.02± 0.69 a,b/a,b	0.35± 0.05 a/a	0.91± 0.48	0.91± 0.09 a,b/a	0.27± 0.03 a/a	1.18± 0.75 a/a	3.06± 2.12	2.98± 2.03 c/b	1.74± 1.41 b/b	0.48± 0.11 a/a	1.16± 0.69	0.52± 0.1 a/a	0.24± 0.05 a/a	18.4± 18.2 a/a	0.82± 0.23
5	3.36± 0.91 b,c/b	1.04± 0.08 a,b/a,b	2.51± 0.48 a/a	-	2.72± 2.08 a,b,c/a,b	0.22± 0.05 a,b/a,b	3.02± 2.42 a/a	-	0.66± 0.16 a,b/a	0.24± 0.03 a/a	1.15± 0.3 a/a	-	3.27± 2.62 c/b	0.42± 0.13 b/b	5.34± 4.86 a/a	-	0.39± 0.1 a/a	0.2± 0.05 a/a	0.84± 0.23 a/a	-

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, 1: İstasyon 1, 2: İstasyon 2, 3: İstasyon 3, 4: İstasyon 4 ve 5: İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

“-“ gösterimi o ilgili istasyonda, ilgili mevsimde birey yakalanamadığını göstermektedir.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

4.4.8. Krom (Cr) ağır metali

Krom (Cr) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan bireylere ait deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Cr birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Cr birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=18.375$; $df_1=4$; $df_2=154$; $p=0.0001$) ve benzer biçimde bu anlamlı fark hem Yaz mevsiminde ($F=21.217$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) hem de Güz mevsiminde ($F=78.574$; $df_1=4$; $df_2=141$; $p=0.0001$) saptanmıştır. Çizelge 4.38’de “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. İlkbahar (**a** ve **b**), Yaz (**a** ve **b**) ve Güz mevsimleri (**a**, **b** ve **c**) için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinde Cr birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak deri-keratin doku karşımıza çıkmaktadır, İlkbahar ve Yaz mevsimleri için elde edilen sonuçlara göre deri-keratin doku bir gruba dâhil olurken (b grubu - Tukey ve Duncan açısından) diğer organ ve dokular olan kemik, karaciğer, kas ve böbrek bir diğer gruba (a grubu - Tukey ve Duncan açısından) dâhildir. Bu bakımdan değerlendirildiğinde İlkbahar ve Yaz mevsimleri için elde edilen Cr birikim seviyeleri açısından, deri-keratin dokunun kemik, kas, böbrek ve karaciğer doku ve organlarından istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde ayrıldığı saptanmıştır. Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, deri-keratin (b,c grubu- Tukey ve Duncan açısından), kemik doku (a grubu- Tukey ve Duncan açısından) birbirlerinden farklı gruplarda yer alırken, karaciğer, kas ve böbrek diğer gruplarda (a,b grubu - Tukey ve Duncan açısından) yer almaktadır. Deri-keratin dokunun ardından Cr birikimi açısından sıralama İlkbahar mevsiminden elde edilen sonuçlara göre kas > karaciğer > böbrek > kemik, Yaz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre böbrek > karaciğer > kemik > kas olarak saptanırken, Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, sıralama böbrek > kas > karaciğer > kemik olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.38. Krom (Cr) ağır metalinin organik ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	1.76± 0.37 b/b	0.93± 0.15 b/b	1.77± 0.41 b/c	0.88± 0	0.29± 0.06 a/a	0.64± 0.1 a/a	0.63± 0.08 a/a,b	0.23± 0	0.29± 0.09 a/a	0.9± 0.14 a/a	0.71± 0.1 a/b	0.09±0	0.33± 0.07 a/a	0.79± 0.26 a/a	0.57± 0.12 a/a,b	0.34±0	0.31± 0.11 a/a	1.01± 0.17 a/a	0.53± 0.09 a/a	0.24±0
1	2.38± 1.19 b/b	1.16± 0.25 b/b	3.38± 0.66 b/c	-	0.38± 0.04 a/a	0.3± 0.05 a/a	0.91± 0.04 a/a,b	-	0.42± 0.08 a/a	0.44± 0.14 a/a	1.15± 0.12 a/b	-	0.31± 0.05 a/a	0.33± 0.03 a/a	0.84± 0.17 a/a,b	-	0.39± 0.07 a/a	0.26± 0.03 a/a	0.7± 0.04 a/a	-
2	1.03± 0.08 b/b	1.66± 0.34 b/b	2.63± 0.41 b/c	-	0.28± 0.03 a/a	0.32± 0.02 a/a	0.98± 0.09 a/a,b	-	0.2± 0.01 a/a	0.28± 0.01 a/a	1.17± 0.03 a/b	-	0.19± 0.01 a/a	0.36± 0.02 a/a	0.17± 0.08 a/a,b	-	0.16± 0.01 a/a	0.18± 0.03 a/a	0.75± 0.08 a/a	-
3	0.84± 0.11 b/b	1.59± 0.37 b/b	2.67± 0.26 b/b	-	0.55± 0.08 a/a	0.47± 0.03 a/a	0.77± 0.06 a/a,b	-	0.52± 0.05 a/a	0.63± 0.21 a/a	0.83± 0.34 a/b	-	0.59± 0.08 a/a	0.4± 0.03 a/a	0.7±0.04 a/a,b	-	0.32± 0.08 a/a	0.32± 0.06 a/a	0.45± 0.1 a/a	-
4	0.99± 0.18 b/b	3.07± 0.73 b/b	2.64± 0.4 b/c	1.85± 0.24	0.34± 0.04 a/a	0.51± 0.02 a/a	0.72± 0.08 a/a,b	0.33± 0.07	0.34± 0.09 a/a	0.51± 0.04 a/a	0.71± 0.07 a/b	0.3±0.06	0.35± 0.06 a/a	0.56± 0.06 a/a	0.39± 0.12 a/a	0.27± 0.04	0.24± 0.07 a/a	0.25± 0.06 a/a	0.42± 0.08 a/a	0.13± 0.03
5	3.43± 0.83 b/b	1.89± 0.13 b/b	2.1± 0.22 b/c	-	0.55± 0.01 a/a	0.51± 0.03 a/a	0.66± 0.05 a/a,b	-	0.47± 0.03 a/a	1.28± 0.79 a/a	0.54± 0.02 a/b	-	0.56± 0.11 a/a	0.55± 0.08 a/a	0.54± 0.01 a/a,b	-	0.32± 0.05 a/a	0.9±0.36 a/a	0.29± 0.04 a/a	-

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, 1: İstasyon 1, 2: İstasyon 2, 3: İstasyon 3, 4: İstasyon 4 ve 5: İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

“-” gösterimi o ilgili istasyonda, ilgili mevsimde birey yakalanamadığını göstermektedir.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

4.4.9. Arsenik (As) ağır metali

Arsenik (As) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan bireylere ait deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki As birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin As birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=9.933$; $df_1=4$; $df_2=135$; $p=0.0001$) ve benzer biçimde bu anlamlı fark hem Yaz mevsiminde ($F=8.021$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) hem de Güz mevsimlerinde ($F=25.724$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) saptanmıştır. Çizelge 4.39’da görülen “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. İlkbahar (**a**, **b** ve **c**), Yaz (**a** ve **b**) ve Güz mevsimleri (**a**, **b** ve **c**) için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinde As birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak Kemik doku karşımıza çıkmaktadır. Güz (c grubu - Tukey ve Duncan açısından) ve Yaz mevsimleri (b grubu - Tukey ve Duncan açısından) için elde edilen sonuçlara göre kemik doku bir gruba dâhil olduğu, diğer organ ve dokular olan deri-keratin, karaciğer, kas ve böbrek doku ve organlarından istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde farklı olduğu belirlenmiştir. Kemik dokunun ardından As birikimi açısından sıralama İlkbahar ve Yaz mevsimlerinden elde edilen sonuçlara göre deri-keratin > böbrek > karaciğer > kas olarak saptanırken, Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, sıralama deri-keratin > böbrek > kas > karaciğer olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.39. Arsenik (As) ağır metalinin organasal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	0.03± 0.01 a/b	0.02± 0.01 a/a	0.04±0 b/b	0.02±0	0.01± 0.01 a/a	0.02±0 a/a	0.02±0 a/a	0.01±0	0.03± 0.02 a/a,b	0.02±0 a/a	0.03± 0 a/a	0.02±0	0.01±0 a/a	0.04± 0.05 a/a	0.02±0 a/a	0.05±0	0.11± 0.06 b/c	0.08± 0.03 b/b	0.07± 0.01 c/c	0.01±0
1	0.05± 0.03 a/b	0.03± 0.01 a/a	0.06± 0.01 b/b	-	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a	-	0.01±0 a/a,b	0.02±0 a/a	0.02±0 a/a	-	0.01±0 a/a	0.01± 0 a/a	0.02±0 a/a	-	0.09± 0.03 b/c	0.04± 0.01 b/b	0.05± 0.01 c/c	-
2	0.01±0 a/b	0.03± 0.01 a/a	0.05± 0.01 b/b	-	TE	0.01±0 a/a	0.02±0 a/a	-	TE	0.01±0 a/a	0.03± 0.01 a/a	-	TE	0.02± 0.01 a/a	0.01±0 a/a	-	0.03± 0.01 b/c	0.04± 0.01 b/b	0.08± 0.01 c/c	-
3	0.04±0 a/b	0.04± 0.01 a/a	0.06± 0.01 b/b	-	0.02±0 a/a	0.03± 0.01 a/a	0.02±0 a/a	-	0.03± 0.01 a/a,b	0.02±0 a/a	0.05± 0.02 a/a	-	0.02±0 a/a	0.05± 0.02 a/a	0.03±0 a/a	-	0.05± 0.01 b/c	0.05± 0.01 b/b	0.08± 0.02 c/c	-
4	0.02±0 a/b	0.05± 0.01 a/a	0.07± 0.01 b/b	0.04± 0.01	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a	0.03± 0.01 a/a	0.01±0	0.01±0 a/a,b	0.02±0 a/a	0.05± 0.01a/a	0.02± 0.01	0.02±0 a/a	0.02± 0.01 a/a	0.03± 0.01 a/a	0.01±0	0.04± 0.02 b/c	0.07± 0.04 b/b	0.11± 0.03 c/c	0.02± 0.01
5	0.07± 0.01 a/b	0.04±0 a/a	0.07± 0.01 b/b	-	0.02±0 a/a	0.02±0 a/a	0.05± 0.01 a/a	-	0.02±0 a/a,b	0.07± 0.05 a/a	0.05± 0.01 a/a	-	0.02± 0.01 a/a	0.01± 0 a/a	0.05± 0.01 a/a	-	0.05± 0.01 b/c	0.13± 0.04 b/b	0.09± 0.02 c/c	-

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, **1:** İstasyon 1, **2:** İstasyon 2, **3:** İstasyon 3, **4:** İstasyon 4 ve **5:** İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

“–” gösterimi o ilgili istasyonda, ilgili mevsimde birey yakalanamadığını göstermektedir.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

4.4.10. Kadmiyum (Cd) ağır metali

İlkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin bazı doku ve organlarında Cd ağır metalinin tespit edilememesi nedeniyle, yapılan istatistiksel değerlendirmeler neticesinde elde edilen sonuçlara göre Cd birikimi açısından doku ve organlar arasında istatistiksel anlamda fark çıkmış ($F=446.711$; $df_1=3$; $df_2=26$; $p=0.0001$) olmasına rağmen, bu sonuçlar Çoklu Karşılaştırma Testlerinin (MCT) yapılmasına izin vermemiştir. İlkbahar mevsiminde yakalanan bireylerin Cd tespit edilen doku ve organlarından elde edilen sonuçların normal dağılıma uygun bir biçimde dağılım gösterdiği saptanmıştır. Yaz mevsiminde yakalanan örneklerin doku ve organlarında Cd ağır metalinin birikim seviyelerinin normal dağılım göstermediği ve sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır ($F=2.445$; $df_1=4$; $df_2=46$; $p=0.060$). Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, Cd ağır metalinin doku ve organlardaki birikim seviyelerine ait değerlerin normal dağılıma uygun olduğu ve Cd birikimi saptanmış olan iki organ olarak karşımıza çıkan karaciğer ve böbrek organları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ($F=38.763$; $df_1=2$; $df_2=85$; $p=0.0001$) tespit edilmiştir. Fakat elde edilen sonuçlar Çoklu Karşılaştırma Testlerinin (MCT) yapılmasına izin vermemiştir. Sonuçlar Çizelge 4.40'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.40. Kadmiyum (Cd) ağır metalinin organasal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	TE	TE	TE	0.0001 ± 0	TE	TE	TE	TE	0.05±0.02 -/-	TE	0.03± 0.01 -/-	TE	0.01± 0 -/-	TE	0.01± 0 -/-	TE	TE	TE	TE	0.0001 ±0
1	TE	TE	TE	-	TE	0.01± 0 a/a	TE	-	TE	0.01± 0 a/a	0.03± 0 -/-	-	0.01± 0 -/-	0.01± 0 a/a	0.01± 0 -/-	-	0.45± 0 -/-	0.02± 0 a/a	TE	-
2	TE	TE	TE	-	TE	TE	TE	-	TE	0.01± 0	0.03± 0.01 -/-	-	TE	TE	0.01± 0 -/-	-	TE	TE	TE	-
3	TE	TE	TE	-	TE	TE	TE	-	0.02±0.01 -/-	0.03± 0.02 a/a	0.03± 0.01 -/-	-	TE	0.01± 0.01 a/a	0.01± 0 -/-	-	TE	0.01± 0 a/a	TE	-
4	TE	TE	TE	0.01 ± 0.001	TE	TE	TE	0.001±0. 0001	TE	0.02± 0 a/a	0.06± 0.01 -/-	0.01± 0.01	TE	0.01±0 a/a	0.02± 0.01 -/-	0.01±0	TE	TE	TE	0.01± 0.001
5	TE	TE	TE	-	TE	TE	TE	-	0.02±0.01 -/-	0.03±0 a/a	0.03± 0.01 -/-	-	0.01± 0 -/-	TE	0.01± 0 -/-	-	TE	TE	TE	-

“harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, **1:** İstasyon 1, **2:** İstasyon 2, **3:** İstasyon 3, **4:** İstasyon 4 ve **5:** İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Kış mevsiminde bazı istasyonlarda örnek yakalanamaması nedeni ile istatistiksel analizlerde İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinin sonuçları değerlendirilmiştir.

“-“ gösterimi o ilgili istasyonda, ilgili mevsimde birey yakalanamadığını göstermektedir.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

“-/-“ ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinin (MCT) gerçekleştirilmediğini göstermektedir

4.4.11. Kurşun (Pb) ağır metali

Kurşun (Pb) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar ve güz mevsimlerinde yakalanan bireylere ait deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Pb birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanırken, yaz örneklerinin normal dağılıma uygun olmayan bir biçimde dağılım gösterdiği saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından *M. guentheri* bireylerinin Pb birikim seviyeleri için doku ve organlar arasında yaz mevsimi için elde edilen sonuçlarda istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=4.441$; $df_1=4$; $df_2=94$; $p=0.002$) ve benzer biçimde güz mevsimi için de ($F=19.384$; $df_1=4$; $df_2=133$; $p=0.0001$) anlamlı bir fark oluşu saptanmıştır. Fakat ilkbahar mevsimi için *M. guentheri* bireylerinin Pb birikim seviyeleri için doku ve organlar arasında ($F=1.349$; $df_1=4$; $df_2=114$; $p=0.256$) istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamıştır. Çizelge 4.41’de “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. İlkbahar (**a**), Yaz (**a,b** ve **c**) ve Güz mevsimleri (**a** ve **b**) için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde Pb birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak deri-keratin doku karşımıza çıkarken, güz mevsimi için kemik doku olarak karşımıza çıkmaktadır. Yaz mevsimi için elde edilen sonuçlara göre deri-keratin doku bir gruba dâhil olarak (c grubu - Tukey ve Duncan açısından) diğer organ ve dokular olan kemik, karaciğer, kas ve böbrek doku ve organlarından istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde ayrılmıştır. Güz mevsiminde elde edilen sonuçlara göre ise, deri-keratin ve kemik dokular bir gruba dâhil olarak (b grubu - Tukey ve Duncan açısından) diğer organ ve dokular olan karaciğer, kas ve böbrek doku ve organlarından istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde ayrılmıştır. Deri-keratin dokunun ardından Pb birikimi açısından sıralama İlkbahar mevsiminden elde edilen sonuçlara göre kas > kemik > böbrek > karaciğer, Yaz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre kemik > karaciğer > böbrek > kas olarak saptanmıştır. Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, en yüksek çıkan kemik dokunun ardından sıralama deri-keratin > böbrek > karaciğer > kas olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.41. Kurşun (Pb) ağır metalinin organasal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	0.13± 0.04 a/a	TE	0.04± 0.01 b/b	0.01±0	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a	TE	TE	0.01±0 a/a	TE	0.01±0 a/a	TE	TE	0.03±0 a/a	0.01±0 a/a	0.06±0	0.06± 0.02 a/a	0.08±0 a,b/a,b	0.06± 0.01 b/b	0.01±0
1	0.04± 0.01 a/a	0.04± 0 c/c	0.11± 0.02 b/b	-	0.01±0 a/a	0.01±0 a/a	0.03± 0.01 a/a	-	0.01±0 a/a	0.03± 0.01 a/a	0.06± 0.01 a/a	-	0.02± 0.01 a/a	0.03± 0.03 a/a	0.03± 0.01 a/a	-	1.58± 1.55 a/a	0.02± 0.01 a,b/a,b	0.11± 0.02 b/b	-
2	0.04±0 a/a	0.04± 0.01 c/c	0.07± 0.02 b/b	-	0.01±0 a/a	0.02±0 a/a	0.01±0 a/a	-	0.02±0 a/a	TE	0.03± 0.01 a/a	-	0.01± 0 a/a	0.02± 0.01 a/a	0.01±0 a/a	-	0.02± 0.01 a/a	0.02± 0.01 a,b/a,b	0.08± 0.02 b/b	-
3	0.09± 0.01 a/a	0.09± 0.02 c/c	0.07± 0.01 b/b	-	0.03±0 a/a	0.06±0.0 2 a/a	0.01±0 a/a	-	0.03± 0.01 a/a	0.05± 0.01 a/a	0.03± 0.02 a/a	-	0.03± 0.01 a/a	0.07± 0.03 a/a	TE	-	0.23± 0.09 a/a	0.05± 0.02 a,b/a,b	0.06± 0.02 b/b	-
4	0.05± 0.04 a/a	0.12± 0.03 c/c	0.08± 0.01 b/b	0.04± 0.01	0.02±0 a/a	0.01± 0.01 a/a	TE	0.001± 0.0001 a/a	0.02±0 a/a	0.02±0 a/a	0.01±0 a/a	0.01± 0.01 a/a	0.04± 0.02 a/a	0.02± 0.01 a/a	0.01± 0.01 a/a	TE	0.01± 0 a/a	0.08± 0.03 a,b/a,b	0.14± 0.07 b/b	0.02± 0.02
5	0.15± 0.03 a/a	0.08± 0.01 c/c	0.08± 0.01 b/b	-	0.03± 0.01 a/a	0.02± 0.01 a/a	0.01± 0.01 a/a	-	0.03± 0.01 a/a	0.05± 0.01 a/a	0.01±0 a/a	-	0.03± 0.01 a/a	0.02± 0.01 a/a	0.02± 0.02 a/a	-	0.01± 0.05 a/a	0.06± 0.03 a,b/a,b	0.07± 0.04 b/b	-

“/-” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (**a** ve **b**) bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, **1**: İstasyon 1, **2**: İstasyon 2, **3**: İstasyon 3, **4**: İstasyon 4 ve **5**: İstasyon 5'i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.

4.4.12. Kobalt (Co) ağır metali

Kobalt (Co) ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan bireylere ait deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik doku ve organlarındaki Co birikim değerlerinin normal dağılıma uygun dağıldığı saptanmıştır. Organ ve dokular bakımından İlkbahar mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Co birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu ($F=16.412$; $df_1=4$; $df_2=155$; $p=0.0001$) ve benzer biçimde bu anlamlı fark hem Yaz mevsiminde ($F=23.037$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) hem de Güz mevsiminde ($F=68.722$; $df_1=4$; $df_2=145$; $p=0.0001$) saptanmıştır. Çizelge 4.42’de “harf/harf” gösterimi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. İlkbahar (**a** ve **b**), Yaz (**a**, **b** ve **c**) ve Güz mevsimleri (**a**, **b**, **c** ve **d**) için birbirlerinden bağımsız olarak her bir harf bir grubu ifade etmektedir. Bu çalışmanın sonuçları ve istatistiksel analizleri doğrultusunda grupların özelliklerine bakıldığında ise, İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinde Co birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak deri-keratin doku karşımıza çıkmaktadır. İlkbahar mevsimi için elde edilen sonuçlara göre deri-keratin doku bir gruba dâhil olurken (b grubu - Tukey ve Duncan açısından) diğer organ ve dokular olan kemik, karaciğer, kas ve böbrek bir diğer gruba (a grubu - Tukey ve Duncan açısından) dâhildir. Deri-keratin dokunun ardından Co birikimi açısından sıralama İlkbahar ve Yaz mevsimlerinden elde edilen sonuçlara göre sıralama karaciğer > kemik > böbrek > kas olarak saptanırken, Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, sıralama karaciğer > böbrek > kemik > kas olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.42. Kobalt (Co) ağır metalinin organ sal ve dokusal birikim seviyeleri

İstasyonlar	DOKU VE ORGANLAR																			
	Deri- Keratin				Kas				Böbrek				Karaciğer				Kemik			
	Mevsim																			
	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış	İlkbahar	Yaz	Güz	Kış
K	0.29±0.06 b/b	0.11±0.05 b/c	0.26±0.06 c/d	0.14±0	0.04±0.01 a/a	0.03±0.01 a/a	0.02±0.04 a/a	0.01±0	0.06±0.02 a/a	0.05±0.02 a/a,b	0.08±0.01 b/b,c	0.04±0	0.06±0.01 a/a	0.06±0 a/b	0.11±0.02 b/c	0.05±0	0.08±0.03 a/a	0.1±0.02 a/b	0.09±0.01 a,b/b	0.01±0
1	0.39±0.18 b/b	0.2±0.06 b/c	0.59±0.16 c/d	-	0.02±0 a/a	0.02±0.01 a/a	0.03±0 a/a	-	0.05±0.01 a/a	0.1±0.03 a/a,b	0.11±0.01 b/b,c	-	0.08±0.01 a/a	0.09±0.01 a/b	0.16±0.03 b/c	-	0.11±0.02 a/a	0.07±0.01 a/b	0.09±0 a,b/b	-
2	0.17±0.01 b/b	0.3±0.07 b/c	0.35±0.07 c/d	-	0.01±0 a/a	0.02±0 a/a	0.03±0 a/a	-	0.03±0 a/a	0.07±0.01 a/a,b	0.13±0.01 b/b,c	-	0.05±0 a/a	0.12±0.03 a/b	0.18±0.02 b/c	-	0.04±0 a/a	0.06±0.01 a/b	0.13±0 a,b/b	-
3	0.08±0.01 b/b	0.3±0.09 b/c	0.47±0.05 c/d	-	0.03±0.01 a/a	0.04±0.01 a/a	0.03±0 a/a	-	0.07±0.01 a/a	0.1±0.02 a/a,b	0.11±0.04 b/b,c	-	0.09±0.01 a/a	0.1±0.01 a/b	0.14±0.01 b/c	-	0.06±0.01 a/a	0.08±0.01 a/b	0.07±0.01 a,b/b	-
4	0.18±0.05 b/b	0.59±0.19 b/c	0.48±0.07 c/d	0.38±0.05	0.02±0 a/a	0.03±0.01 a/a	0.03±0.01 a/a	0.03±0.01	0.05±0.01 a/a	0.09±0.01 a/a,b	0.11±0.01 b/b,c	0.07±0.01	0.09±0.02 a/a	0.11±0.01 a/b	0.2±0.03 b/c	0.08±0.01	0.05±0.02 a/a	0.07±0.01 a/b	0.08±0.01 a,b/b	0.05±0.01
5	0.67±0 b/b	0.31±0.03 b/c	0.38±0.08 c/d	-	0.05±0.01 a/a	0.03±0 a/a	0.03±0.01 a/a	-	0.1±0.01 a/a	0.09±0.01 a/a,b	0.09±0.01 b/b,c	-	0.11±0.01 a/a	0.13±0.01 a/b	0.14±0.02 b/c	-	0.07±0.01 a/a	0.2±0.07 a/b	0.08±0 a,b/b	-

“-/-” ifadesi çoklu karşılaştırma analizlerinde (MCT) Tukey/Duncan sonuçlarını göstermektedir. Her bir harf (a ve b) bir grubu ifade etmektedir.

K: Kontrol, 1: İstasyon 1, 2: İstasyon 2, 3: İstasyon 3, 4: İstasyon 4 ve 5: İstasyon 5’i ifade etmektedir (Rakamlar aynı rakama sahip istasyonları ifade etmektedir).

Doku ve organlardaki birikim seviyeleri birbirleri ile karşılaştırılırken mevsimler birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır.

Her istasyon için aynı satırda yer alan aynı mevsim için aynı harfleri taşıyan değerler doku ve organlardaki ağır metal birikimleri bakımından birbirine benzer, farklı harfler taşıyanlar ise birbirinden farklıdır.



5. TARTIŞMA

Antalya İl'i Korkuteli İlçesi'nde taş ve maden ocaklarının faaliyetleri nedeniyle çeşitli ağır metaller ile kirlenmiş olduğu saptanan istasyonlar olarak belirlenen istasyon 1-5 ve temiz olduğu bilinen bir bölge olarak saptanan kontrol istasyonundan 2017 yılı ilkbahar, yaz, güz ve 2018 kış mevsimlerinde yakalanan *M. guentheri* örneklerinin kan hücrelerinden lenfositler izole edilerek comet testi ile genetik hasar tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında comet testi ile tespit edilen genetik hasar analizleri sonucunda, *M. guentheri* örneklerinin periferik kan lenfositlerindeki genetik hasar ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.4, yaz mevsimi için Çizelge 4.5, güz mevsimi için Çizelge 4.6 ve kış mevsimi için Çizelge 4.7'de verildiği biçimde bulunmuştur.

Ayrıca bu çalışma kapsamında yapılan ağır metal (Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg) birikim analizleri sonucunda, *M. guentheri* örneklerinin doku ve organlarında biyobirikim tespit edilen ağır metal birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8 - 4.13'de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14 - 4.19'da, güz mevsimi için Çizelge 4.20 - 4.25'de ve kış mevsimi için Tablo 4.26 - 4.29'da verildiği biçimde bulunmuştur.

5.1. Ağır Metal Kirliliği ve Genetik Hasarın Comet Testi ile Tespit Edilmesi

Çevresel genotoksisitenin izlenmesi söz konusu olduğunda, küçük kemirgen türleri büyük önem taşıyan organizmalar olarak karşımıza çıkarken, aynı zamanda DNA hasarının değerlendirilmesi için uygun canlılar olarak kabul edilmektedir. Küçük memeliler kullanılarak gerçekleştirilen daha önceki çalışmalar, ekosistemde bulunan geniş kirlenici çeşitlerini biriktirebildiklerini göstermiş olup (Talmage ve Walton 1991) kirlenici etmenler ve genetik hasar arasındaki bazı önemli korelasyonlar olduğunu açığa çıkarmıştır. Bunlara örnek olarak pestisitler (McBee ve Bickham 1988), radyoaktivite (Cristaldi vd. 1991) veya ağır metal kontaminasyonu (Tull-Singleton vd. 1994; Ieradi vd. 1996) verilebilir. Genetik toksikoloji çalışmaları, çeşitli madde maruziyetlerinin genetik mekanizmalar üzerindeki etkilerini ve sonuçta insanlar da dâhil olmak üzere çok sayıda organizmada neden olduğu riskleri değerlendirmek için tasarlanmış bir dizi test ortaya koymuştur (Krishna ve Hayashi 2000). Biyotada genotoksik etkileri değerlendirmeyi amaçlayan araçlardan biri de tek hücreli jel elektroforezi (SCGE) ya da comet testi olan nötr kuyruklu yıldız analizi olup tek iplik (SS) veya çift iplik (DS) kırıklarını tespit edebilen elektroforez tabanlı bir yöntemdir (Collins vd. 2008; Tice vd. 2000). Comet testinin temel prensibi, farklı kimyasal ve fiziksel genotoksik ajanların canlı hücrelerin genetik materyali olan DNA üzerinde hasar meydana getirmesi sonucu meydana gelen hasarın değerlendirilmesi için canlılardan izole edilen spesifik hücre çekirdeklerinin içindeki DNA'nın agaroz bir jel içerisinde sabitlendikten sonra elektroforetik ortamda yürütülüp, sonra Etidyum bromür (EtBr) gibi DNA'yı boyayabilen boyalarla boyanarak floresan mikroskop altında incelenmesi esasına dayanır. Bu yöntem sonucu, eğer hasara uğramış DNA tamir mekanizmaları ile tamir edilememişse, tek veya çift DNA zincirlerinde kırılmalar meydana gelmiş ise farklı molekül ağırlıkları ve elektrik yüklerine sahip kırılmış DNA molekülleri elektroforetik ortamda farklı hızlarda göç ederler ve floresan mikroskop altında meydana gelen hasarın derecesine göre dairesel tarzda ya da kuyruklu yıldız benzeyen tarzda farklı görüntüler meydana gelir ve bu nedenle bu yöntem İngilizcede "kuyruklu yıldız" manasına gelen "Comet Assay" adı ile kullanılır. Tek hücreli jel elektroforezi (SCGE)

olarak da bilinen comet testinin başlıca avantajları, bu yöntemin herhangi bir ökaryotik organizma ve hücre tipine uygulanabilir olması, düşük maliyete sahip olması ve sonuçların elde edilmesi için kısa sürede uygulanabilir olmasıdır (Mitchelmore ve Chipman 1998). Bu özellikler comet testinin çevresel genotoksitenin taranmasında çok faydalı bir yöntem olarak kullanılmasının yanı sıra, radyasyonun etkisini, kemoterapötik ajanların ve reaktif DNA zarar verici ajanların (Sasaki vd. 1998) erken biyolojik etkilerinin tespiti için de kullanılmasını sağlamıştır. Bu yöntem doğal yayılış gösteren kemirgenlerle yapılan saha çalışmalarında, bu canlılarda meydana gelen genetik hasarın tespit edilmesi için birçok versiyonda kullanılmış olup kirlenici etkenlerin organizmalar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine olanak sağlamıştır (Da Silva vd. 2000; Festa vd. 2003; Knopper vd. 2005; León vd. 2007; Mateos vd. 2008; Tovar-Sánchez vd. 2012; Cabarcos-Montalva vd. 2012; Mitkovska vd. 2012; Lourenço vd. 2013). Bu yöntemde, hasarlı hücrelerde DNA hasarının kantitatif olarak tespit edilmesinde kuyruktaki DNA yoğunluğu (yüzde kuyruk yoğunluğu) ve kuyruk momenti önemli parametreler olarak karşımıza çıkar (McKelvey-Martin vd. 1993) ve pek çok ekotoksikolojik çalışmada yaygın olarak DNA hasarının belirteçleri olarak kullanılmıştır (Festa vd. 2003; Knopper vd. 2005; Mateos vd. 2008; Mitkovska vd. 2012).

Yapılan çalışmalar doğrultusunda, İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde farklı istasyonlardan yakalanan *M. guentheri* örneklerine ait kan örneklerinden izole edilen periferik lenfositlerdeki genetik hasarın comet testi ile değerlendirilmesi sonucu, kontrol istasyonundan yakalanan örnekler ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyondan elde edilen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu (İlkbahar Kuyruk Yoğunluğu: $F=15.721$; $df_1=5$; $df_2=3194$; $p=0.0001$ ve İlkbahar Kuyruk Momenti: $F=14.002$; $df_1=5$; $df_2=3194$; $p=0.0001$) (Yaz Kuyruk Yoğunluğu: $F=16.548$; $df_1=5$; $df_2=2994$; $p<0.0001$ ve Yaz Kuyruk Momenti: $F=6.188$; $df_1=5$; $df_2=2994$; $p<0.0001$) genetik hasar bakımından (% kuyruk yoğunluğu parametresi bakımından) en düşük değerlerin kontrol istasyonundan elde edilen örneklerde olduğu en yüksek genetik hasarın istasyon 4'ten yakalanan örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Güz mevsiminde yakalanan örnekler için ise izole edilen periferik lenfositlerdeki genetik hasarın comet testi ile değerlendirilmesi sonucu, kontrol istasyonundan yakalanan örneklerin ve kirli olduğu düşünülen 3 istasyondan (İstasyon 3, 4 ve 5) elde edilen örnekler arasında kuyruk yoğunluğu (%) parametresi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu (Güz Kuyruk Yoğunluğu: $F=10.072$; $df_1=5$; $df_2=2994$; $p=0.0001$ ve Güz Kuyruk Momenti: $F=2.424$; $df_1=5$; $df_2=2994$; $p=0.033$) ve en yüksek genetik hasarın diğer mevsimlerde olduğu gibi istasyon 4'ten yakalanan örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Kış mevsimi *M. guentheri* bireyleri açısından çok aktif geçmeyen bir dönem olması nedeniyle, uzun süreli arazi çalışmalarının yapılmış olmasına rağmen bu mevsime ait sadece kontrol ve 4 numaralı istasyon bölgelerinden bireyler toplanabilmiştir ve kontrolden 1 adet, istasyon 4'ten ise 4 birey yakalanmıştır ve istasyon 4'ten yakalanan örneklerdeki genetik hasarın kontrol istasyonundan yakalanan örnekteki genetik hasarın 3 katından fazla olduğu tespit edilmiştir Dünya literatürü değerlendirildiğinde, bu tez çalışmasının sonuçlarına benzer şekilde farklı kirlenici etmenlerin etkileriyle kirlenmiş alanlarda doğal olarak yayılış gösteren ve yakalanan küçük kemirgen memeli türlerinin kan hücrelerinde meydana gelen hasarın comet testi ile değerlendirilmesi sonucu, temiz alanlardan yakalanan örneklerle oranla çok daha fazla genetik hasarın mevcut olduğu saptanmıştır (Da Silva vd. 2000; Festa vd. 2003;

Knopper vd. 2005 León vd. 2007; Mateos vd. 2008; Tovar-Sánchez vd. 2012; Cabarcos-Montalva vd. 2012; Mitkovska vd. 2012; Lourenço vd. 2013). Bu çalışmalardan birinde, kömür madenine yakın bir bölgeden ve kömür madeni olmayan bir bölgeden yakalanan *Ctenomys torquatus* örnekleri kullanılmış olup kömür madenciliği bölgesinden yakalanan hayvanların kontrol alanından daha fazla DNA hasarına sahip olduğu tespit edilmiştir (Da Silva vd. 2000). Bir diğer çalışma ise İspanya’da gerçekleştirilmiştir. Avrupa’da korunan bir alan olan Donana Milli Parkı (İspanya), 1998 yılı Nisan ayında, Aznalcollar pirit madenindeki zehirli metallerle dolu asitli su ve çamurun yayılmasına neden olan çevresel bir felaketten etkilenmiştir. Bölgedeki kontaminasyonu değerlendirmek ve toksik dökülmenin olası biyolojik etkilerini izlemek için, o bölgede yaşayan *Mus spretus* periferik kan lökositleri üzerinde comet testi kullanılarak genotoksisite değerleri tespit edilmiştir (Festa vd. 2003). Bu küçük kemirgen memeliler ekolojik felaketten 6 ay sonra ve yine 1 yıl sonra yakalanıp genetik hasar düzeyleri değerlendirildiğinde, 1998 yılında incelenen tüm kontamine olmuş alanlardan yakalanan ve analiz edilen hayvanlardaki comet testi parametrelerinde belirgin bir artış olduğu, 1999’da alınan örneklerde ise, bu parametrelere ait değerlerde önemli bir azalma olduğu görülmüştür. 1998 ve 1999 yıllarında yakalanan dişi ve erkek örneklerde genetik hasar bakımından fark olmadığı tespit edilmiştir (Festa vd. 2003). Dişi ve erkekler için genetik hasarın hayvanın cinsiyetinden bağımsız olduğunu saptayan ekotoksikolojik çalışmalar mevcuttur (Cabarcos-Montalva vd. 2012; Yavuz ve Aktaş 2018). Bu çevre felaketi ile Guadiamar Nehri’ne asidik su, zehirli metallerle dolu içerik ve yüksek oranda As salınmış olması nedeniyle, genotoksisite açısından bu kirlenmiş bölgeden yayılış gösteren *Mus spretus* örnekleri bir “in situ” kirlilik biyoidikatörü olarak kullanılması için son derece uygun olduğu belirtilmiştir (Ieradi vd. 1998; Deggrasi vd. 1999). Yapılan bir başka çalışmada Kanada’nın Ottawa/Gatineau bölgesindeki golf sahalarında yaşayan *Microtus pennsylvanicus* türünde pestisit maruziyeti nedeniyle meydana gelen genetik hasar tespit edilmiştir. Bu canlıların vücutlarındaki organoklorlü (OC) pestisit ve ağır metal bazlı pestisit oranları ve kan hücrelerindeki genetik hasar comet testi ile tespit edilmiştir (Knopper vd. 2005). Sonuç olarak tarihsel olarak kullanılan OC pestisitlerin ve ağır metallerin vücut yükleri ile genotoksistenin ilişkili olmadığı fakat; genotoksik olduğu bilinen daconil fungusiti ile genetik hasar arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir (Knopper vd. 2005). Bir diğer çalışma ise Kolombiya’nın Güney Batısında kömür madenciliği faaliyetlerinin yapıldığı alanlardan ve temiz olan kontrol alanından yakalanan *Rattus rattus* ve *Mus musculus*’un periferik kan hücrelerindeki genotoksik hasar comet testi ile araştırılmıştır. Sonuçlar, kömüre maruz kalmış kemirgenlerin kan hücrelerinde primer DNA lezyonlarının kontrolden yakalanan örneklerle göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek olduğunu göstermiştir (León vd. 2007). Başka bir çalışmada, İber Yarımadası’nın güneyinde bulunan Huelva kenti’nde (İspanya’da) bir sanayi bölgesinde çevre kirliliğinin neden olduğu genetik riski tahmin etmek için doğal bir alanda (Donana Milli Parkı) yaşayan *Mus spretus* örneklerindeki genetik hasar comet testi ile değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, kirlenmiş alandaki farelerin kontrol bireyleriyle karşılaştırıldığında yüksek bir genetik hasar yükü olduğu açıkça gösterilmiştir (Mateos vd. 2008). Ayrıca kirlilik düzeyleri birbirlerinden farklı 3 alandan yakalanan örneklerin periferik kan hücreleri genetik hasar bakımından incelendiğinde, en yüksek genetik hasara sahip alandan yakalanan örneklerin ağır metaller bakımından zengin olan asit sular ile en fazla temas eden bölge olduğu belirtilmiştir (Mateos vd. 2008). Özellikle 1998 yılında meydana gelen ekolojik bir

felaketin kirleticilere önemli bir katkı sağladığı (Pastor vd. 2001a,b; 2004) ve bölgedeki ağır metallerin oranının arttırdığı ve Fe, As, Pb, Cd, Cu, Zn, Tl ve Hg gibi ağır metallerin zararlı etkileri olduğu (Fan vd. 1995; LeBlanc ve Bain 1997) ifade edilmiştir (Mateos vd. 2008). Ayrıca Mateos vd. (2008) As, Cu ve Zn'nin önemli bir ölçüde bulunduğunu tespit etmişlerdir. Tüm bu ağır metallerin yüksek orandaki varlığı nedeniyle, bu ağır metallerin en yüksek oranda bulunduğu bölgeden yakalanan örneklerin kan hücrelerindeki genetik hasarın diğer kirlenmiş bölgelerden yakalanan örneklerle oranla daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Mateos vd. 2008). Yapılan bir diğer çalışmada küçük kemirgen memelilerden *Peromyscus melanophrys* ve *Baiomys musculus* türlerinin DNA hasarı ile kontaminasyon kaynağına olan mesafe arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Ayrıca her iki türün kemik ve karaciğer doku ve organlarındaki ağır metal konsantrasyonları analiz edilerek ve DNA hasar seviyeleri comet testi ile tespit edilmiştir. Sonuçlar kirliliğe maruz kalan bireylerde Zn, Ni, Fe ve Mn konsantrasyonları bakımından kontrole oranla istatistiksel olarak daha yüksek çıkmıştır. Tüm metal doku konsantrasyonlarında organın ve bölgenin önemli bir etkisi olduğu tespit edilirken kirliliğe maruz kalan grupta, *B. musculus*'ta daha yüksek olmak üzere, önemli ölçüde DNA hasar seviyeleri kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, metallerin genotoksik potansiyelini gösteren daha önceki birkaç çalışma ile uyum (Park ve Park 2011; Pra vd. 2008; Scheirs vd. 2006) içerisinde (Tovar-Sánchez vd. 2012). Bir başka çalışmada, Strandzha Doğal Park'ında kurşun, kadmiyum ve çinko polimetal toz emisyonları ile kirlenmiş alanlardan yakalanan *Apodemus flavicollis* örneklerinin periferik kan lökositlerinde meydana gelen genetik hasar comet testi ile değerlendirilmiştir (Mitkovska vd. 2012). Comet testinde genetik hasarın belirteci olarak yaygın kullanılan iki parametre olan Kuyruk Momenti (Tail moment - TM) ve % Kuyruk yoğunluğu (% Tail intensity) kullanılmış olup, kontrol bölgesinden yakalanan örneklerle oranla antropojenik etkiler ile kirlenen bölgelerden yakalanan örneklerde genetik hasarın daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir (Mitkovska vd. 2012). Bizim çalışmalarımızdan elde edilen sonuçların da atıf yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğu, ağır metal kirliliği fazla olan istasyonlar olan 1-5 'de ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yakalanan örneklerle ait periferik lenfositlerde kontrole oranla genetik hasarın anlamlı derecede yüksek çıktığı, güz mevsiminde ise istasyon 3,4 ve 5'in kontrol grubundan anlamlı derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada kömür madenciliği alanlarının biyotasındaki küçük kemirgen memeli canlıların hücrelerinde DNA hasarı tespit edilmiştir (Cabarcos-Montalva vd. 2012). Açık kömür döküm madenciliği, önemli bir kirletici kaynağı olarak kabul edilen bir faaliyet olup (Bian vd. 2010) kömürün kendisi kirleticilerin heterojen bir karışımını içerdiği için tüm fosillerin en önemli kirleticisi olarak tanımlanmıştır (Leffa vd. 2010). Ayrıca, havadaki kömür parçacıklarının yanı sıra bu parçacıklar ile taşınan potansiyel olarak toksik hidrokarbonlar ve genotoksik metalleri de bünyesinde bulundurmaktadır (Celik vd. 2007). Kömür sonuçta hücrelerde, dokularda, popülasyonlarda ve ekosistemlerde büyük değişikliklere neden olabilmektedir. Kömür madeni kalıntılarının yanı sıra, kömür madenciliği faaliyetleri ile kirlenmiş alanlardan gelen tozların önemli miktarlarda ağır metaller içerdiği de gösterilmiştir (Bai vd. 2004; Mugica vd. 2003; O'Shea 2001; Tiwary 2001). Bunlardan bazıları nikel (Ni), krom (Cr), civa (Hg) ve kadmiyum (Cd) gibi kanserojen özelliklere sahip olduğu kabul edilen metallerdir. Metal maruziyeti nedeniyle meydana gelen DNA lezyonlarının, yüksek derecede reaktif oksijen türlerinin (ROS) (Hartwig 2000) oluşmasını içeren mekanizmalarla ve DNA onarım süreçlerine müdahale ile meydana geldiği bilinmektedir (Kasprzak 1991). Mevsimsel

olarak değerlendirildiğinde bazı araştırmacılar yaz aylarında kış mevsiminden daha yüksek DNA hasarı seviyeleri tespit ettiklerini rapor etmişlerdir (Verschaeve vd. 2007; Moller vd. 2002). Bu, DNA hasarı ile artan yoğunluktaki güneş ışığı arasında doğrudan bir ilişki olduğunu gösterebilir (Verschaeve vd. 2007). Örnek vermek gerekirse, yaz aylarında PAH'ların fotomutagenik olarak listelenen fototoksitesinin bir sonucu olarak PAH'lara daha fazla maruz kalma meydana gelebilirken (Moller vd. 2002) ayrıca mevsimsel ve yıllar arasındaki yağış oranı farklılıklarıyla çok yağış alan periyotlarda yüksek oranda yağışın kömür madeni tozlarının yakalayabildiği böylece soluma yoluyla bireylerin maruz kaldığı ağır metal ve PAH'ların oranlarının azalabileceği belirtilmiştir (Cabarcos-Montalva vd. 2012). Böylece Kolombiya'da açık kömür madeni alanında meydana gelen güçlü yağış mevsimi göz önüne alınarak, genotoksik bileşiklerin konsantrasyonlarının, ağır çökeltme sonucu azalmış olabileceği belirtilmiştir (Cabarcos-Montalva vd. 2012). Benzer sonuçlar taş ve maden ocağı çalışmalarının yoğun olarak yapıldığı mevsimlerde bizim örneklem alanlarımız olan istasyon 1-5 için de geçerlidir. Mevsimsel olarak incelendiğinde, kış ve güze oranla genetik hasarın en yüksek oranda ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yakalanan örneklerle ait periferik lenfositlerde meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu DNA hasarının nedenleri arasında ağırlık olarak ilkbahar ve yaz mevsimlerinde taş ve maden ocaklarının aktif olmaları, bu mevsimlerde güneş ışığı yoğunluklarında artış ile çevreye belirli miktarda salınan ağır metallerin oranlarındaki yoğunlaşma ve salınan miktarlarındaki artış olabileceği düşünülmektedir. Yapılan bir diğer çalışma, terk edilmiş uranyum madenlerinden kaynaklanan atıklara maruziyetin, kontamine alanda yaşayan küçük kemirgen memeli canlılarda ciddi genotoksik etkilere sahip olduğunu göstermiştir (Lourenço vd. 2013). Bu nedenle Lourenço vd. (2013)'in terk edilmiş bir uranyum madeni alanından yakaladıkları küçük kemirgen memelilerin DNA bütünlüklerindeki bozulmaların sebebi, muhtemelen madencilik alanında yaşayan bu bireylerin Cd ve U'a maruz kalarak bunları bünyelerinde biriktirmeleri olarak belirtilmiştir. DNA'daki iplik kırılma düzeyi, çevresel biyoizlem çalışmalarında genotoksitenin duyarlı bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Shugart ve Theodorakis 1998; Shugart 2000). Ayrıca Cd ve U gibi metallerin, doku hasarına (Amaral vd. 2007; Lourenço vd. 2011; Pereira vd. 2006), apoptoz indüksiyonuna (Amaral vd. 2007), DNA hasarı (Lourenço vd. 2012) ve genetik materyalde kromozom anormalliklerine (Au vd. 1995; Topashka-Ancheva vd. 2003a) neden olabildikleri belirtilirken, ayrıca canlı organizmalarda redoks dengesizliğini indükleyerek hücre içindeki reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimine ve ROS birikmesine yol açmak suretiyle DNA iplikçığı, DNA-protein çapraz bağları, alkali kararsız bölgelerin oluşmasına ve oksidatif baz gibi hasarlara neden olabileceği belirtilmektedir (Barillet vd. 2010). Tüm bunlara ek olarak, metaller serbest radikallerin katılımı olmadan doğrudan DNA iplikçik kırılmasına neden olabilir ve DNA onarımını engelleyebilmektedir (Barillet vd. 2010). Ayrıca Nikel (Ni) ve krom (Cr) (Brugge ve Buchner 2011), oksidatif strese yol açan serbest radikal üretiminin indüklenmesinden dolayı önemli DNA hasarlarına neden olabilmektedir (Harris ve Shi 2003). Lourenço vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada kirli bölgelerden yakalanan canlılara ait organlardaki metal içeriği, Cd ve uranyum (U)'un kontamine bölgedeki farelerde önemli ölçüde biyolojik birikime uğradığını ortaya çıkarmıştır (Lourenço vd. 2013). Bu verilere ek olarak, bu hayvanları kemik dokularında önemli ölçüde yüksek Cu seviyelerinin meydana geldiği gösterilmiştir. Ayrıca yine aynı çalışmada kirliliğe maruz kalan hayvanlarda comet testi ile DNA hasarı değerlendirilmiştir (Lourenço vd. 2013) ve bunun nedeni DNA'nın karasal organizmalarda çevresel stresin önemli bir hedefi

olmasıdır (Reinecke ve Reinecke 2004). Bizim bulgularımız da benzerdir, bildirilen araştırmalarla uyumludur. Tüm organlardaki ağır metal birikimleri bakımından değerlendirildiğinde kirli istasyonlardan yakalanan örneklerde sırasıyla ilkbahar mevsimi için Cu, Ni ve Cd birikimleri, yaz mevsimi için Cu ve B, Güz mevsimi için ise Zn ve As birikimlerinin kontrolden önemli oranda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Özellikle ilkbahar mevsiminde kirlilik yükü olan istasyonlardan yakalanan örneklerdeki genetik hasarın yüksek olmasının sebebi yüksek çıkan ağır metallerin genetik hasar potansiyelinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada değerlendirilen doku ve organlardaki ağır metalleri değerlendirildiğinde, her üç mevsimde de kas dokusunda Cr birikiminin kirlilik yükü olan istasyonlarda kontrole oranla anlamlı biçime yüksek olduğu tespit edilmiş olup genetik hasar strese bağlı olarak değerlendirilmiştir (Harris ve Shi 2003; Brugge ve Buchner 2011). Mutasyonların ve diğer geri döndürülemez toksik etkilerin indüksiyonu ile DNA bütünlüğünün kaybı meydana gelebilmektedir (Kurelec 1993).

5.2. İstasyonlardan Yakalanan *Microtus guentheri* Örneklerindeki Ağır Metal Birikimleri

Literatürdeki pek çok çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, ağır metal birikim seviyelerinin yabani küçük memeliler türlerinde genelde ağır metal tipine bağlı olarak farklı hedef doku ve organlarda birikime neden olduğu tespit edilmiştir (İsmail ve Roberts 1992; Martiniková vd. 2010; Blagojević vd. 2012; Khazaei vd. 2016; Zarrintab ve Mirzaei 2017; Yavuz ve Aktaş 2018). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ağır metal kirliliğinin bir indikatör türü olarak *M. guentheri*'yi bilimsel olarak desteklemektedir. Tüm bunların yanı sıra bu doktora tezi kapsamında biyobirikim seviyeleri tespit edilen ağır metallerden bazıları canlılar açısından toksik etkilere sahip olduğu bilinen ağır metallerdir. Değerli habitatların, ekosistemin ve tarımsal olarak önem taşıyan alanların korunabilmesi için ihtiyaç duyulan önlemlerin alınması bakımından değerlendirilmesi gerekli olan metal ve metalloidler olarak karşımıza çıkmaktadır (As ve Zn gibi). Bahsi geçen bu ağır metal ve metalloidlerin canlı vücuduna temel giriş yolları doğal yollar ile olsa da, insan faaliyetleri kaynaklı etkilerin de incelenmesi önem arz etmektedir. Yapılan bütün bilimsel araştırmalar bu konuya dikkat çekmektedir (Sánchez-Chardi vd. 2007c; Sánchez-Chardi ve López-Fuster 2009).

5.2.1. Deri - keratin dokuda ağır metal birikimleri

Yapılan bu çalışma kapsamında belirlenen istasyonlardan yakalanan örneklerin deri-keratin dokularında biyobirikim gösteren Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg miktarlarının ortalamalarına ait değerler (ppm) ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11'de, yaz mevsimi için Çizelge 4.17'de, güz mevsimi için Çizelge 4.23'te kış mevsimi için Çizelge 4.29'da her bir istasyon için verilmiştir. *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda mevsimsel olarak meydana gelen Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B birikim seviyelerine ait grafikler sırasıyla Şekil 4.46-4.57'de her bir istasyon için verilmiştir.

5.2.1.1. Deri - keratin dokuda Al birikimi

Doktora tez çalışmamızın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusundaki Al ağır metal konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi

için Çizelge 4.11’de verilmiş olup, bu mevsimdeki birikim seviyeleri $\bar{X}$ = 75.69 ile 425.2 (ppm) olarak, yaz mevsimi için Çizelge 4.17’de verilmiş olup $\bar{X}$ =100.7 ile 307 (ppm) olarak, güz mevsimi için Çizelge 4.23’te $\bar{X}$ =233.27 ile 597.12 (ppm) arasında saptanmıştır. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için bu istasyonlardan yakalanan örnekler ait sonuçlar sırasıyla 130.57 ve 335.55 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-keratin dokularındaki Al birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Kış mevsiminde istasyonlardan istatistiksel analiz yapılmasına izin verecek yeterli sayıda birey toplanamaması nedeniyle, istatistiksel analiz yapılmamıştır. Yapılan literatür incelemelerinde çeşitli kirlenici etmenler nedeniyle kirlenen alanlardan yakalanan küçük kemirgen türlerinin dokularında Al birikim seviyelerinin tespit edildiğini gösteren çalışmaların olmadığı saptanmıştır. Fakat Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında 2016 yılında gerçekleştirilen çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri*’ye ait deri-keratin örneklerindeki ağır metal birikim seviyeleri Al için 1525.19 ppm olarak saptanmıştır (n=6).

5.2.1.2. Deri - keratin dokuda Fe birikimi

Doktora tez çalışmamızın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Fe ağır metal konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11’de verilmiş olup, bu mevsimdeki birikim seviyeleri $\bar{X}$ =90.39 ile 551.88 (ppm) olarak, yaz mevsimi için Çizelge 4.17’de verilmiş olup $\bar{X}$ =98.71 ile 3366.49 (ppm) olarak, güz mevsimi için Çizelge 4.23’te $\bar{X}$ =231.43 ile 532.59 (ppm) arasında saptanmıştır. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için bu istasyonlardan yakalanan örnekler ait sonuçlar sırasıyla 121.88 ve 349.34 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-keratin dokularındaki Fe birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında 2016 yılında gerçekleştirilen çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri*’ye ait deri-keratin örneklerindeki ağır metal birikim seviyeleri Fe için 1103.22 ppm olarak saptanmıştır (n=6). Literatür incelendiğinde, çeşitli kirlilik etmenlerine maruz kalan küçük kemirgen memelilerin kıl dokularında Fe birikimi tespitine dair çok fazla veri bulunmadığı saptanmıştır. İran’da yapılan bir çalışmada, Darreh Zereshek bakır madenine yakın alanlardan yakalanan ve küçük kemirgen bir memeli olan *Meriones persicus* örneklerinin kıl dokularındaki Fe birikim seviyeleri kontrol istasyonundan yakalanan örneklerde 866.9 ppm, maden alanına yakın istasyonlardan yakalanan örneklerde ise 1212 ile 1249.4 ppm (w.w.) arasında saptanmıştır (Zarrintab ve Mirzaei 2017). Yapılan bu çalışmada Fe için elde edilen sonuçlara göre güz mevsiminde tüm istasyonlardan yakalanan örneklerin deri-keratin dokularındaki Fe birikim düzeyleri yaz ve ilkbahar (istasyon 5 hariç) mevsimlerinde aynı istasyonlardan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin ise, daha önce bahsedilen örneklem alanlarımız olan istasyonlara yakın bölgelerde bulunan taş ve maden ocaklarının faaliyetlerinin güz mevsiminde artması olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları göz önünde bulundurulduğunda, deri - keratin dokuda birikim Fe seviyelerine ait ortalama değerlerin İran'da yapılan çalışmadan (Zarrintab ve Mirzaei 2017) elde edilen sonuçlara göre daha düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

5.2.1.3. Deri - keratin dokuda Zn birikimi

Doktora tez çalışmamızın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Zn ağır metal konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11'de verilmiş olup, bu mevsimdeki birikim seviyeleri $\bar{X}=22.17$ ile 46.06 (ppm) olarak, yaz mevsimi için Çizelge 4.17'de verilmiş olup $\bar{X}=22.63$ ile 32.76 (ppm) olarak, güz mevsimi için Çizelge 4.23'te $\bar{X}=38.44$ ile 60.73 (ppm) arasında saptanmıştır. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için bu istasyonlardan yakalanan örneklerle ait sonuçlar sırasıyla 17.68 ve 26.5 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-keratin dokularındaki Zn birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilirken, güz mevsiminde fark olduğu tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında 2016 yılında gerçekleştirilen bir ön çalışmada elde edilen sonuçlara göre *M. guentheri*'ye ait deri-keratin örneklerindeki Zn birikim seviyesi $\bar{X}=319.95$ ppm (n=6) olarak bulunurken (Turna Demir vd. 2018), literatürde Zn ağır metalinin kıl dokusunda biyobirikimi ile ilgili olarak farklı küçük kemirgenler kullanılarak yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların, bu doktora tez çalışmasından elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu ve Zn ağır metalinin birikim kıl dokusunda birikim seviyelerinin 95 ppm ile 460 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir. Örneğin Portekiz'de gerçekleştirilen bir çalışma kapsamında terk edilmiş maden arama bölgelerinde doğal olarak yayılım gösteren *Rattus rattus* ve *Mus spretus* örnekleri yakalanmıştır ve bu örneklerin kıl dokularındaki Zn birikim seviyeleri araştırılmıştır ve sonuçlara göre iki farklı kirli alandan yakalanan *Rattus rattus* örneklerinde 95 ve 160 ppm olarak saptanırken *Mus spretus* örnekleri için bu değerler her iki alandan toplanan örnekler için 257 ppm olarak saptanmıştır (Pereira vd. 2006). Yapılan bir başka çalışmada ise Belçika'da bir eritme tesisi ve krematoryuma yakın olan alanlara farklı uzaklıklarda bulunan bölgelerden yakalanan *Apodemus sylvaticus* örneklerinin kıl dokularındaki Zn birikim seviyelerinin 190-207 ppm aralığında tespit edilmiştir (Beernaert vd. 2007). Benzer şekilde Avustralya'da Kurşun/Çinko fabrikasına yakın bölgelerden yakalanan *Antechinus stuartii*, *Rattus rattus* ve *Rattus norvegicus* örneklerinde Zn birikim seviyeleri, *Antechinus stuartii* için 179-298 ppm, *Rattus rattus* için 109-460 ppm ve *Rattus norvegicus* için 150-238 ppm aralığında (McLean vd. 2009) saptanmıştır. Aynı şekilde İtalya'da şehirleşme nedeniyle ve tarımsal faaliyetler kirlenen alanlardan yakalanan *Apodemus sylvaticus* örneklerinin kıl dokularında saptanan Zn birikim seviyeleri 20-60 ppm aralığında (Marcheselli vd. 2010) tespit edilmiştir. İran'da gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise *Rombomys opimus* örneklerinin kıl dokularındaki Zn birikim seviyeleri endüstriyel yol alanından yakalanan örneklerde 135.40 ppm, çelik eritme faaliyetleri ile kirlenen alandan toplanan örneklerde 138 ppm, yeni yol alanında toplanan örneklerde ise 147.66 ppm, olarak tespit edilirken, yine aynı çalışmada Beheshtieh tarım arazisinden yakalanan *Rattus norvegicus* örneklerinde bu değer 167.03 ppm ve Majid Abad tarım arazisinden yakalanan *Rattus norvegicus* örneklerinde ise 211.39 ppm olarak saptanmıştır (Zarrintab ve Mirzaei 2017). Zn ağır

metali için kritik toksik konsantrasyon seviyesi böbrek ve karaciğer organlarında sırasıyla 465 and 274 ppm olarak belirtilmiştir (Swiergosz-Kowalewska vd. 2005). Zn için elde edilen sonuçlara göre güz mevsiminde tüm istasyonlardan yakalanan örneklerin deri-keratin dokularındaki Zn birikim düzeyleri yaz ve ilkbahar (istasyon 5 hariç) mevsimlerinde aynı istasyonlardan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin ise, daha önce bahsedilen örneklem alanlarımız olan istasyonlara yakın bölgelerde bulunan taş ve maden ocaklarının faaliyetlerinin güz mevsiminde artması olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmadan elde edilen sonuçlar literatür ile karşılaştırıldığında, *Microtus guentheri* örneklerinin deri-keratin dokularında, pek çok çalışmadan elde edilen sonuçlardan daha düşük Zn birikimi saptanırken, *Apodemus sylvaticus* örneklerine ait kıl dokularında saptanan Zn birikim seviyelerinin araştırıldığı (20-60 ppm) çalışma ile sonuçlarımızın uyum gösterdiği belirlenmiştir (Marcheselli vd. 2010). Bunun sebeplerinden biri olarak, *Apodemus sylvaticus* türünün *Microtus* grubuna yakın bir tür olması olabileceği düşünülmektedir.

5.2.1.4. Deri - keratin dokuda Mn birikimi

Doktora tez çalışmamızın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Mn ağır metal konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.17’de, güz mevsimi için Çizelge 4.23’te verilmiş olup bu mevsimlerdeki birikim seviyeleri ilkbahar mevsimi için $\bar{X}=3.26$ ile 18.45 (ppm) arasında, yaz mevsimi için Çizelge 4.17’de verilmiş olup $\bar{X}=2.37$ ile 16.38 (ppm) arasında, güz mevsimi için Çizelge 4.23’te $\bar{X}=7.94$ ile 16.88 (ppm) arasında saptanmıştır. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için bu istasyonlardan yakalanan örneklerle ait sonuçlar sırasıyla 4.35 ve 11.51 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, ilkbahar ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-keratin dokularındaki Zn birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilirken, güz mevsiminde fark olduğu tespit edilirken istasyon 4’ten yakalanan bireylerin deri-keratin dokularındaki Mn birikim seviyesinin kontrol istasyonundan ve diğer tüm istasyonlardan daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında 2016 yılında gerçekleştirilen bir ön çalışmada elde edilen sonuçlara göre *M. guentheri*’ye ait deri-keratin örneklerindeki Mn birikim seviyesi 28.42 ppm (n=6) olarak bulunurken (Turna Demir vd. 2018), literatürde kıl örneklerinde Mn birikiminin değerlendirildiği sınırlı sayıda çalışma olduğu ve bu çalışmalardan biri olan ve İtalya’da tarımsal faaliyetler ve şehirleşme sebebiyle kirlenen alanlardan yakalanan *Apodemus sylvaticus* örneklerindeki Mn birikim seviyelerinin 1-2 ppm aralığında olduğu gözlenmiştir (Marcheselli vd. 2010). Ayrıca İran’daki bir bakır madeni yakınlarından yakalanan *Meriones persicus* örneklerinin kıl dokularında birikim gösteren Mn seviyelerinin kontrol alanındaki örneklerde 33.2 ppm, bakır madenine yakın bölgelerdeki örneklerde ise 36.9 ppm ile 39 ppm (w.w.) arasında olduğu belirtilmiştir (Khazaei vd. 2016). Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalar ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

5.2.1.5. Deri - keratin dokuda Ni birikimi

Doktora tez çalışmamızın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Ni ağır metal konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.17’de, güz mevsimi için Çizelge 4.23’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Ni ağır metal konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için 0.34 ile 6.24 (ppm) arasında, yaz mevsimi için TE ile 5.07 (ppm) arasında, güz mevsimi için 2.14 ile 5.49 (ppm) arasında tespit edilirken. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için sırasıyla 1.07 ve 3.12 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-keratin dokularındaki Ni birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olmadığı saptanmıştır. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında 2016 yılında gerçekleştirilen çalışmada elde edilen sonuçlara göre *M. guentheri*’ye ait deri-keratin örneklerindeki Ni birikim seviyesi $\bar{X}=3.82$ ppm (n=6) olarak saptanırken (Turna Demir vd. 2018), aynı metal için kıl dokusunda farklı küçük kemirgenler kullanılarak yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların, bu çalışmadan elde edilen sonuçtan daha düşük olduğu ve Ni birikim seviyelerinin 0.07 ppm ile 0.54 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir. Literatürdeki değerler ve çalışma alanlarına ilişkin bilgiler ise şu şekildedir; Portekiz’de terk edilmiş maden arama bölgelerinde yakalanan *Rattus rattus* ve *Mus spretus* örneklerinde sırasıyla 0.07-0.18 ppm ve 0.7-0.24 ppm arasında (Pereira vd. 2006), İtalya’da yapılan bir başka çalışmada ise tarımsal ve şehirleşme faaliyetleri nedeniyle kirlenen alanlardan toplanan *Apodemus sylvaticus* örneklerinde 0.1-0.2 ppm aralığında (Marcheselli vd. 2010), Ayrıca İran’daki bir bakır madeni yakınlarından yakalanan *Meriones persicus* örneklerinin kıl dokularında birikim gösteren Ni seviyelerinin kontrol alanındaki örneklerde 5.2 ppm, bakır madenine yakın bölgelerdeki örneklerde ise 8.6 ppm ile 16.3 ppm (w.w.) arasında olduğu belirtilmiştir (Khazaei vd. 2016), İran’daki bir çalışmada ise çelik eritme faaliyetleri ile kirlenen alandan toplanan *Rombomys opimus* örneklerinde 0.27 ppm, yeni yol alanında toplanan aynı türe ait örneklerde 0.32 ppm, endüstriyel yol alanından yakalanan örneklerde 0.33 ppm olarak tespit edilirken, yine aynı çalışmada Beheshtieh tarım arazisinden yakalanan *Rattus norvegicus* örneklerinde 0.29 ppm ve Majid Abad tarım arazisinden yakalanan aynı türe ait örneklerde ise 0.54 ppm olarak saptandığı belirtilmiştir (Zarrintab ve Mirzaei 2017). Dünya literature ile karşılaştırıldığında, çeşitli kirlilik etmenleri nedeniyle kirlenmiş alanlardaki küçük kemirgen memeli türlerine ait kıl dokusu örneklerindeki Ni birikim seviyelerinin 0.54 ppm değerinin üzerinde olmadığı, bu doktora çalışmasında belirlenen istasyonlardan yakalanan örneklerin deri-keratin dokularından elde edilen Ni birikim seviyelerinin ise 6.24 ppm’e (ilkbahar mevsimi istasyon 5) kadar çıktığı gözlenmiştir. Bunun nedenleri arasında, çevre kirlilik etmenlerinin taşıdıkları ağır metal birikimlerinin farklı olması sayılabileceği gibi, küçük kemirgen türünün özelliklerinin farklı olması da sayılabilmektedir.

5.2.1.6. Deri - keratin dokuda B birikimi

Doktora tez çalışmamızın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için

Çizelge 4.11’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.17’de, güz mevsimi için Çizelge 4.23’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için istasyon 0.93 ile 3.36 (ppm) arasında, yaz mevsimi için 1.04 ile 3.25 (ppm) arasında, güz mevsimi için 1.73 ile 3.26 (ppm) arasında tespit edilirken. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için sırasıyla 1.16 ve 2.1 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, yaz mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-keratin dokularındaki B birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, ilkbahar ve güz mevsimlerinde ise fark olmadığı saptanmıştır. Dünya’da bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde ise, çeşitli kirli bölgelerde yaşayan ve yakalanan küçük kemirgen memeli canlıların deri-keratin dokularındaki B birikiminin saptandığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

5.2.1.7. Deri - keratin dokuda Cu birikimi

Doktora tez çalışmamızın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Cu birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.17’de, güz mevsimi için Çizelge 4.23’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Cu birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için istasyon 0.86 ile 1.97 (ppm) arasında, yaz mevsimi için 1.31 ile 2.14 (ppm) arasında, güz mevsimi için 1.79 ile 2.57 (ppm) arasında tespit edilirken. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için sırasıyla 0.86 ve 1.34 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Sonuçlara göre her 4 mevsim için de kontrol olarak belirlenen alandan yakalanan örneklerin deri-keratin dokularında birikim gösteren Cu seviyelerinin kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (istasyon 1-5) yakalanan örneklere yakın olduğu, ilkbahar örneklerinde istasyon 5’e ait değerlerin kontrole nazaran 2 katından daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu çalışmaya göre, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-keratin dokularındaki Cu birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, güz mevsiminde ise fark olmadığı saptanmıştır. Ayrıca bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında 2016 yılında gerçekleştirilen bir ön çalışmada elde edilen sonuçlara göre *M. guentheri*’ye ait deri-keratin örneklerindeki Cu ağır metalinin konsantrasyonu $\bar{X}=15.39$ ppm (n=6) olarak saptanırken (Turna Demir vd. 2018). Literatürde farklı nedenler ile kirlenmiş alanlarda yaşayan küçük kemirgen türlerinin kıl dokusunda Cu ağır metalinin biyobirikim seviyelerinin 3.86 ppm ile 29.27 ppm arasında olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda bu doktora tezinden elde edilen sonuçların dünya üzerinde çeşitli kirli alanlarda doğal yaşayan küçük kemirgen memelilerin kıl dokularından elde edilen Cu birikim seviyelerinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Bunun nedenleri arasında, kirlilik etmenlerinin farklı olması, farklı olan kirlilik etmenlerin ihtiva ettiği ağır metal seviyelerinin farklı olabilmesi ayrıca kemirgen türlerinin birbirinden farklı olması sayılabilmektedir. Dünya üzerinde farklı kirlenmiş alanlardan yakalanan küçük kemirgenlerin kıl dokularında birikim gösteren Cu seviyeleri ve bu alanların özellikleri şekildedir; Portekiz’de terk edilmiş bir maden arama bölgesine farklı uzaklıklardan yakalanan *Rattus rattus* örnekleri için 29.27-3.86

ppm, *Mus spretus* örnekleri için ise 10.48-21.39 ppm (Pereira vd. 2006), Belçika’da bir eritme tesisi ve krematoryuma yakın farklı uzaklıklarda olduğu saptanan belirli lokalitelerden toplanan *Apodemus sylvaticus* örneklerinde 7.39-9.25 ppm (Beernaert vd. 2007), Avustralya’da Kurşun/Çinko fabrikasına yakın bölgelerden yakalanan *Antechinus stuartii* örnekleri için 10.8-18.8 ppm, *Rattus rattus* için 6.71-19.8 ppm ve *Rattus norvegicus* için 9.49-12 ppm (McLean vd. 2009), İtalya’da tarımsal faaliyetler ve şehirleşme nedeniyle kirlenen alanlardan yakalanan *Apodemus sylvaticus* örneklerinde 2-6 ppm (Marcheselli vd. 2010), ayrıca İran’daki bir bakır madeni yakınlarından yakalanan *Meriones persicus* örneklerinin kıl dokularında birikim gösteren Cu seviyelerinin kontrol alanındaki örneklerde 12 ppm, bakır madenine yakın bölgelerdeki örneklerde ise 12.6 ppm ile 13.5 ppm (w.w.) arasında olduğu belirtilmiştir (Khazaee vd. 2016), İran’da yapılan bir başka çalışmada ise çelik eritme faaliyetleri ile kirlenen alandan toplanan *Rombomys opimus* türüne ait örneklerde 14.3 ppm, yeni yol alanında toplanan örneklerde 17.17 ppm, endüstriyel yol alanından yakalanan örneklerde 19.25 ppm olarak tespit edilirken, yine aynı çalışmada *Rattus norvegicus* örneklerinde Beheshtieh tarım arazisinden yakalanan örneklerde 26.22 ppm, Majid Abad tarım arazisinden yakalanan örneklerde ise 20.8 ppm (Zarrintab ve Mirzaei 2017) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen deri-keratin dokuda Cu birikim sonuçlarının, genel olarak litatürdeki çalışmalardan elde edilen sonuçlarından daha düşük olduğu saptanırken, bunun kirletici etmenlerin ve çalışılan küçük kemirgen memeli türlerinin farklı olması gibi faktörler ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

5.2.1.8. Deri - keratin dokuda Cr birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Cr birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.17’de, güz mevsimi için Çizelge 4.23’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Cr birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için istasyon 0.84 ile 3.43 (ppm) arasında, yaz mevsimi için 0.93 ile 3.07 (ppm) arasında, güz mevsimi için 1.77 ile 3.38 (ppm) arasında tespit edilirken. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için sırasıyla 0.88 ve 1.85 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, yaz mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-keratin dokularındaki Cr birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, ilkbahar ve güz mevsiminde ise fark olmadığı saptanmıştır. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında 2016 yılında gerçekleştirilen bir ön çalışmada elde edilen sonuçlara göre *M. guentheri*’ye ait deri-keratin örneklerindeki Cr birikim seviyesi $\bar{X}=10.11\pm 2.16$ ppm (n=6) olarak saptanırken (Turna Demir vd. 2018), aynı metal için kıl dokusunda farklı küçük kemirgenler kullanılarak yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların, bu çalışmadan elde edilen sonuçtan daha düşük olduğu ve Cr birikim seviyelerinin 0.23 ppm (d.w.) ile 18.8 ppm (w.w.) arasında değiştiği gözlenmiştir. Literatürdeki değerler ise şu şekildedir; Portekiz’de terk edilmiş maden arama bölgelerinden toplanan *Rattus rattus* ve *Mus spretus* örneklerinin kıl dokularında Cr birikim seviyeleri sırasıyla 0.23-1.31 ppm ve 0.58-1.67 ppm (Pereira vd. 2006), İtalya’da yapılan bir başka çalışmada tarım faaliyetleri ve şehirleşme nedeniyle kirlenen alanlardan yakalanan *Apodemus sylvaticus* örneklerinde Cr birikim seviyelerinin 1-1.5 ppm aralığında (Marcheselli vd. 2010),

İran'daki bir bakır madeni yakınlarından yakalanan *Meriones persicus* örneklerinin kıl dokularında birikim gösteren Cr seviyelerinin kontrol alanındaki örneklerde 7.7 ppm, bakır madenine yakın bölgelerdeki örneklerde ise 8.6 ppm ile 18.8 ppm (w.w.) arasında (Khazae vd. 2016) saptandığı bildirilmiştir. Bu doktora tezinden elde edilen sonuçlar dünyada yapılan çalışmaların bir çoğu ile uyum içerisindedir, özellikle bazı istasyonlardan elde edilen Cr birikim seviyelerine ait değerler, pek çok kirli alandan elde edilen sonuçlardan dahi daha yüksek çıkarak seçilen belirli lokalitelerin ağır metal yükü açısından fikir sahibi olunmasına neden olabilecek nitelik taşımaktadır.

5.2.1.9. Deri - keratin dokuda Co birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Co birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11'de, yaz mevsimi için Çizelge 4.17'de, güz mevsimi için Çizelge 4.23'te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Co birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için istasyon 0.08 ile 0.67 (ppm) arasında, yaz mevsimi için 0.11 ile 0.59 (ppm) arasında, güz mevsimi için 0.26 ile 0.59 (ppm) arasında tespit edilirken. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için sırasıyla 0.14 ve 0.38 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, yaz mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-keratin dokularındaki Cr birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, ilkbahar ve güz mevsiminde ise fark olmadığı saptanmıştır. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında 2016 yılında gerçekleştirilen çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri*'ye ait deri-keratin örneklerindeki ağır metal birikim seviyeleri Co için 0.76 ppm (n=6) olarak saptanmıştır (Turna Demir vd. 2018) Literatürde ise sadece İran'da yapılan bir çalışmada, çelik eritme fabrikasına yakın alanlardan, endüstriyel ve yeni yol alanlarından yakalanan *Rombomys opimus* ve tarımsal alanlardan yakalanan *Rattus norvegicus* türüne ait bireylerin kıl örneklerinde Co ağır metalinin birikimi araştırılmıştır fakat bu metal kıl dokusunda tespit edilememiştir (Zarrintab ve Mirzaei 2017). Literatürde çeşitli nedenler ile kirlenmiş alanlarda yaşayan küçük kemirgen türlerinin deri-keratin dokularındaki Co birikimlerine ait veriler sınırlı olması nedeniyle, bu çalışma ilk olma özelliği taşımaktadır ve bundan sonra ilgili çalışmalar açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

5.2.1.10. Deri - keratin dokuda Pb birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Pb birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11'de, yaz mevsimi için Çizelge 4.17'de, güz mevsimi için Çizelge 4.23'te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Pb birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için istasyon 0.04 ile 0.15 (ppm) arasında, yaz mevsimi için TE ile 0.12 (ppm) arasında, güz mevsimi için 0.04 ile 0.11 (ppm) arasında tespit edilirken. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için sırasıyla 0.01 ve 0.04 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-

keratin dokularındaki Pb birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu saptanmıştır. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında 2016 yılında gerçekleştirilen çalışmada elde edilen sonuçlara göre *M. guentheri*'ye ait deri-keratin örneklerindeki Pb birikim seviyesi $\bar{X}=1.51$ ppm (n=6) olarak saptanmıştır (Turna Demir vd. 2018). Literatürde ise çeşitli kirlilik etmenleri nedeniyle kirlenen alanlardan yakalanan küçük kemirgenlerin kıl dokularındaki Pb birikim seviyelerinin 0.03-61.29 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu çalışmalara ait Pb birikim seviyeleri ve çalışma alanları ile bilgiler ise şu şekildedir; Portekiz'de terk edilmiş maden arama bölgelerine yakın alanlarda yapılan bir çalışmada eski kükürt madeni alanından toplanan *Rattus rattus* örnekleri için 19.25-61.29 ppm ve *Mus spretus* örnekleri için 0.46 - 0.95 ppm olarak saptanırken aynı çalışmada Tapade Grande Gölü yakınlarından yakalanan *Rattus rattus* örnekleri için birikim seviyelerinin 0.03-4.30 ppm arasında olduğu (Pereira vd. 2006), Belçika'da demir ihtiva etmeyen bir eritme tesisi ve krematoryuma yakın alanlara farklı uzaklıklarda olan lokalitelerden toplanan *Apodemus sylvaticus* örneklerinin kıl dokularındaki Pb birikim seviyelerinin ise 0.36-3.22 ppm aralığında olduğu (Beernaert vd. 2007), Avustralya'da Kurşun/Çinko fabrikasına yakın alanlardan yakalanan *Antechinus stuartii* örneklerinde 1.78-5.54 ppm, *Rattus rattus* örneklerinde 1.49-10.6 ppm ve *Rattus norvegicus* örneklerinde 2.16-20.6 ppm aralığında olduğu (McLean vd. 2009), İran'da yapılan bir çalışmada ise *Rombomys opimus* örneklerinin kıl dokularındaki Pb birikim seviyelerinin çelik eritme faaliyetleri ile kirlenen alandan toplanan örneklerde 3.68 ppm, yeni yol alanında toplanan örneklerde 3.55 ppm, endüstriyel yol alanından yakalanan örneklerde 4 ppm olduğu tespit edilirken, aynı çalışmada Beheshtieh tarım arazisinden yakalanan *Rattus norvegicus* örneklerinde 3.91 ppm ve Majid Abad tarım arazisinden yakalanan örneklerde ise 9.52 ppm olduğu belirtilmiştir (Zarrintab ve Mirzaei 2017). Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki bazı çalışmalar ile uyumlu olduğu görülürken, bir çoğundan daha düşük seviyede olduğu gözlenmiştir. Literatürdeki bu sonuçlarda tür ve kirlilik faktörü gibi değişkenlerin etkili olabildiği düşünülmektedir.

5.2.1.11. Deri - keratin dokuda As birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11'de, yaz mevsimi için Çizelge 4.17'de, güz mevsimi için Çizelge 4.23'te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için istasyon 0.01 ile 0.07 (ppm) arasında, yaz mevsimi için 0.02 ile 0.05 (ppm) arasında, güz mevsimi için 0.04 ile 0.07 (ppm) arasında tespit edilirken. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için sırasıyla 0.02 ve 0.04 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin deri-keratin dokularındaki Pb birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı saptanmıştır. Sonuçlara göre her 4 mevsim için de kontrol olarak belirlenen alandan yakalanan örneklerin deri-keratin dokularında birikim gösteren As seviyelerinin kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (istasyon 1-5) yakalanan örneklerden daha düşük olduğu (ilkbahar mevsiminde istasyon 2 ve 4 hariç) saptanmıştır. Ayrıca bu doktora tezi kapsamında yapmış olduğumuz bir ön çalışmada (2016 yılı) *M. guentheri* bireylerine ait kürklü deri

örneklerinde As birikim seviyesi $\bar{X}=0.56$ ppm olarak saptanmıştır (Turna Demir vd. 2018). Elde edilen bu değerin kontrol olarak saptanan istasyondan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara oranla daha yüksek çıktığı gözlenmiştir. Yabani kemirgen türlerinde As maruziyetinin başlıca nedenleri arasında diyet ya da kirlenmiş toprakların yutulması sayılmaktadır (Beyer vd. 1994). Absorbe edilen arsenik kan yoluyla vücudun farklı organlarına taşınır ve çoğu memelide arsenik karaciğerde metilasyon ile ortadan kaldırılır ve daha sonra idrar ile vücuttan atılır (Vahter ve Marafante 1979; Vahter ve Norin 1980; Vahter 1981). As'ın organlardaki konsantrasyonu hızlı bir şekilde azalır ve tek bir akut As maruziyetinin normalde 2 gün içerisinde atıldığı belirtilmiştir (Vahter 1983). Fakat farklı As formlarının farklı hızlarda vücuttan atıldığı ayrıca As'nin vücuttan atılım hızının farklı hayvan türleri arasında değişiklik gösterdiği bilinmektedir (Vahter 1994). Ayrıca, As ve proteinlerdeki tiol grupları arasındaki etkileşimlerin farklı olması çeşitli dokularda biriken As miktarlarının farklılık göstermesine neden olmaktadır. Literdeki mevcut çalışmalara göre, uzun süreli As maruziyeti sonucunda As'in birikiminin ağırlıklı olarak deri ve kıl dokularında meydana geldiği gözlenirken, bunun sebeplerinden birinin As'in derideki keratinle bağlanabilmesi olduğu ifade edilmiştir (Lindgren vd. 1982). Proteinlerin tiyol grupları ve As arasında meydana gelen etkileşimlerin farklı olması sebebiyle dokularda biriken As seviyelerinin birbirinden farklı çıktığı belirtilmektedir. Memeli canlı türlerinde keratin proteinlerinin tiyol grupları taşıması nedeniyle kürk ve tırnaklarda As biyobirikim seviyelerinin oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir (Marafante vd. 1981). Kıl ve tırnak dokularındaki As biyobirikim seviyeleri arasındaki farklılıkların temel nedeni arasında büyüme dönemlerinde As'e maruz kalma şiddetinin farklılık göstermesi olabileceği belirtilmiştir (Curry ve Pounds 1979; Pounds vd. 1979). Farklı kirlilik potansiyellerine sahip bölgelerde doğal olarak yaşayan pek çok memeli kemirgen türü yakalanması ile yapılan çalışmaya göre, farklı kirlilik oranlarına sahip bölgelerde yaşayan küçük kemirgen türlerin deri-keratin dokularında birikim gösteren As seviyelerinin 0.02 ppm ile 60 ppm arasında değiştiği saptanmıştır. Örneğin İngiltere'de terk edilmiş bakır/arsenik madenlerinin faaliyetleri sebebiyle As ile kirlenmiş alanlardan toplanan küçük kemirge türleri (*Apodemus sylvaticus* ve *Clethrionomys glareolus*) ile yapılan bir çalışmada kürk örneklerindeki As birikim seviyeleri kontrol bölgelerine oranla *Apodemus sylvaticus* için 10-100 kat olacak biçimde ve *Clethrionomys glareolus* örnekleri için 10-30 kat olacak biçimde çok daha yüksek bulunmuştur. Bahsi geçen bu çalışmanın sonuçlarına göre temiz olduğu düşünülen kontrol alanlarından yakalanan örneklerin kürk dokularındaki As birikim seviyeleri *Apodemus sylvaticus* için 0.53 ve 0.88 ppm, *Clethrionomys glareolus* için 0.32 ve 0.16 ppm olarak bulunmuştur. Yine aynı çalışmada As ile kirlenmiş olduğu düşünülen terk edilmiş maden alanlarından toplanan örneklerde kürk dokularındaki As birikim seviyeleri *Apodemus sylvaticus* için 60 ve 21 ppm ile *Clethrionomys glareolus* için 18 ve 27 ppm olarak tespit edilmiştir (Erry vd. 2005). Sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, yapılan bu çalışmada kirli alanlardan yakalanan örneklerin kürk dokularındaki As birikim seviyelerinin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde temiz olduğu düşünülen alanlardan yakalanan alanlardan daha yüksek olduğu saptanmıştır. Portekiz'de yapılan bir başka çalışmada ise, terk edilmiş bir bakır pirit madeni alanında doğal olarak yaşayan *Mus spretus* ve *Rattus rattus* örneklerine ait dalak, karaciğer ve kıl doku/organlarında ağır metal birikimi seviyeleri tespit edilmiştir. Bahsi geçen bu çalışmanın sonucuna göre *Rattus rattus* kıl örneklerinin çevresel Cr kirliliğinin izlenebilmesi için önemli bir biyolojik materyal olduğu belirtilirken, Kıl-böbrek ve kıl-karaciğer örnekleri arasında önemli

derecede pozitif korelasyon olduğu gözlenmiştir ve As-diğer iç organlar arasında bir korelasyon saptanamamıştır (Pereira vd. 2006). Yine aynı çalışmada kıl örneklerinin çevresel maruziyetin etkilerini gösterebilme potansiyelinin temel olarak çalışılma amacının ise bu yöntemin non-invasive olması, örneklerin elde edilmesinin, taşınmasının ve saklanması kolay olması ile çalışılan hayvanın öldürülmesini gerektirmemesi olduğu belirtilmiştir. İran'da yapılan bir başka çalışmada bakır madenine yakın alanlardan yakalanan *Meriones persicus* örneklerinde kıl, karaciğer, kemik ve akciğer dokularında birikim yapan ağır metal ve metalloidler değerlendirilmiştir. Sonuçta Cu, As, Fe, Mn Cr ve Ni seviyeleri bu organ ve dokular arasında en yüksek kıl örneklerinde tespit edilmiştir. İran'daki bakır madenine yakın alanlardan elde edilen örneklerin kıl dokularındaki As birikim seviyelerine ait ortalamaların 4-5.9 ppm arasında değiştiği ve kirli olmadığı düşünülen kontrol alanında elde edilen örneklerde As birikim seviyelerine ait ortalama ise 2.9 ppm (w.w.) olarak belirtilmiştir (Khazaei vd. 2016). Bu doktora tezinden elde edilen sonuçlara göre As birikim seviyelerinin göreceli olarak deri-keratin ve kemik dokularında diğer organlara oranla daha yüksek çıkmış olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde Khazaei vd. (2016) tarafından bakır madeni alanından toplanan *Meriones persicus* örneklerinde yapılan bir çalışmada kıl örneklerinde tespit edilen As seviyelerinin karaciğer, kemik ve akciğer organlarında tespit edilen As seviyelerine oranla daha yüksek çıktığı belirtilmiştir. Metallerin kıl dokusunda hem eksternal hem de internal olarak birikime neden olabileceği (Chatt ve Katz 1988), belirtilirken, kanda, toprakta ve havada bulunan taşınan metallerin kıl büyümesi esnasında kıla kıl kökleri vasıtasıyla dâhil olarak bu dokuda birime neden olabildiği ayrıca ifade edilmiştir (D'Have vd. 2006). Kükürt saç dokusunda yaygın olarak dağılır ve çeşitli elementlerin emilmesi için iyi bir platform oluşturur. Memelilerde, kıl büyük oranda keratinden oluşur ve bu keratin çok miktarda çeşitli metalleri bağlayabilen sülfhidril grubu içerir. Çevrede bulunan elementler kıl dokusundaki sülfüdril (SH) gruplarındaki kükürt atomu ile ilişkilidir ve bu kısımda birikir (Chatt ve Katz 1988). Al, As, Cr, Cu ve Ni gibi elementlerin konsantrasyonları kıl gibi eksternal dokularda yüksek oranlara ulaşmaktadır (D'Havé vd. 2006). Kıl dokusu küçük kemirgen memelilerde toprak ile sürekli kontak halindedir çünkü bu canlılar toprağı habitatları olarak kullanırlar ve yiyeceklerinin hazırlanması, saklanması, yuva kazılması ve bu yuvanın kapatılması gibi yaşamsal faaliyetlerinin hepsini toprağa gerçekleştirirler (Khazaei vd. 2015). Ağır metallerle kirlenmiş tozların genelde kılda depolandığı, iç doku ve organlara oranla eksternal dokularda daha fazla olduğu yapılan pek çok çalışmada belirtilmiştir (Hariono vd. 1993; Halbrook vd. 1994; Liu 2003; Ikemoto vd. 2004, D'Havé vd. 2006; Khazaei vd. 2016). Yiyecekteki, sudaki, topraktaki ve havadaki metallerin seviyeleri gibi çevresel faktörler ve memeli türü, türün tüy döküm modelleri, yaş, cinsiyet, mevsim, fizyoloji ve sağlık durumları gibi faktörler kıl dokuda birikim gösteren ağır metalleri ve bu metallerin seviyelerini etkileyebilir (Filistowicz vd. 2012; Khazaei vd. 2015). Literatürde pek çok çalışma kirlenmiş alanlarda uzun sürelerle çeşitli ağır metallere maruz kalmanın etkilerinin izlenmesi için kıl dokusunun faydalı bir belirteç olduğunu göstermiştir (Hickey vd. 2001; Frisch ve Schwartz 2002; Beernaert vd. 2007; Filistowicz vd. 2012). Literatürdeki tüm bu çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda; bu araştırmanın sonucunda *M. guentheri*'nin kürklü deri dokusunda bulunan As birikim düzeylerinin literatürde yer alan farklı kirli alanlardan toplanan başkaca küçük memeli canlıların deri ve/veya kıl dokularında bulunan ağır metal ortalamalarına daha düşük olduğu saptanmıştır. Bunun

nedenleri olarak bölgede As konsantrasyonun bazı diğer metallere oranla daha az olabilmesi sayılabilmektedir.

5.2.1.12. Deri - keratin dokuda Cd birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Cd birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.11’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.17’de, güz mevsimi için Çizelge 4.23’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *M. guentheri* örneklerinin deri-keratin dokusunda Cd ağır metal konsantrasyonları ilkbahar, yaz ve güz mevsimleri için (kontrol ve istasyon 1-5 için) tespit edilememiştir. Kış mevsimi için ise sadece kontrol ve istasyon 4 bölgelerinden bireyler yakalandığı için sırasıyla bu istasyonlar için sırasıyla 0.0001 ve 0.01 (ppm) olarak tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında 2016 yılında gerçekleştirilen çalışmada elde edilen sonuçlara göre *M. guentheri*’ye ait deri-keratin örneklerindeki Cd birikim seviyesi $\bar{X}=0.02$ ppm (n=6) olarak saptanırken (Turna Demir vd. 2018), aynı metal için kıl dokusunda farklı küçük kemirgenler kullanılarak yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların, hem bu ön çalışmadan elde edilen sonuçtan hem de bu doktora tezi kapsamında belirlenen tüm istasyonlardan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Literatürde farklı kirlenmiş alanlardan yakalanan küçük kemirgen türlerinin kıl dokularında tespit edilen Cd birikim seviyelerinin 0.07 ppm ile 5.4 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir. Literatürde yapılan benzer çalışmalardan elde edilen Cd birikim değerleri ise şu şekildedir; Portekiz’de eski bir maden arama bölgesine yakın lokalitelerden yakalanan *Rattus rattus* ve *Mus spretus* için sırasıyla 0.23-0.40 ppm ve 0.23- 0.43 ppm (Pereira vd. 2006), Belçika’da demir ihtiva etmeyen bir eritme tesisi ve krematoryuma yakın lokalitederden toplanan *Apodemus sylvaticus* örnekleri için 0.02-0.17 ppm aralığında (Beernaert vd. 2007), Avustralya’da Kurşun/Çinko fabrikasına yakın alanlardaki *Antechinus stuartii* örnekleri için 0.13-0.40 pmm, *Rattus rattus* örnekleri için 0.02-0.62 ppm ve *Rattus norvegicus* örnekleri için 0.16-1.03 ppm aralığında (McLean vd. 2009), İtalya’da yapılan bir başka çalışmada ise *Apodemus sylvaticus* örnekleri için 0.5-1 ppm aralığında (Marcheselli vd. 2010), İran’daki bir başka çalışmada ise *Rombomys opimus* örneklerinin kıl dokularındaki Cd birikim seviyeleri çelik eritme faaliyetleri ile kirlenen alandan toplanan örneklerde 2.12 ppm, yeni yol alanında toplanan örneklerde 2.37 ppm, endüstriyel yol alanından yakalanan örneklerde 2.88 ppm olarak tespit edilmiştir ve aynı çalışmada Beheshtieh tarım arazisinden yakalanan *Rattus norvegicus* örneklerinde 2.70 ppm olarak ve Majid Abad tarım arazisinden yakalanan örneklerde ise 5.4 ppm olarak tespit edildiği saptanmıştır (Zarrintab ve Mirzaei 2017). Literatür çalışmalarının bazılarında görüldüğü üzere küçük kemirgenlerin deri-keratin doku örneklerinde çok az seviyede Cd birikimi saptanmış olmasına rağmen, kirlilik faktörlerinin ve çevrede Cd’un varlığının fazla olması nedeniyle farklı çalışmalarda Cd birikim seviyelerinin yüksek olarak saptandığı çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmada ise, genellikle örneklerin çoğunda Cd birikimi tespit edilmemiştir.

5.2.1.13. Deri - keratin dokuda Hg birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre deri-keratin doku örneklerinin hiçbirinde Hg ağır metali tespit edilememiştir.

5.2.2. Kas dokuda ağır metal birikimleri

Yapılan bu çalışma kapsamında belirlenen istasyonlardan yakalanan örneklerin kas dokularında biyobirikim gösteren Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg miktarlarının ortalamalarına ait değerler (ppm) ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.9'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15'te, güz mevsimi için Çizelge 4.21'de kış mevsimi için Çizelge 4.27'de her bir istasyon için verilmiştir. *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında mevsimsel olarak meydana gelen Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B birikim seviyelerine ait grafikler sırasıyla Şekil 4.22-4.33'de her bir istasyon için verilmiştir.

5.2.2.1. Kas dokuda Fe birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda Fe birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15'de, güz mevsimi için Çizelge 4.27'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda Fe birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki Fe birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu tespit edilmiş ve istasyon 5'ten yakalanan bireylerin kaslarındaki Fe birikim düzeyinin kontrol istasyonundan ve diğer tüm istasyonlardan daha yüksek olduğu ve bu mevsimdeki değerler 14.14 ile 34.36 ppm arasında tespit edilmiştir. Benzer şekilde yaz mevsiminde istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilen lokalitelerden yakalanan örneklerin kas dokularındaki Fe birikim seviyeleri 52.84 ile 22.8 ppm arasında saptanmıştır. Güz mevsiminde ise Fe birikim seviyeleri 30.3 ile 43.55 arasında saptanmıştır. Kış mevsiminde istasyonlardan istatistiksel analiz yapılmasına izin verecek yeterli sayıda birey toplanamaması nedeniyle, istatistiksel analiz yapılmamıştır. Fakat az sayıda da olsa yakalanan bireylerden elde edilen sonuçlar 18.48 ve 36.91 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğinde olan ve 2016 yılında gerçekleştirilen bir çalışmanın sonuçlarına göre, *M. guentheri* bireylerinin kas dokusuna ait Fe birikim seviyesine ait ortalama değer 268.58 ppm olduğu saptanmıştır (Turna Demir ve Yavuz 2017b). Benzer şekilde Türkiye Burdur'da taş ve maden ocaklarına yakın alanlardan yakalanan *M. guentheri* bireylerine ait kas doku örneklerindeki Fe birikim seviyesi 137.14 ppm olarak saptanırken, yine aynı çalışma için temiz olarak belirlenen bir alandan yakalanan örneklerde bu değer 135.38 ppm olarak saptanmıştır (Yavuz ve Aktaş 2018). Kanada'da gerçekleştirilen bir çalışmada ise petrol arama faaliyetleri ve yüzey madenciliği yapılan alanlara yakın bölgelerden yakalanan *Peromyscus maniculatus* örneklerinin kas dokularında Fe seviyesi 148.05 ppm olarak, yine aynı çalışmada *Microtus pennsylvanicus* örneklerinin kas dokularında ise bu değer 117.65 ppm olarak bulunmuştur (Rodriguez-Estival ve Smits 2016). Mısır'da kirli bir alanda yapılan bir çalışmada ise, yakalanan *Acomys cahirinus* örneklerinin kas dokularındaki Fe seviyesi 187.37 ppm olarak tespit edilmiştir (Mohallal ve Younes 2015). Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki sınırlı sayıda çalışmadan elde edilen sonuçlardan daha düşük seviyede olduğu gözlenmiştir.

5.2.2.2. Kas dokuda Al birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda Al birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15'de, güz mevsimi için Çizelge 4.27'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında Al birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki Al birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki Al birikim seviyelerine ait ortalamalar 5.25 ile 28.85 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 6.91 ile 79.21 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 7.21 ile 34.64 ppm arasında, kış mevsiminde ise 11.56 ve 11.79 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğinde olan ve 2016 yılında gerçekleştirilen bir çalışmanın sonuçlarına göre, *M. guentheri* bireylerinin kas dokusuna ait Al birikim seviyesine ait ortalama değerin 226.82 ppm olduğu saptanmıştır (Turna Demir ve Yavuz 2017b). Literatür incelemesine göre, benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar şöyledir; Kanada'da yapılan bir çalışmada kirlenmiş alanlardan yakalanan *Peromyscus maniculatus* örneklerinin kas dokularında birikim Al seviyesine ait ortalama 9.86 ppm *Microtus pennsylvanicus* örneklerine ait kas dokularında ise 7.00 ppm (Rodriguez-Estival ve Smits 2016) olarak tespit edilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise Amerika Birleşik Devletleri'deki (ABD) farklı alanlardan yakalanan *Peromyscus gossypinus* örneklerinin kas dokularındaki Al birikimi 12.02 ppm olarak saptanmıştır (Reinhart 2003). Burdur Türkiye'de yapılan ve taş ile maden ocaklarının faaliyetleri ile kirlenen alanlardan yakalanan *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında Al birikimi 72.65 ppm olarak saptanmıştır (Yavuz ve Aktaş 2018). Küçük kemirgen memelilerin kas dokularında Al birikim seviyeleri açısından bu çalışmanın sonuçları literatürdeki sınırlı sayıda çalışma ile uyumlu olduğu görülmektedir.

5.2.2.3. Kas dokuda Zn birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda Zn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15'de, güz mevsimi için Çizelge 4.27'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında Zn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki Zn birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı fakat yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki Zn birikim seviyelerine ait ortalamalar 4.36 ile 7.15 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 4.62 ile 11.73 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 7.53 ile 10.86 ppm arasında, kış mevsiminde ise 2.75 ve 5.49 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğinde olan ve 2016 yılında gerçekleştirilen bir çalışmanın sonuçlarına göre, *M. guentheri* bireylerinin kas dokusuna ait Zn birikim seviyesine ait ortalama değerin 67.60 ppm olduğu saptanmıştır (Turna Demir ve Yavuz 2017b). Literatürde farklı küçük kemirgen memeli türleri ile yapılan ve

kirlenmiş alanlardan yakalanan örneklerin kas dokularında meydana gelen Zn birikimlerinin dünya üzerinde yapılan çeşitli çalışmalarda 24.26 ile 111.12 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir bu çalışmalara ait ortalamalar ve türler ise şöyledir; *Meriones persicus* için 111.12 ppm (Okati ve Rezaee 2013), *Heliophobius argenteocinereus* için 101.23 ppm (Şumbera vd. 2003), Türkiye’de (Burdur) aktif madencilik yapılan alanlara yakın kirli bölgelerden yakalanan *M. guentheri* örneklerinde 32.31 ppm temiz bölgelerden yakalanan örneklerde ise 24.26 ppm (Yavuz ve Aktaş 2018), Kanada’da petrol arama ve madencilik faaliyetlerinin yapıldığı alanlardan yakalanan *Microtus pennsylvanicus* örneklerinde 47.82 ppm *Peromyscus gossypinus* örneklerinde 48.29 ppm (Rodriguez-Estival ve Smits 2016), İran’da yapılan bir başka çalışmada ise *Rombomys opimus* için 40.74 ppm *Rattus norvegicus* için 63.76 ppm (Zarrintab ve Mirzaei 2017), İrlanda’da aktif madenlerin yakınlarından *Clethrionomys glareolus* örnekleri yakalanarak yapılan bir çalışmada ise 46.20 ppm (Milton ve Johnson 1999), İngiltere’de terk edilmiş bir kurşun madeni alanına yakın bölgelerden yakalanan *Clethrionomys glareolus* örneklerinde ise 51.90 ppm (Milton vd. 2003), Mısır’da kirlenmiş bir bölgeden yakalanan for *Acomys cahirinus* örneklerinde ise 55.97 ppm (Mohallal ve Younes 2015) olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu doktora tez çalışmasından elde edilen sonuçlara göre, kas dokuda birikim gösteren Zn seviyelerinin literatürdeki benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlardan daha düşük olduğu saptanmıştır.

5.2.2.4. Kas dokuda Cu birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda Cu birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09’da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15’de, güz mevsimi için Çizelge 4.27’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında Cu birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki Cu birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki Cu birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.66 ile 1.25 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.94 ile 2.22 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 7.53 ile 10.86 ppm arasında, kış mevsiminde ise 2.14 ve 1.55 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğinde olan ve 2016 yılında gerçekleştirilen bir çalışmanın sonuçlarına göre, *M. guentheri* bireylerinin kas dokusuna ait Cu birikim seviyesine ait ortalama değerin 8.56 ppm olduğu saptanmıştır (Turna Demir ve Yavuz 2017b). Dünya üzerinde yapılan benzer çalışmalardan elde edilen veriler ise, İran’da yapılan bir çalışmada kirli alanlardan yakalanan *Rombomys opimus* örnekleri için 6.02 ppm ve *Rattus norvegicus* örnekleri ise 7.57 ppm (Zarrintab ve Mirzaei 2017), Kanada’da yapılan bir çalışmada *Microtus pennsylvanicus* için 7.99 ppm *Peromyscus maniculatus* için 9.66 ppm (Rodriguez-Estival ve Smits 2016), Malawi’de yapılan bir çalışmada ise *Heliophobius argenteocinereus* için 8.80 ppm (Şumbera vd. 2003), Mısır’da yapılan bir başka çalışmada *Acomys cahirinus* için 9.56 ppm (Mohallal ve Younes 2015), ABD’de yapılan bir çalışmada *Peromyscus gossypinus* için 4.25 ppm (Reinhart 2003), Türkiye’de (Burdur) yapılan bir çalışmada *M. guentheri* için kirli alandan yakalanan örnekler için 2.13 ppm temiz bölgeden yakalanan örnekler için ise 1.92 ppm (Yavuz ve

Aktaş 2018) olarak tespit edilmiştir. Tüm bu örnek çalışmalardan farklı olarak, İran’da yapılan bir çalışmada ise kirlenmiş alanlardan yakalanan *Meriones persicus* örneklerinin kas dokularında birikim gösteren Cu birikim seviyelerine ait ortalama 32.40 ppm olarak saptanmıştır (Okati ve Rezaee 2013). Tüm bu kas dokuların Cu birikim seviyelerine ait farklılıkların altında ise, kirlilik etmenlerine ait karakteristik özelliklerin birbirinden farklı olması ve belirteç kemirgen memeli türlerinin birbirinden farklı olması sayılabilmektedir. Ayrıca bu çalışmada güz mevsiminde kontrol dâhil olmak üzere tüm istasyonlardan yakalanan örneklerin kas dokularındaki Cu birikim düzeyleri yaz ve ilkbahar mevsimlerinde aynı istasyonlardan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin ise, örneklem alanlarımız olan istasyonlara yakın bölgelerde bulunan taş ve maden ocaklarının faaliyetlerinin özellikle güz mevsiminde ivme kazanması olabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, bu doktora tez çalışmasından elde edilen sonuçlara göre, kas dokuda birikim gösteren Cu seviyelerinin literatürdeki benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlardan daha düşük olduğu saptanmıştır.

5.2.2.5. Kas dokuda B birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09’da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15’de, güz mevsimi için Çizelge 4.27’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki B birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki B birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.49 ile 2.72 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.22 ile 9.72 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.35 ile 3.02 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.98 ve 0.91 ppm olarak tespit edilmiştir. Literatürde Dünya’da farklı alanlarda bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde ise Burdur’da yapılan çalışma dışında (Yavuz ve Aktaş 2018), çeşitli kirli bölgelerde yaşayan ve yakalanan küçük kemirgen memeli canlıların kas dokularındaki B birikiminin saptandığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürdeki ilgili tek çalışma olan ve Türkiye’de (Burdur) aktif madencilik yapılan alanlara yakın kirli bölgelerden yakalanan *M. guentheri* örneklerinde 0.18 ppm temiz bölgelerden yakalanan örneklerde ise 0.15 ppm olarak tespit edilmiştir (Yavuz ve Aktaş 2018). Bu doktora tez çalışmasının sonuçları ise, literatürde Yavuz ve Aktaş (2018)’ın yapmış olduğu çalışma ile uyumlu olup, bazı bölgelerden yakalanan örneklerdeki B birikiminin çok daha fazla olduğu bu nedenle bu bölgelerdeki kirliliğin oldukça yüksek olması nedeniyle bu sonuçlara ulaşıldığı düşünülmektedir.

5.2.2.6. Kas dokuda Mn birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda Mn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09’da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15’de, güz mevsimi için Çizelge 4.27’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında Mn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen

istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki Mn birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki Mn birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.44 ile 0.97 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.46 ile 1.69 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.49 ile 0.77 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.23 ve 0.7 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmalarından elde edilen sonuçlara *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında birikim gösteren Mn konsantrasyonlarına ait ortalama 5.97 ppm olarak saptanırken (Turna Demir ve Yavuz 2017b), aynı küçük kemiren türüyle Burdur'da yapılan çalışmada kirli alandan yakalanan örneklerde 3.19 ppm, temiz alanlardan yakalananlarda ise bu değer 1.21 ppm olarak saptanmıştır (Yavuz ve Aktaş 2018). Benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise şöyledir; *Peromyscus maniculatus* için 1.23 ppm, *Microtus pennsylvanicus* 1.26 ppm (Rodriguez-Estival ve Smits 2016), *Acomys cahirinus* için 2.05 ppm (Mohallal ve Younes 2015), *Peromyscus gossypinus* için 0.97 ppm olarak saptanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki diğer çalışmalar ile uyum gösterdiği saptanmıştır.

5.2.2.7. Kas dokuda Cr birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda Cr birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15'de, güz mevsimi için Çizelge 4.27'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında Cr birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki Cr birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki Cr birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.29 ile 0.55 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.3 ile 0.64 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.63 ile 0.98 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.23 ve 0.33 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezi kapsamında yapılan bir ön çalışmadan elde edilen sonuçlara göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında meydana gelen Cr birikim seviyesine ait ortalama 7.19 ppm olarak saptanırken (Turna Demir ve Yavuz 2017b), literatürde benzer şekilde küçük kemirgen memeli türleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, Kanada'da bir madencilik ve petrol faaliyetlerinin yapıldığı alana yakın bölgelerden yakalanan *Peromyscus maniculatus* örneklerinin kas dokularında Cr birikim seviyesi 0.61 ppm, *Microtus pennsylvanicus* için ise 0.34 ppm olarak bulunurken (Rodriguez-Estival ve Smits 2016), bir başka çalışmada ise Amerika'da kirli bir bölgeden yakalanan *Peromyscus gossypinus* örneklerinde 0.50 ppm (Reinhart 2003), Türkiye Burdur'da aktif taş ve maden ocaklarının bulunduğu bölgelere yakın alanlardan yakalanan *Microtus guentheri* örneklerinde ise bu değer 0.56 ppm bulunurken aynı çalışmada temiz olduğu düşünülen lokaliteden yakalanan bireylerde bu değer 0.55 ppm olarak tespit edilmiştir (Yavuz ve Aktaş 2018). Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalar ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

5.2.2.8. Kas dokuda Ni birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda Ni birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15'de, güz mevsimi için Çizelge 4.27'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında Ni birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki Ni birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olmadığı fakat yaz mevsiminde fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki Ni birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.18 ile 0.37 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde TE ile 0.24 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.12 ile 0.28 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.06 ve 0.13 ppm olarak tespit edilmiştir. Farklı kirlilik etmenleri nedeniyle kirlenmiş alanlardan yakalanan küçük kemirgen memeli türlerine ait kas dokularında meydana gelen Ni birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.22 - 28.60 ppm arasında değişiklik göstermektedir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) kas dokularındaki Ni birikim seviyelerine ait ortalamaları 1.27 ppm bulunurken (Turna Demir ve Yavuz 2017b) yine aynı belirteç türle ile Türkiye Burdur'da yapılan çalışmada temiz lokalitede bu ortalama değeri 1.11 ppm olarak, maden alanlarına yakın olan kirli alanlarda ise 1.21 ppm olarak saptanmıştır (Yavuz ve Aktaş 2018). Dünya üzerinde yapılan diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise, ABD'deki kirli alanlardan toplanan *Peromyscus gossypinus* örneklerine ait kas dokusu için 0.22 ppm (Reinhart 2003), İran'daki kirli alanlardan yakalanan *Rattus norvegicus* örnekleri için 0.48 ppm ve *Rombomys opimus* için 0.78 ppm (Zarrintab ve Mirzaei 2017), *Peromyscus maniculatus* için 7.95 ppm ve *Microtus pennsylvanicus* için 10.62 ppm (Rodriguez-Estival ve Smits 2016), *Acomys cahirinus* için 9.56 ppm (Mohallal ve Younes, 2015), İran'da bir diğer çalışmada yakalan *Meriones persicus* için 28.60 ppm (Okati ve Rezaee. 2013) olarak saptanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularındaki Ni birikim seviyeleri bazı literatür verileri ile uyum gösterirken, bir çoğundan elde edilen seviyelerden daha düşük olarak tespit edilmiştir.

5.2.2.9. Kas dokuda Co birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda Co birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15'de, güz mevsimi için Çizelge 4.27'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında Co birikim konsantrasyonlarının ortalamaları yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki Co birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olmadığı fakat ilkbahar mevsiminde fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki Co birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.01 ile 0.05 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.02 ile 0.04 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.02 ile 0.03 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.01 ve 0.03 ppm olarak

tespit edilmiştir. Bu doktora tezi kapsamında yapılan bir ön çalışmadan elde edilen sonuçlara göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında meydana gelen Co birikim seviyesine ait ortalama 0.21 ppm olarak saptanırken (Turna Demir ve Yavuz 2017b), literatürde bu çalışmaya benzer şekilde küçük kemirgen memeli türleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, Kanada’da bir madencilik ve petrol faaliyetlerinin yapıldığı alana yakın bölgelerden yakalanan *Peromyscus maniculatus* örneklerinin kas dokularında Co birikim seviyesi 4.07 ppm, *Microtus pennsylvanicus* için ise 2.28 ppm olarak bulunurken (Rodriguez-Estival ve Smits 2016), Türkiye Burdur’da aktif taş ve maden ocaklarının bulunduğu bölgelere yakın alanlardan yakalanan *Microtus guentheri* örneklerinde ise bu değer 0.21 ppm bulunurken aynı çalışmada temiz olduğu düşünülen lokaliteden yakalanan bireylerde bu değer 0.11 ppm olarak tespit edilmiştir (Yavuz ve Aktaş 2018). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, örneklerin kas dokularındaki Co birikim seviyelerine ait ortalama değerler, literatürdeki örneklere ait kas dokularda birikim gösteren Co seviyelerine ait ortalamalardan daha düşüktür.

5.2.2.10. Kas dokuda As birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09’da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15’de, güz mevsimi için Çizelge 4.27’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki As birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu fakat yaz mevsiminde fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki As birikim seviyelerine ait ortalamalar 0 ile 0.02 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.01 ile 0.03 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.01 ile 0.05 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.01 ve 0.01 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) kas dokularındaki As birikim seviyelerine ait ortalamaları 0.23 ppm bulunurken (Turna Demir ve Yavuz 2017b) yine aynı belirteç tür olan *M. guentheri* ile Burdur’da (Türkiye) yapılan bir çalışmada, temiz lokaliteden yakalanan örneklerin kas dokularında As birikim seviyelerine ait ortalama 0.13 ppm bulunurken, aynı çalışmada maden ocaklarının faaliyetleri nedeniyle kirlenen alanlardan yakalanan örneklere ait ortama 0.12 ppm (Yavuz ve Aktaş 2018) olarak saptanmıştır. İngiltere’de terk edilmiş bir maden alanına yakın bölgelerde yapılan bir çalışmada ise *Apodemus sylvaticus* örneklerinin kas dokularındaki As birikimi ortalaması 0.75 ppm olarak *Clethrionomys glareolus* için ise bu değer 0.72 ppm olduğu tespit edilmiştir (Erry vd. 2005). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, örneklerin kas dokularındaki As birikim seviyelerine ait ortalama değerler, literatürdeki örneklere ait kas dokularda birikim gösteren As seviyelerine ait ortalamalardan daha düşüktür.

5.2.2.11. Kas dokuda Pb birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda Pb birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15'de, güz mevsimi için Çizelge 4.27'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında Pb birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve yaz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kaslarındaki Pb birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olmadığı fakat güz mevsiminde fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki Pb birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.01 ile 0.03 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.01 ile 0.06 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0 ile 0.03 ppm arasında, kış mevsiminde ise TE ve 0.001 ppm olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar doğrultusunda elde edilen bilgilere göre, kirli bölgelerde doğal yayılım gösteren küçük kemirgen türlerinin kas dokularında meydana gelen Pb birikimleri *M. guentheri* için bu doktora tezinin ön çalışmaları için 0.36 ppm (Turna Demir ve Yavuz 2017b), *Peromyscus gossypinus* için 0.13 ppm, *Heliophobius argenteocineres* için 0.25 ppm (Şumbera vd. 2003), bir başka çalışmada *M. guentheri* için ^{206}Pb için 0.38 ppm and ^{208}Pb için 0.28 ppm (Yavuz ve Aktaş 2018), *Rombomys opimus* için 2.14 ppm, *Rattus norvegicus* için 2.51 ppm, *Clethrionomys glareolus* için 3.60 ppm, *Acomys cahirinus* için 7.17 ppm, *Peromyscus maniculatus* için 32.63 ppm ve *Microtus pennsylvanicus* için 44.95 ppm olarak tespit edilmiştir (Milton vd. 2003; Mohallal ve Younes 2015; Rodriguez-Estival ve Smits 2016; Zarrintab ve Mirzaei 2017). Elde edilen sonuçların, literatürde yapılan çeşitli belirteç küçük kemirgenlerin kas dokularındaki Pb birikimi ile ilgili çalışmalardan elde edilen sonuçlara kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır.

5.2.2.12. Kas dokuda Cd birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.09'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.15'de, güz mevsimi için Çizelge 4.27'de verilmiştir. Sonuçlara göre, ilkbahar ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kas dokularındaki Cd birikimi tespit edilememiştir. Yaz mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki Cd birikim seviyeleri şöyledir; sadece istasyon 1'de 0.01 olarak tespit edilmiştir ve diğer istasyonlarda TE'dir. Kış mevsiminde istasyonlardan istatistiksel analiz yapılmasına izin verecek yeterli sayıda birey toplanamaması nedeniyle, istatistiksel analiz yapılmamıştır. Fakat az sayıda da olsa yakalanan bireylerden elde edilen sonuçlar kontrol=TE (n=1), istasyon 4=0.001 (n=4) ppm olarak bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, örneklerin kas dokularındaki Cd birikim seviyelerine ait ortalama değerler, literatürdeki örneklere ait kas dokularda birikim gösteren Cd seviyelerine ait ortalamalardan daha düşüktür. Bu doktora tezi kapsamında kirlenmiş bölgelerde yaşayan küçük kemirgen memelilerin kas dokularında birikim gösteren Cd ağır metalinin seviyeleri ise yapılan ön çalışmaları için $\bar{X}=0.001\pm0.0008$ ppm bulunurken (Turna Demir ve Yavuz 2017b), Burdur'da aktif maden alanlarına yakın yakalanan *Microtus guentheri* örnekleri için bu değer 0.69 ppm, temiz

alandakilerde ise 0.48 ppm olarak (Yavuz ve Aktaş 2018), İran’da yapılan bir çalışmada yakalanan *Rombomys opimus* örnekleri için 0.47 ppm (Zarrintab ve Mirzaei 2017), Finlandiya’da kül taşıyan bölgelerden yakalanan *Sorex araneus* örnekleri için 0.41 ppm, *Clethrionomys glareolus* örnekleri için 0.13 ppm (Lodén vd. 2002), Malawi’de çeşitli bölgelerden yakalanan *Heliophobius argenteocinereus* örnekleri için 0.07 ppm (Šumbera vd. 2003), ABD’de yapılan bir çalışmada kirli alanlardan yakalanan *Peromyscus gossypinus* örnekleri için 0.04 ppm, İrlanda’da aktif madencilik faaliyetlerinin yapıldığı alanlara yakın bölgelerden yakalanan *Clethrionomys glareolus* örnekleri için 0.03 ppm (Milton ve Johnson 1999) olarak tespit edilmiştir.

5.2.2.13. Kas dokuda Hg birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre kas doku örneklerinin hiçbirinde Hg ağır metali tespit edilememiştir.

5.2.3. Böbrek organında ağır metal birikimleri

Yapılan bu çalışma kapsamında belirlenen istasyonlardan yakalanan örneklerin böbrek organlarında biyobirikim gösteren Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg miktarlarının ortalamalarına ait değerler (ppm) ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10’da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16’da, güz mevsimi için Çizelge 4.22’de kış mevsimi için Çizelge 4.28’de her bir istasyon için verilmiştir. *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarında mevsimsel olarak meydana gelen Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B birikim seviyelerine ait grafikler sırasıyla Şekil 4.34-4.45’de her bir istasyon için verilmiştir. Böbrek dokusu Cd metalinin birikim yaptığı hedef organ olarak karşımıza çıkmaktadır (Prozialeck vd. 2009). Literatürde Cd ve Pb ağır metal ve metalloidlerinin biyobirikiminin böbrek ve karaciğer organlarında meydana geldiğini gösteren küçük kemirgen memelilerle yapılan pek çok çalışma mevcuttur (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta, 2003; Martiniková vd. 2010; Milton vd. 2003; Mohallal ve Younes 2015; Okati ve Rezaee 2013; Pereira vd. 2006; Torres vd. 2006; Sánchez-Chardi ve Nadal 2007; Sánchez-Chardi vd. 2007c; Swiergosz-Kowalewska vd. 2005; Zarrintab ve Mirzaei 2017).

5.2.3.1. Böbrek organında Fe birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki Fe birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10’da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16’da, güz mevsimi için Çizelge 4.22’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Fe birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki Fe birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu fakat yaz ve güz mevsimlerinde fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Fe birikim seviyelerine ait ortalamalar 31.3 ile 66.35 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 67 ile 111.29 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 82.22 ile 138.38 ppm arasında, kış mevsiminde ise 70.28 ve 59.72 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezi kapsamında gerçekleştirilen ön çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* bireylerinin böbrek organında

birikim gösteren Fe ağır metaline ait değerlerin ortalaması 579.92 ppm olarak tespit edilmiştir (Turna Demir ve Yavuz 2017a). Literatürde yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre kirli bölgelerden yakalanan küçük kemirgen memeli türlerinin böbrek organında birikim göster Fe değerine ait ortalamalar şöyledir; Polonya’da çelik ve çinko eritme fabrikasına yakın bölgelerden yakalanan *Apodemus flavicollis* örneklerinin böbrek organındaki Fe birikim değerleri Warsaw, Krakow, Bukowno ve Miasteczko alanlarında sırasıyla 275.7 ppm, 362.3 ppm, 110.2 ppm ve 382.8 ppm olarak (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), Slovakya’da kirli bir alandan yakalanan *Apodemus flavicollis* örnekleri için 506.90 ppm ve *Myodes glareolus* örnekleri için 394.73 ppm olarak (Martiniková vd. 2010), otomobil, kömür, demir, çinko ve çimento fabrikalarının faaliyetleri ile kirlenen alanlardan yakalanan *Acomys cahirinus* örneklerinde 527.4 ppm olarak (Mohallal ve Younes 2015), bir başka çalışmada *Apodemus sylvaticus* için 589.11 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), başka bir çalışmada ise *Crocidura russula* örnekleri için 775 ppm olarak (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, tıpkı Cu’dan elde edilen sonuçlarda olduğu gibi Fe için de güz mevsiminde tüm istasyonlardan yakalanan örneklerin böbreklerindeki Fe birikim düzeyleri yaz (yaz ayına ait istasyon 3 hariç) ve ilkbahar mevsimlerinde aynı istasyonlardan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin ise, daha önce bahsedilen örneklem alanlarımız olan istasyonlara yakın bölgelerde bulunan taş ve maden ocaklarının faaliyetlerinin güz mevsiminde artması olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca elde edilen sonuçların literatürdeki benzer çalışmalardan daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir.

5.2.3.2. Böbrek organında Zn birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki Zn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10’da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16’da, güz mevsimi için Çizelge 4.22’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Zn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki Zn birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Zn birikim seviyelerine ait ortalamalar 3.87 ile 9.55 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 5.89 ile 23.06 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 11.3 ile 17.6 ppm arasında, kış mevsiminde ise 14.22 ve 5.73 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezi kapsamında gerçekleştirilen ön çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* bireylerinin böbrek organında birikim gösteren Zn ağır metaline ait değerlerin ortalaması 101.41 ppm olarak tespit edilmiştir (Turna Demir ve Yavuz 2017a). Literatüre bakıldığında, memeli canlıların karaciğer ve böbrek organları için kritik Zn konsantrasyonlarının sırasıyla 274 ve 465 ppm olarak belirtilmiştir (Swiergosz-Kowalewska vd. 2005). Literatürde farklı küçük kemirgen memeli canlılar ile yapılan toksikolojik çalışmalarda, böbrek organında meydana gelen Zn birikim seviyesi değerleri 57.61 ppm ile 401 ppm arasında değişiklik göstermektedir. Literatürde yapılan ve böbrek organlarında birikim gösteren Zn seviyelerine ait bu çalışmalardan elde edilen değerler şöyledir; İran’da yapılan bir çalışmada *Rombomys opimus* örneklerinde birikim gösteren Zn seviyeleri 57.51 ppm (yeni yol alanından yakalanan örneklerde),

61.22 ppm (endüstriyel yol alanından yakalanan örnekler), 65.29 ppm (çinko eritme fabrikası alanından yakalanan) olarak bulunurken, yine aynı çalışmada Beheshtieh tarım alanından yakalanan *Rattus norvegicus* örneklerinde 75.38 ppm ve Majid Abad tarım arazisinden toplanan aynı tür küçük kemirgenlerde 113.14 ppm olarak tespit edilmiştir (Zarrintab ve Mirzaei 2017), İngiltere’de yapılan bir başka çalışmada eski bir kurşun madeni alanına yakın bölgelerden yakalanan *Clethrionomys glareolus* örneklerinde 72 ppm (Milton vd. 2003), Polonya’da yapılan bir çalışmada ise çinko ve çelik eritme fabrikasına yakın alanlar olan Warsaw, Krakow, Bukowno ve Miasteczko bölgelerinden yakalanan *Apodemus flavicollis* örneklerinde sırasıyla 81.5 ppm, 72.6 ppm, 73.3 ppm ve 89.6 ppm olarak (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), Slovakya’da kirli bir alanda yapılan bir çalışmada yakalanan *Apodemus flavicollis* örnekleri için 81.64 ppm ve *Myodes glareolus* örnekleri için 80.28 ppm olarak (Martiniková vd. 2010), otomobil, kömür, demir, çinko ve çimento fabrikalarının faaliyetleri ile kirlenen alanlardan yakalanan *Acomys cahirinus* örnekleri için 226.4 ppm (Mohallal ve Younes, 2015), *Apodemus sylvaticus* için 35.88 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), *Crocidura russula* için 194.65 ppm (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), kalsiyum florit atıkları ile kirlenen alanlardan yakalanan *Microtus agrestis* örnekleri için 84 ppm, *Sorex araneus* örnekleri için 152 ppm ve 401 ppm from *Apodemus sylvaticus* için 401 ppm (Cooke vd. 1990), tarımsal faaliyetler nedeniyle kirlenen bir alandan yakalanan *Meriones persicus* örnekleri için 62.97 ppm (Okati ve Rezaee 2013). Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki benzer çalışmalardan daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir.

5.2.3.3. Böbrek organında Al birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki Al birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10’da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16’da, güz mevsimi için Çizelge 4.22’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Al birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki Al birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Al birikim seviyelerine ait ortalamalar 3.15 ile 8.78 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 2.79 ile 66.91 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 8.13 ile 57.97 ppm arasında, kış mevsiminde ise 2.5 ve 28.24 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezi kapsamında gerçekleştirilen ön çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* bireylerinin böbrek organındaki Al birikim seviyesi 247.93 ppm olarak tespit edilmiştir (Turna Demir ve Yavuz 2017a). Literatürde farklı nedenler ile kirlenen alanlarda doğal yaşayan küçük kemirgenlerin böbreklerindeki Al birikim seviyelerine ait çalışmalar mevcut değildir. Bu nedenle, bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

5.2.3.4. Böbrek organında Cu birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki Cu birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10’da,

yaz mevsimi için Çizelge 4.16'da, güz mevsimi için Çizelge 4.22'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Cu birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve yaz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki Cu birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu, güz mevsiminde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Cu birikim seviyelerine ait ortalamalar 1.62 ile 2.65 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 2.79 ile 66.91 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 2.88 ile 4.49 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.14 ve 1.78 ppm olarak tespit edilmiştir. Literatürde Cu ağır metalinin böbrek organında birikim seviyelerinin araştırıldığı çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, çeşitli kirli bölgelerden yakalanan küçük kemirgen memelilerin böbrek organında biyobirikim gösteren Cu seviyeleri, bu doktora tezine ait ön çalışmalarda *M. guentheri* örnekleri için 22.24 ppm (Turna Demir ve Yavuz 2017a), Slovakya'da yapılan bir çalışmada *Apodemus flavicollis* örnekleri için 5.38 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 3.05 ppm (Martiniková vd. 2010), İran'da yapılan bir çalışmada *Rombomys opimus* örnekleri için 14.03 ppm (yeni yol alanı), 14.57 ppm (endüstriyel yol alanı), 16.6 ppm (çelik fabrikası alanı) olarak tespit edilirken yine aynı çalışmada *Rattus norvegicus* için 19.67 ppm (Beheshtieh tarım alanında), 16.35 ppm (Majid Abad tarım alanında) (Zarrintab ve Mirzaei 2017), Portekiz'de terk edilmiş bir maden alanında yapılan bir başka çalışmada *Rattus rattus L.* örnekleri için 22.104 ppm ve *Mus spretus* örnekleri için 47.781 ppm (Pereira vd. 2006), *Apodemus sylvaticus* örnekleri için 23.45 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), *Crocidura russula* örnekleri için 49.47 ppm (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), *Acomys cahirinus* örnekleri için 35 ppm (Mohallal ve Younes 2015), tarımsal aktiviteler nedeniyle kirlenen bir alandan yakalanan *Meriones persicus* örnekleri için 155.113 ppm (Okati ve Rezaee 2013) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, ayrıca güz mevsiminde kontrol dâhil olmak üzere tüm istasyonlardan yakalanan örneklerin böbrekteki Cu birikim düzeyleri yaz ve ilkbahar mevsimlerinde aynı istasyonlardan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin ise, daha önce belirtildiği üzere örneklem alanlarımız olan istasyonlara yakın bölgelerde bulunan taş ve maden ocaklarının faaliyetlerinin özellikle güz mevsiminde ivme kazanması olabileceği düşünülmektedir.

5.2.3.5. Böbrek organında Mn birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki Mn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16'da, güz mevsimi için Çizelge 4.22'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Mn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki Mn birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu, yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde istasyon 3'ten yakalanan bireylerin böbrek örneklerindeki Mn birikim seviyesinin kontrol istasyonundan ve diğer tüm istasyonlardan daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Mn birikim

seviyelerine ait ortalamalar 0.71 ile 2.77 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 1.06 ile 2.33 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 1.39 ile 2.25 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.23 ve 0.96 ppm olarak tespit edilmiştir. Küçük kemirgen memeliler ile yapılan ekotoksikoloji çalışmalarında böbrek dokusunda Mn birikim seviyeleri açısından elde edilen sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu doktora tezine ait ön çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* örneklerindeki Mn birikim seviyesi $\bar{X}$ =12.16 ppm (Turna Demir ve Yavuz 2017a) olarak tespit edilirken, literatürdeki çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise şöyledir; *Apodemus sylvaticus* için $\bar{X}$ =6.59 ppm, *Crocidura russula* için $\bar{X}$ =16.44 ppm olarak saptanmıştır (Sánchez-Chardi vd. 2007c; Sánchez-Chardi ve Nadal 2007). Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçların sınırlı sayıda literatür çalışmasına ait sonuçlar ile uyumlu olmasının yanı sıra birikim seviyelerine ait sonuçlar literatürdeki çalışmalara ait sonuçlardan daha düşük seviyelerdedir.

5.2.3.6. Böbrek organında B birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16'da, güz mevsimi için Çizelge 4.22'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve yaz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki B birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu, güz mevsiminde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki B birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.29 ile 0.91 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.24 ile 1.88 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.81 ile 9.87 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.24 ve 3.06 ppm olarak tespit edilmiştir. Tıpkı Cu, Fe ve Co'nun böbrekteki birikimi bakımından elde edilen sonuçlarda olduğu gibi B'un böbrekteki birikimi bakımından elde edilen sonuçlara göre de, güz mevsiminde tüm istasyonlardan yakalanan örneklerin böbreklerindeki Co birikim düzeylerinin yaz (kontrol istasyonu hariç) mevsimlerinde aynı istasyonlardan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıktığı saptanmıştır. Literatürde çeşitli faktörler ile kirlenmiş alanlarda doğal yaşayan küçük kemirgen memeli canlıların böbrek organında meydana gelen B birikim seviyeleri ile ilgili çalışmalar mevcut değildir.

5.2.3.7. Böbrek organında Cr birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki Cr birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16'da, güz mevsimi için Çizelge 4.22'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Cr birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki Cr birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu, yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde

yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Cr birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.2 ile 0.52 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.28 ile 1.28 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.54 ile 1.17 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.09 ve 0.3 ppm olarak tespit edilmiştir. Literatürde Cr birikim seviyeleri açısından elde edilen sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu doktora tezinin ön çalışmalarından elde edilen sonuçlar *M. guentheri* örneklerinin böbrek organında meydana gelen Cr birikim seviyelerine ait ortalama 8.61 ppm olarak (Turna Demir ve Yavuz 2017a) saptanırken, literatürdeki farklı çalışmalarda *Rattus rattus L.* için 0.072 ppm, *Mus spretus* için 0.985 ppm (Pereira vd. 2006), *Apodemus sylvaticus* için 3.61 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), *Crocidura russula* için 5.40 ppm (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007) bulunurken, Japonya’da yapılan bir çalışmada ise, küçük fabrika alanlarına yakın bölgelerde yaşayan küçük kemirgen memelilerin böbrek organlarında 29.72 ppm, 45.06 ppm, 38.04 ppm, 36.24 ppm olarak bulunurken, yine aynı çalışmada yerleşim alanına yakın bölgelerde yaşayan örnekler için 33.74 ppm, demir yoluna yakın yaşam alanından yakalanan örnekler için ise 31.33 ppm olarak tespit edilmiştir (Minami vd. 2008). Böbrek örneklerindeki Cr birikimi açısından yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmalara ait sonuçlardan daha düşük seviyelerdedir.

5.2.3.8. Böbrek organında Ni birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki Ni birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10’da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16’da, güz mevsimi için Çizelge 4.22’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Ni birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki Ni birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu, yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Ni birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.09 ile 0.44. ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde TE ile 0.54 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.19 ile 0.39 ppm arasında, kış mevsiminde ise 1.14 ve 0.23 ppm olarak tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde en yüksek değerin istasyon 5’te olduğu saptanmıştır. Ni ağır metali için dünyada yapılan benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ışığında, çeşitli nedenler ile kirlenmiş alanlarda doğal yayılım gösteren küçük kemirgen memeli canlıların böbrek dokularında birikim gösteren Ni seviyeleri 0.065 ile 136.96 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu çalışmalar ise şöyledir, bu doktora tezinin ön çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre Ni birikim seviyesi *M. guentheri* için 1.19 ppm (Turna Demir ve Yavuz 2017a), Portekiz’de gerçekleştirilen bir çalışmada *Rattus rattus L.* için 0.065 ppm, *Mus spretus* için 2.175 ppm (Pereira vd. 2006), İran’da yapılan bir çalışmada yeni yol alanından yakalanan *Rombomys opimus* için 0.44 ppm, endüstriyel yol alanından yakalananlar için 0.48 ppm, çelik eritme fabrikası alanından yakalananlar için 0.41 ppm olarak, Beheshtieh tarım alanından yakalanan *Rattus norvegicus* örnekleri için 1.10 ppm, Majid Abad tarım alanından yakalananlar için 1.61 ppm olarak tespit edilirken (Zarrintab ve Mirzaei 2017), çeşitli endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenen alanlardan yakalanan *Acomys cahirinus* örnekleri için 12.3 ppm olarak (Mohallal ve Younes 2015), tarımsal faaliyetler nedeni ile kirlenen bir alandan yakalanan *Meriones persicus* örnekleri için 136.96 ppm olarak

tespit edilmiştir (Okati ve Rezaee 2013). Böbrek örneklerindeki Ni birikimi açısından yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmalara ait sonuçla ile uyumludur.

5.2.3.9. Böbrek organında Co birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki Co birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16'da, güz mevsimi için Çizelge 4.22'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Co birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki Co birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir olduğu, yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Co birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.03 ile 0.1 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.05 ile 0.1 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.08 ile 0.13 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.04 ve 0.07 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) böbrek organlarındaki Co birikim seviyelerine ait ortalamaları 0.55 ppm bulunmuştur (Turna Demir ve Yavuz 2017a). Literatürde çeşitli faktörler ile kirlenmiş alanlarda doğal yaşayan küçük kemirgen memeli canlıların böbrek organında meydana gelen Co birikim seviyeleri ile ilgili çalışmalar bulunmamaktadır.

5.2.3.10. Böbrek organında As birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16'da, güz mevsimi için Çizelge 4.22'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki As birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki As birikim seviyelerine ait ortalamalar TE ile 0.03 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.02 ile 0.07 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.02 ile 0.05 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.02 ppm olarak tespit edilmiştir. Kirli bölgelerde yaşayan yabani küçük kemirgenlerin As metalloidinin böbrek organında birikim seviyelerinin tespitine yönelik çalışmalara göre elde edilen sonuçlara bakıldığında; Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (N=6) böbrek organlarındaki As birikim seviyelerine ait ortalamaları 0.29 ppm bulunurken (Turna Demir ve Yavuz 2017a), İngiltere'de Arsenik rafinerisine yakın alandan yakalanan *Clethrionomys glareolus* örneklerinde 2 ppm, *Microtus agrestis* örneklerinde 1.3 ppm, *Apodemus sylvaticus* örneklerinde 4.4 ppm, *Sorex araneus* örneklerinde 6.2 ppm (İsmail ve Roberts 1992), Portekiz'de terk edilmiş bir maden alanından yakalanan *Rattus rattus* L. örneklerinde

2.20 ppm ve *Mus spretus* örneklerinde 3.89 ppm (Pereira vd. 2006) olarak saptanmıştır. Böbrek örneklerindeki As birikimi açısından yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmalara ait sonuçlardan daha düşük seviyelerdedir

5.2.3.11. Böbrek organında Cd birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki Cd birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16'da, güz mevsimi için Çizelge 4.22'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Cd birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki Cd birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Cd birikim seviyelerine ait ortalamalar TE ile 0.05 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde TE ile 0.03 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.03 ile 0.06 ppm arasında, kış mevsiminde ise TE ve 0.01 ppm olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde literatürde küçük kemirgen memeli canlılarla gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen verilere göre, kirli bölgelerde yaşayan ve bu bölgelerden yakalanan örneklerin böbrek organında birikim gösteren Cd birikim seviyeleri 0.071 ile 25.59 ppm arasında bulunduğu gözlenirken, bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar şu şekildedir; Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) böbrek organlarındaki Cd birikim seviyelerine ait ortalamaları 0.22 ppm bulunurken (Turna Demir ve Yavuz 2017a), Slovakya'da yapılan bir çalışmada kirli bir bölgeden elde edilen *Apodemus flavicollis* örnekleri için 0.071 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 0.075 ppm (Martiniková vd. 2010), küçük bir fabrika yakınlarında olduğu saptanan dört farklı lokaliteden yakalanan örneklerde 0.10 ppm, 0.89 ppm, 0.89 ppm, 0.70 ppm olarak saptanırken yine aynı çalışmada yerleşim alanından yakalanan örnekler için 0.74 ppm ve tren istasyonuna yakın yerleşim alanından yakalanan örnekler için 0.71 ppm (Minami vd. 2008), Portekiz'de eski bir maden alanında yakın bölgeden elde edilen *Rattus rattus* L. örnekleri için 1.28 ppm ve *Mus spretus* örnekleri için 1.12 ppm (Pereira vd. 2006), bir başka çalışmada elde edilen *Apodemus sylvaticus* örnekleri için 1.44 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), başka bir çalışmada kirli bir alandan yakalanan *Crocidura russula* örnekleri için 25.59 ppm (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), İngiltere'de eski bir kurşun madeni alanına yakın bölgede yakalanan *Clethrionomys glareolus* örnekleri için 1.9 ppm (Milton vd. 2003), kirli bir başka alandan yakalanan *Apodemus sylvaticus* örnekleri için 1.78 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 5.27 ppm, *Sorex araneus* örnekleri için 149 ppm (Cooke vd. 1990), Polonya'da çelik ve çinko eritme tesislerine yakın olarak belirlenen dört farklı istasyondan yakalanan *Apodemus flavicollis* örneklerinde 1.19 ppm, 1.16 ppm, 23.58 ppm, 6.59 ppm olarak (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta, 2003), yapılan bir başka çalışmada tarımsal alanlardan yakalanan *Rattus norvegicus* örnekleri için 5.33 ppm ve 10.49 ppm olarak, yeni yol alanında yakalanan *Rombomys opimus* örnekleri için 1.16 ppm, endüstriyel yol alanından yakalananlar için 1.52 ppm ve çelik maden alanına yakın bölgeden yakalananlar da ise 3.43 ppm olarak tespit edilmiştir (Zarrintab ve Mirzaei 2017). Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalara ait sonuçlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

5.2.3.12. Böbrek organında Pb birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin böbrek organındaki Pb birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.10'da, yaz mevsimi için Çizelge 4.16'da, güz mevsimi için Çizelge 4.22'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Pb birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbreklerindeki açıdan önemli bir fark olmadığı, yaz ve güz mevsimlerinde fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Pb birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.01 ile 0.03 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde TE ile 0.05 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.01 ile 0.06 ppm arasında, kış mevsiminde ise TE ve 0.01 ppm olarak tespit edilmiştir. Pb seviyeleri açısından ekotoksikolojik çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ilgili çalışmalardan elde edilen Pb birikim seviyelerinin 0.21 ppm ile 93.21 ppm arasında yer aldığı görülmektedir. Bu değerler her bir çalışma için şöyledir; Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) böbrek organlarındaki Pb birikim seviyelerine ait ortalamaları 0.79 ppm bulunurken (Turna Demir ve Yavuz 2017a), küçük fabrika alanlarından yakalanan küçük kemirgen memelilerin böbrek organlarındaki Pb birikim seviyeleri 0.33 ppm, 0.21 ppm, 0.34 ppm ve 0.74 ppm olarak saptanırken, yine aynı çalışmada yerleşim alanında yakalanan örnekler için 0.31 ppm ve tren yoluna yakın yerleşim alanından yakalanan örnekler için ise 0.38 ppm olarak (Minami vd. 2008), *Apodemus sylvaticus* için 1.1 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), *Crocidura russula* örnekleri için 16.36 ppm (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenen alandan yakalanan *Acomys cahirinus* örnekleri için 4.3 ppm (Mohallal ve Younes 2015), yol alanından yakalanan *Rombomys opimus* örnekleri için 3.29 ppm, endüstriyel yol alanından yakalananlar için 3.12 ppm, çinko eritme fabrikası alanında yakalanan örnekler için ise 2.7 ppm, Beheshtieh tarım alanından yakalanan *Rattus norvegicus* örnekleri için 6.34 ppm ve Majid Abad tarım alanından yakalanan örnekler için 7.73 ppm olarak tespit edilmiştir (Zarrintab ve Mirzaei 2017), eski bir kurşun madenine yakın alanlarda yakalanan *Clethrionomys glareolus* örnekleri için 16.1 ppm (Milton vd. 2003), Portekiz' de terk edilmiş bir maden alanından yakalanan *Rattus rattus L.* örnekleri için 3.34 ppm, *Mus spretus* örnekleri için 19.56 ppm (Pereira vd. 2006), Polonya'da çelik ve çinko eritme tesislerine yakın bölgeler olduğu bilinen Warsaw, Krakow, Bukowno ve Miasteczko alanlarından yakalanan *Apodemus flavicollis* örnekleri için sırasıyla 0.44 ppm, 1.43 ppm, 93.21 ppm ve 2.51 ppm (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), bir başka kirli bölgeden yakalanan *Microtus agrestis* örnekler için 22.2 ppm, *Apodemus sylvaticus* örnekleri için 22.5 ppm ve *Sorex araneus* örnekleri için 81 ppm olarak (Cooke vd. 1990) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalara ait sonuçlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

5.2.3.13. Böbrek organında Hg birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre böbrek organına ait örneklerin hiçbirinde Hg ağır metali tespit edilememiştir.

5.2.4. Karaciğer organında ağır metal birikimleri

Yapılan bu çalışma kapsamında belirlenen istasyonlardan yakalanan örneklerin karaciğer organlarında biyobirikim gösteren Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg miktarlarının ortalamalarına ait değerler (ppm) ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14’de, güz mevsimi için Çizelge 4.20’de kış mevsimi için Çizelge 4.26’da her bir istasyon için verilmiştir. *M. guentheri* örneklerinin kas dokularında mevsimsel olarak meydana gelen Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B birikim seviyelerine ait grafikler sırasıyla Şekil 4.10-4.21’de her bir istasyon için verilmiştir

5.2.4.1. Karaciğer organında Fe birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki Fe birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14’te, güz mevsimi için Çizelge 4.20’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki Fe birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki Fe birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu fakat yaz ve güz mevsimlerinde fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki Fe birikim seviyelerine ait ortalamalar 32.91 ile 87.72 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 73.62 ile 129.9 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 98 ile 166.02 ppm arasında, kış mevsiminde ise 92.91 ve 58.78 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) karaciğer dokularındaki Fe birikim seviyelerine ait ortalamalar 937.23 ppm bulunurken (Turna vd. 2017), farklı kirlilik etmenleri nedeniyle kirlenmiş alanlardan yakalanan küçük kemirgen memeli türlerine ait karaciğer dokularında meydana gelen Fe birikim seviyelerine ait ortalamalar 63.1 - 3085.27 ppm arasında değişiklik göstermektedir. Polonya’da çelik ve çinko eritme tesislerine yakın bölgeler olduğu bilinen Warsaw, Krakow, Bukowno ve Miasteczko alanlarından yakalanan *Apodemus flavicollis* örnekleri için sırasıyla 402.7 ppm, 536.4 ppm, 134.4 ppm ve 492.6 ppm (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), bir başka çalışmada *Apodemus sylvaticus* için 874.7 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), başka bir çalışmada ise *Crocidura russula* örnekleri için 3085.27 ppm olarak (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), Slovakya’da yapılan bir çalışmada kirli bir bölgeden elde edilen *Apodemus flavicollis* örnekleri için 455.23 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 461.77 ppm (Martiniková vd. 2010), endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenen alandan yakalanan *Acomys cahirinus* örnekleri için 63.1 ppm (Mohallal ve Younes 2015). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, tıpkı Cu’dan elde edilen sonuçlarda olduğu gibi Fe için de, güz mevsiminde tüm istasyonlardan yakalanan örneklerin karaciğerlerindeki Fe birikim düzeyleri yaz (yaz ayına ait kontrol istasyonu hariç) ve ilkbahar mevsimlerinde aynı istasyonlardan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin ise, daha önce bahsedilen örneklem alanlarımız olan istasyonlara yakın bölgelerde bulunan taş ve maden ocaklarının faaliyetlerinin güz mevsiminde artması

olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalar ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

5.2.4.2. Karaciğer organında Al birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki Al birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14’te, güz mevsimi için Çizelge 4.20’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin böbrek organlarındaki Al birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki Al birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki Al birikim seviyelerine ait ortalamalar 7.73 ile 32.52 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 5.4 ile 103.28 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 5.37 ile 48.19 ppm arasında, kış mevsiminde ise 169.33 ve 8.96 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğinde olan ve 2016 yılında gerçekleştirilen bir çalışmanın sonuçlarına göre, *M. guentheri* bireylerinin karaciğer organındaki Al birikim seviyesinin 226.82 ppm olduğu saptanmıştır (Turna vd. 2017). Literatürde farklı nedenler ile kirlenen alanlarda doğal yaşayan küçük kemirgenlerin karaciğerlerinde Al birikim seviyelerine ait çalışmalar mevcut değildir. Bu nedenle, bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

5.2.4.3. Karaciğer organında Zn birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki Zn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14’te, güz mevsimi için Çizelge 4.20’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki Zn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki Zn birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki Zn birikim seviyelerine ait ortalamalar 6.35 ile 13.07 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 9.34 ile 23.21 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 2.68 ile 19.06 ppm arasında, kış mevsiminde ise 17.8 ve 9.17 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) karaciğer dokularındaki Zn birikim seviyelerine ait ortalamaları 141.02 ppm olarak bulunurken (Turna vd. 2017), kalsiyum florit atıkları ile kirlenen alanlardan yakalanan *Microtus agrestis* örnekleri için 79.8 ppm, *Sorex araneus* örnekleri için 182 ppm ve *Apodemus sylvaticus* için 218 ppm (Cooke vd. 1990), Polonya’da çelik ve çinko eritme tesislerine yakın bölgeler olduğu bilinen Warsaw, Krakow, Bukowno ve Miasteczko alanlarından yakalanan *Apodemus flavicollis* örnekleri için sırasıyla 117.7 ppm, 123.6 ppm, 99.9 ppm ve 115.2 ppm (Damek-Poprava ve Sawicka-Kapusta 2003), İngiltere’de eski bir kurşun madeni alanına yakın bölgede yakalanan *Clethrionomys glareolus* örnekleri için 77.7 ppm (Milton vd. 2003), Malawi’de endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenmiş alandan

yakalanan *Heliophobius argenteocineres* için 170.32 ppm (Šumbera vd. 2003), bir başka çalışmada *Apodemus sylvaticus* için 200.49 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), bir diğer çalışmada ise *Crocidura russula* örnekleri için 199.80 ppm olarak (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), Slovakya’da yapılan bir çalışmada ise kirli bir bölgeden elde edilen *Apodemus flavicollis* örnekleri için 101.06 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 175.35 ppm (Martiniková vd. 2010), Slovenya’da yapılan bir çalışmada, Eski bir kurşun eritme tesisin yakın alandan yakalanan küçük kemirgen memeli türlerinin karaciğer organındaki Zn birikim seviyeleri *Apodemus flavicollis* örnekleri için 29.4 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 41.2 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 30.5 ppm olarak tespit edilirken, yine aynı çalışmada bir termal elektrik santrali yakınından yakalanan *Apodemus flavicollis* örnekleri için 28.7 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 37.8 ppm ve *Microtus arvalis* örnekleri için 22.7 ppm olarak bulunmuştur ve yine aynı çalışmada ana yol alanından yakalanan örnekler için bu değerler *Apodemus flavicollis* örnekleri için 24.5 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 29.3 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 20.7 ppm ve *Microtus arvalis* örnekleri için 22.5 ppm olarak tespit edilmiştir (Al Sayegh Petkovšek vd. 2014), tarımsal faaliyet alanı yakınlarından yakalanan *Meriones persicus* için 182.93 ppm (Okati ve Rezaee 2013), endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenen alandan yakalanan *Acomys cahirinus* örnekleri için 27.5 ppm (Mohallal ve Younes 2015), İran’da yapılan bir başka çalışmada ise *Rombomys opimus* için 141.89, 112.58, 114 ppm olarak, *Rattus norvegicus* için 137.03 ve 131.92 ppm (Zarrintab ve Mirzaei 2017) olarak saptanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalar ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

5.2.4.4. Karaciğer organında Cu birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki Cu birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14’te, güz mevsimi için Çizelge 4.20’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki Cu birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki Cu birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki Cu birikim seviyelerine ait ortalamalar 1.15 ile 2.71 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 1.71 ile 2.47 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 3.12 ile 32.16 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.24 ve 1.87 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) karaciğer dokularındaki Cu birikim seviyelerine ait ortalamalar 21.39 ppm olarak bulunurken (Turna vd. 2017), Malawi’de endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenmiş alandan yakalanan *Heliophobius argenteocineres* için 18.25 ppm (Šumbera vd. 2003), Portekiz’de eski bir maden alanında yakın bölgeden elde edilen *Rattus rattus* L. örnekleri için 15.073 ppm ve *Mus spretus* örnekleri için 29.03 ppm (Pereira vd. 2006), bir başka çalışmada *Apodemus sylvaticus* için 39.16 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), başka bir çalışmada ise *Crocidura russula* örnekleri için 52.47 ppm olarak (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), Slovakya’da yapılan bir çalışmada kirli bir bölgeden elde edilen *Apodemus flavicollis* örnekleri için 5.13 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 7.26

ppm (Martiniková vd. 2010), Slovenya’da yapılan bir çalışmada, Eski bir kurşun eritme tesisin yakın alandan yakalanan küçük kemirgen memeli türlerinin karaciğer organındaki Cu birikim seviyeleri *Apodemus flavicollis* örnekleri için 5.04 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 4.76 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 4.60 ppm olarak tespit edilirken, yine aynı çalışmada bir termal elektrik santrali yakınından yakalanan *Apodemus flavicollis* örnekleri için 5.08 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 6.15 ppm ve *Microtus arvalis* örnekleri için 4.80 ppm olarak bulunmuştur ve yine aynı çalışmada ana yol alanından yakalanan örnekler için bu değerler *Apodemus flavicollis* örnekleri için 4.40 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 5.28 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 4.20 ppm ve *Microtus arvalis* örnekleri için 3.87 ppm olarak tespit edilmiştir (Al Sayegh Petkovšek vd. 2014), tarımsal faaliyet alanı yakınlarından yakalanan *Meriones persicus* için 26.32 ppm (Okati ve Rezaee 2013), endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenen alandan yakalanan *Acomys cahirinus* örnekleri için 1.9 ppm (Mohallal ve Younes 2015), İran’da yapılan bir başka çalışmada ise *Rombomys opimus* için 18.01, 18.83, 16.62 ppm olarak, *Rattus norvegicus* için 20.6 ve 23.17 ppm (Zarrintab ve Mirzaei 2017) olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki benzer çalışmalar ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan her üç mevsimde de (ilkbahar mevsiminde istasyon 2 ve yaz mevsiminde istasyon 1 ve 2 hariç) kirli olduğu düşünülen istasyonlarından yakalanan örneklerin karaciğer dokularında birikim gösteren Cu seviyeleri kontroldeki örneklere göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca güz mevsiminde kontrol dâhil olmak üzere tüm istasyonlardan yakalanan örneklerin karaciğerdeki Cu birikim düzeyleri yaz ve ilkbahar mevsimlerinde aynı istasyonlardan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin ise, örneklem alanlarımız olan istasyonlara yakın bölgelerde bulunan taş ve maden ocaklarının faaliyetlerinin özellikle güz mevsiminde ivme kazanması olabileceği düşünülmektedir. Güz mevsiminde yoğun faaliyette bulunan taş ve maden ocaklarından kaynaklanan ağır metal ve/veya metalloidlerin çevreye daha çok yayılmasıyla, özellikle toprakta, *M. guentheri*’nin besin olarak tercih ettiği tahıllarda, daha fazla miktarda ağır metalin bulunması söz konusu olabilir. Ayrıca bu *M. guentheri* bireylerinin güz mevsiminde oldukça aktif geçirmeleri de bu sonucun elde edilmesini sağlayan nedenler arasında sayılabilir.

5.2.4.5. Karaciğer organında Mn birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki Mn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14’te, güz mevsimi için Çizelge 4.20’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki Mn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki Mn birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, ilkbahar ve güz mevsimlerinde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde 3’ten yakalanan bireylerin karaciğer örneklerindeki Mn birikim seviyesinin kontrol istasyonundan ve diğer tüm istasyonlardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki Mn birikim seviyelerine ait ortalamalar 1.06 ile 2.76 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 1.82 ile 2.78 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 2.83 ile 3.56 ppm arasında,

kış mevsiminde ise 0.34 ve 1.87 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) karaciğer dokularındaki Mn birikim seviyelerine ait ortalamalar 18.70 ppm olarak bulunmuş olup (Turna vd. 2017), bir başka çalışmada *Apodemus sylvaticus* örneklerinin karaciğer organındaki Mn birikimi 10.23 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), diğer bir çalışmada ise *Crocidura russula* örnekleri için 37.42 ppm olarak (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007) tespit edilmiştir. Literatürde kirlenmiş alanlarda doğal olarak yayılım gösteren küçük kemirgen memeli canlıların karaciğer organlarındaki Mn birikim seviyelerinin araştırıldığı çok az sayıda çalışma mevcuttur. Cu Fe ve Mn ağır metalleri bakımından ilkbahar mevsiminden elde edilen örneklerin karaciğerlerindeki birikim seviyelerine ait sonuçlar değerlendirildiğinde istasyon 3'ten yakalanan örneklerin karaciğerlerindeki birikim düzeyinin diğer kirli istasyonlar ve kontrol istasyonundan elde edilen örneklerden daha yüksek olduğu (istatistiksel olarak önemli ölçüde) saptanmıştır.

5.2.4.6. Karaciğer organında B birikimi

Diğer dokularda olduğu gibi, karaciğer organında da B birikiminin saptandığı yabani küçük kemirgen memeli canlılar ile gerçekleştirilen ekotoksikoloji çalışmalarının olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8'de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14'te, güz mevsimi için Çizelge 4.20'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki B birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki B birikim seviyelerine ait ortalamalar 1.1 ile 3.27 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.42 ile 13.17 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.04 ile 5.34 ppm arasında, kış mevsiminde ise 21.68 ve 1.16 ppm olarak tespit edilmiştir.

5.2.4.7. Karaciğer organında Cr birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8'de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14'te, güz mevsimi için Çizelge 4.20'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki Cr birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki Cr birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, yaz mevsiminde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde en yüksek düzey istasyon 3'te saptanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki Cr birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.19 ile 0.59 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.33 ile 0.79 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.17 ile 0.84 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.34 ve 0.27 ppm olarak tespit

edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) karaciğer dokularındaki Cr birikim seviyelerine ait ortalama 6.20 ppm olarak tespit edilmiş olup (Turna vd. 2017), literatürde farklı kirlilik etmenleri nedeniyle kirlenmiş alanlardan yakalanan küçük kemirgen memeli türlerine ait karaciğer dokularında meydana gelen Cr birikim seviyelerine ait ortalamalar ise 0.12 - 18.62 ppm arasında değişiklik göstermektedir. Portekiz’de eski bir maden alanında yakın bölgeden elde edilen *Rattus rattus L.* örnekleri için 0.12 ppm ve *Mus spretus* örnekleri için 0.65 ppm (Pereira vd. 2006), bir başka çalışmada *Apodemus sylvaticus* için 1.32 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), başka bir çalışmada ise *Crocidura russula* örnekleri için 2.31 ppm olarak (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), Japonya’da yapılan bir çalışmada ise, küçük fabrika alanlarına yakın bölgelerde yaşayan küçük kemirgen memelilerin böbrek organlarında 16.31 ppm, 17.50 ppm, 18.62 ppm, 14.18 ppm olarak bulunurken, yine aynı çalışmada yerleşim alanına yakın bölgelerde yaşayan örnekler için 16.52 ppm, demir yoluna yakın yaşam alanından yakalanan örnekler için ise 17.14 ppm olarak tespit edilmiştir (Minami vd. 2008). Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalara ait sonuçlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

5.2.4.8. Karaciğer organında Ni birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki Ni birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14’te, güz mevsimi için Çizelge 4.20’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki Ni birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki Ni birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki Ni birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.05 ile 0.24 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.13 ile 1.29 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.12 ile 0.26 ppm arasında, kış mevsiminde ise 1.4 ve 0.13 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) karaciğer dokularındaki Ni birikim seviyesi 0.48 ppm olarak bulunurken (Turna vd. 2017), Portekiz’de eski bir maden alanında yakın bölgeden elde edilen *Rattus rattus L.* örnekleri için 0.266 ppm ve *Mus spretus* örnekleri için 0.561 ppm (Pereira vd. 2006), tarımsal faaliyet alanı yakınlarından yakalanan *Meriones persicus* için 28.37 ppm (Okati ve Rezaee 2013), endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenen alandan yakalanan *Acomys cahirinus* örnekleri için 7.1 ppm (Mohallal ve Younes 2015), İran’da yapılan bir başka çalışmada ise *Rombomys opimus* için 0.44, 0.52, 0.25 ppm ve *Rattus norvegicus* için 0.38 ppm, 0.78 ppm (Zarrintab ve Mirzaei 2017) olarak saptanmıştır. Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçların çoğu literatür çalışması ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

5.2.4.9. Karaciğer organında Co birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki Ni birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8’de, yaz

mevsimi için Çizelge 4.14'te, güz mevsimi için Çizelge 4.20'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki Ni birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve yaz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki Ni birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, güz mevsiminde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki Ni birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.05 ile 0.11 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.06 ile 0.13 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.11 ile 0.2 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.05 ve 0.08 ppm olarak tespit edilmiştir. Tıpkı Cu, Fe ve Mn ağır metallerinin karaciğerdeki birikimi bakımından elde edilen sonuçlarda olduğu gibi Co'nun karaciğerdeki birikimi bakımından elde edilen sonuçlara göre de, güz mevsiminde tüm istasyonlardan yakalanan örneklerin karaciğerlerindeki Co birikim düzeylerinin yaz ve ilkbahar mevsimlerinde aynı istasyonlardan yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıktığı saptanmıştır. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) karaciğer organlarındaki Co birikim seviyesinin 0.66 ppm olduğu tespit edilmiştir (Turna vd. 2017). Literatürde ise benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürde ise benzer çalışmalarda karaciğer organında Co birikiminin tespit edildiği bir çalışmaya bulunmamaktadır.

5.2.4.10. Karaciğer organında As birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8'de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14'te, güz mevsimi için Çizelge 4.20'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki As birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki As birikim seviyelerine ait ortalamalar 0 ile 0.02 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.01 ile 0.05 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.01 ile 0.05 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.05 ve 0.01 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) karaciğer dokularındaki As birikim seviyesi 0.24 ppm olarak tespit edilmiş olup (Turna vd. 2017), çeşitli küçük kemirgen memeli türlerinin karaciğer organları ile Arsenik rafinerisi yakınlarındaki bir alandan toplanan örnekler ile yapılan bir çalışmada *Clethrionomys glareolus* örneklerinde 1.2 ppm, *Microtus agrestis* örneklerinde 1.3 ppm, *Apodemus sylvaticus* örneklerinde 1.6 ppm ve *Sorex araneus* örneklerinde 5.2 ppm olarak bulunmuştur (İsmail ve Roberts 1992). Ayrıca başka bir çalışmada Portekiz'de eski bir maden alanında yakın bölgeden elde edilen *Rattus rattus* L. örnekleri için 12.733 ppm ve *Mus spretus* örnekleri için 1.792 ppm (Pereira vd. 2006), Kanada'da maden atıkları nedeniyle kirlenmiş bir alandan yakalanan *Microtus pennsylvanicus* örneklerinin karaciğer örneklerinde As birikim seviyelerine ait ortalamalar 2.1 ppm

olarak tespit edilmiştir (Saunders vd. 2010). Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalara ait sonuçlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

5.2.4.11. Karaciğer organında Cd birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki Cd birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14’te, güz mevsimi için Çizelge 4.20’de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki Cd birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki Cd birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki Cd birikim seviyelerine ait ortalamalar TE ile 0.01 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0 ile 0.01 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.01 ile 0.02 ppm arasında, kış mevsiminde ise TE ve 0.01 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğinde olan ve 2016 yılında gerçekleştirilen bir çalışmanın sonuçlarına göre, *M. guentheri* bireylerinin karaciğer organına ait Cd birikim seviyesine ait ortalama değerin 0.08 ppm olduğu saptanmıştır (Turna vd. 2017). Literatürde karaciğer organına ait Cd birikim seviyeleri kalsiyum florit atıkları ile kirlenen alanlardan yakalanan *Microtus agrestis* örnekleri için 1.80 ppm, *Sorex araneus* örnekleri için 219 ppm ve *Apodemus sylvaticus* için 0.71 ppm (Cooke vd. 1990), Polonya’da çelik ve çinko eritme tesislerine yakın bölgeler olduğu bilinen Warsaw, Krakow, Bukowno ve Miasteczko alanlarından yakalanan *Apodemus* örnekleri için sırasıyla 0.34 ppm, 0.25 ppm, 8.66 ppm ve 4 ppm (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), İngiltere’de eski bir kurşun madeni alanına yakın bölgede yakalanan *Clethrionomys glareolus* örnekleri için 1.9 ppm (Milton vd. 2003), Malawi’de endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenmiş alandan yakalanan *Heliophobius argenteocinere*s için 0.3 ppm (Šumbera vd. 2003), Portekiz’de eski bir maden alanında yakın bölgeden elde edilen *Rattus rattus* L. örnekleri için 0.32 ppm ve *Mus spretus* örnekleri için 1.01 ppm (Pereira vd. 2006), bir başka çalışmada *Apodemus sylvaticus* için 0.44 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), başka bir çalışmada ise *Crocidura russula* örnekleri için 3.03 ppm olarak (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), Japonya’da yapılan bir çalışmada ise, küçük fabrika alanlarına yakın bölgelerde yaşayan küçük kemirgen memelilerin karaciğer organlarında 0.31 ppm, ppm, 0.22 ppm, 0.38 ppm olarak bulunurken, yine aynı çalışmada yerleşim alanına yakın bölgelerde yaşayan örnekler için 0.33 ppm, demir yoluna yakın yaşam alanından yakalanan örnekler için ise 0.22 ppm olarak tespit edilmiştir (Minami vd. 2008). Ayrıca Slovakya’da yapılan bir diğer çalışmada kirli bir bölgeden elde edilen *Apodemus flavicollis* örnekleri için 0.023 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 0.047 ppm (Martiniková vd. 2010), Slovenya’da yapılan bir başka çalışmada, Eski bir kurşun eritme tesisin yakın alandan yakalanan küçük kemirgen memeli türlerinin karaciğer organındaki Cd birikim seviyeleri *Apodemus flavicollis* örnekleri için 5.44 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 49.3 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 6.20 ppm olarak tespit edilirken, yine aynı çalışmada bir termal elektrik santrali yakınından yakalanan *Apodemus flavicollis* örnekleri için 0.11 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 0.17 ppm ve *Microtus arvalis* örnekleri için 0.11 ppm olarak bulunmuştur ve yine aynı çalışmada ana yol alanından

yakalanan örnekler için bu değerler *Apodemus flavicollis* örnekleri için 0.13 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 0.46 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 0.69 ppm ve *Microtus arvalis* örnekleri için 0.03 ppm olarak tespit edilirken (Al Sayegh Petkovšek vd. 2014), İran'da yapılan bir çalışmada ise *Rombomys opimus* için 1.32, 2.45, 2.58 ppm ve *Rattus norvegicus* için 1.92 ve 7.75 ppm (Zarrintab ve Mirzaei 2017) olarak saptanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalara ait sonuçlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

5.2.4.12. Karaciğer organında Pb birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organındaki Pb birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.8'de, yaz mevsimi için Çizelge 4.14'te, güz mevsimi için Çizelge 4.20'de verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin karaciğer organlarındaki Pb birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğerlerindeki Pb birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, yaz mevsiminde ise fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organlarındaki Pb birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.01 ile 0.04 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.02 ile 0.07 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0 ile 0.03 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.06 ve 0 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) karaciğer organlarındaki Pb birikim seviyelerine ait ortalama değer 0.46 ppm olduğu saptanırken (Turna vd. 2017), literatürdeki farklı çalışmalar kapsamında karaciğer organındaki Pb birikim seviyeleri kalsiyum florit atıkları ile kirlenen alanlardan yakalanan *Microtus agrestis* örnekleri için 11.1 ppm, *Sorex araneus* örnekleri için 22.9 ppm ve *Apodemus sylvaticus* için 12.8 ppm olarak (Cooke vd. 1990), Polonya'da çelik ve çinko eritme tesislerine yakın bölgeler olduğu bilinen Warsaw, Krakow, Bukowno ve Miasteczko alanlarından yakalanan *Apodemus* örnekleri için sırasıyla 0.18 ppm, 0.22 ppm, 17.61 ppm ve 0.81 ppm (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), İngiltere'de eski bir kurşun madeni alanına yakın bölgede yakalanan *Clethrionomys glareolus* örnekleri için 8 ppm (Milton vd. 2003), Malawi'de endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenmiş alandan yakalanan *Heliophobius argenteocinere* için 0.41 ppm (Şumbera vd. 2003), Portekiz'de eski bir maden alanında yakın bölgeden elde edilen *Rattus rattus* L. örnekleri için 5.953 ppm ve *Mus spretus* örnekleri için 0.869 ppm (Pereira vd. 2006), bir başka çalışmada *Apodemus sylvaticus* için 0.68 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), başka bir çalışmada ise *Crociodura russula* örnekleri için 1.93 ppm olarak (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), Japonya'da yapılan bir çalışmada ise, küçük fabrika alanlarına yakın bölgelerde yaşayan küçük kemirgen memelilerin böbrek organlarında 3.72 ppm, 4.03 ppm, 6.66 ppm, 4.25 ppm olarak bulunurken, yine aynı çalışmada yerleşim alanına yakın bölgelerde yaşayan örnekler için 4.39 ppm, demir yoluna yakın yaşam alanından yakalanan örnekler için ise 8.36 ppm olarak tespit edilmiştir (Minami vd. 2008). Slovenya'da yapılan bir çalışmada, Eski bir kurşun eritme tesisin yakın alandan yakalanan küçük kemirgen memeli türlerinin karaciğer organındaki Pb birikim seviyeleri *Apodemus flavicollis* örnekleri için 1.05 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 3.76 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 0.93 ppm olarak tespit edilirken, yine

aynı çalışmada bir termal elektrik santrali yakınından yakalanan *Apodemus flavicollis* örnekleri için 0.07 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 0.07 ppm ve *Microtus arvalis* örnekleri için 0.04 ppm olarak bulunmuştur ve yine aynı çalışmada ana yol alanından yakalanan örnekler için bu değerler *Apodemus flavicollis* örnekleri için 0.07 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 0.25 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 0.08 ppm ve *Microtus arvalis* örnekleri için 0.11 ppm olarak tespit edilmiş olup (Al Sayegh Petkovšek vd. 2014), başka bir çalışmada endüstriyel faaliyetler nedeniyle kirlenen alandan yakalanan *Acomys cahirinus* örnekleri için 4.3 ppm (Mohallal ve Younes 2015), İran’da yapılan bir diğer çalışmada ise *Rombomys opimus* için 40.74 ppm *Rattus norvegicus* için 63.76 ppm (Zarrintab ve Mirzaei 2017) olarak tespit edilmiştir. Literatürde Slovenya’da yapılan bir çalışmada, Eski bir kurşun eritme tesisin yakın alandan yakalanan küçük kemirgen memeli türlerinin karaciğer organındaki Pb birikim seviyeleri *Apodemus flavicollis* örnekleri için 1.05 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 3.76 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 0.93 ppm olarak tespit edilirken, yine aynı çalışmada bir termal elektrik santrali yakınından yakalanan *Apodemus flavicollis* örnekleri için 0.07 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 0.07 ppm ve *Microtus arvalis* örnekleri için 0.04 ppm olarak bulunmuştur ve yine aynı çalışmada ana yol alanından yakalanan örnekler için bu değerler *Apodemus flavicollis* örnekleri için 0.07 ppm, *Myodes glareolus* örnekleri için 0.25 ppm, *Microtus agrestis* örnekleri için 0.08 ppm ve *Microtus arvalis* örnekleri için 0.11 ppm olarak tespit edilmiştir (Al Sayegh Petkovšek vd. 2014). Literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, bu doktora tezi kapsamında elde edilen sonuçların, literatürdeki çalışmalar ile uyumlu olduğu söylenebilir.

5.2.4.13. Karaciğer organında Hg birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre karaciğer organına ait örneklerin hiçbirinde Hg ağır metali tespit edilememiştir.

5.2.5. Kemik dokuda ağır metal birikimleri

Yapılan bu çalışma kapsamında belirlenen istasyonlardan yakalanan örneklerin kemik dokularında biyobirikim gösteren Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg miktarlarının ortalamalarına ait değerler (ppm) ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için Çizelge 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te kış mevsimi için Çizelge 4.30’da her bir istasyon için verilmiştir. *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularında mevsimsel olarak meydana gelen Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B birikim seviyelerine ait grafikler sırasıyla Şekil 4.58-4.69’da her bir istasyon için verilmiştir.

5.2.5.1. Kemik dokuda Fe birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Fe birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Fe birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve yaz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Fe birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel

açıdan önemli bir fark olmadığı, güz mevsiminde ise fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Fe birikim seviyelerine ait ortalamalar 73.02 ile 175.8 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 112.41 ile 244.84 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 115.41 ile 253.01 ppm arasında, kış mevsiminde ise 18.1 ve 90.67 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) kemik dokularındaki Fe birikim seviyelerine ait ortalama değerin 765.25 ppm olduğu saptanmıştır (Turna Demir vd. 2017). Literatürde benzer çalışmalardan elde edilen farklı küçük kemirgen memelilerin kemik dokularında birikim gösteren Fe değerler sırasıyla şu şekildedir; Polonya’da dört farklı alandan toplanan *Apodemus flavicollis* örneklerinin kemik dokularında Fe birikim seviyeleri Warsaw’da çelik fabrikası yakınlarındaki bir alandan toplanan örneklerde 107.6 ppm, Krakow’da çelik fabrikası yakınlarındaki bir alandan toplanan örneklerde 128.8 ppm, Bukowna’da Çinko eritme fabrikası yakınlarındaki bir alandan toplanan örneklerde 153 ppm, Miasteczko’da Çinko eritme fabrikası yakınlarındaki bir alandan toplanan örneklerde 142.5 ppm (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), İspanya’da endüstriyel ve evsel atıklar ve özellikle tarımsal faaliyetler nedeniyle kirlenmiş olan Ebro Delta’sından toplanan *Crocidura russula* örneklerinde 154.34 ppm (Sánchez-Chardi ve López-Fuster 2009), Slovakya’da çevresel kirliliğe maruz kalan bir alandan toplanan *Apodemus flavicollis* ve *Myodes glareolus* örneklerinde sırasıyla 156.61 ppm ve 138.98 ppm (Martiniková vd. 2010), İran’da Darreh Zereshk bakır madeni yakınlarından toplanan *Meriones persicus* örneklerinde 88.7 ppm (Khazaei vd. 2016) olarak saptanmıştır. Literatürde çeşitli faktörler nedeniyle kirlenmiş alanlarda yaşayan küçük kemirgen türleri için yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde; kemik dokularında Fe elementinin biyobirikim seviyelerinin oldukça yüksek olduğu vurgulanmakla birlikte, yapılan bu çalışmamızın sonuçlarının da literatürdeki çalışmalar ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

5.2.5.2. Kemik dokuda Al birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Al birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Al birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Al birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Al birikim seviyelerine ait ortalamalar 1.36 ile 7.93 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 1.9 ile 61.16 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 5.59 ile 143.64 ppm arasında, kış mevsiminde ise 4.94 ve 5.94 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları niteliğini taşıyan ve 2016 yılında yapılan araştırmaların sonuçlarına göre *M. guentheri* bireylerinin (n=6) kemik dokularındaki Al birikim seviyelerine ait ortalama değerin 77.17 ppm olduğu saptanmıştır (Turna Demir vd. 2017). Literatürde küçük kemirgenler ile yapılan ekotoksikoloji çalışmalarında kemik dokuda Al birikim seviyelerine ait mevcut çalışma bulunmamaktadır.

5.2.5.3. Kemik dokuda Zn birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Zn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Zn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Zn birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Zn birikim seviyelerine ait ortalamalar 18.01 ile 38.51 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 23.19 ile 47.76 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 30.11 ile 62.03 ppm arasında, kış mevsiminde ise 2.44 ve 15.19 ppm olarak tespit edilmiştir. Literatür incelendiğinde, Çinko (Zn) ağır metali için kritik toksik konsantrasyon seviyesi böbrek ve karaciğer organlarında sırasıyla 465 and 274 ppm olarak belirtilmiştir (Swiergosz-Kowalewska vd. 2005). Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında elde edilen sonuçlara göre, kemik dokusunda Zn ağır metalinin konsantrasyonu 137.59 ppm olarak saptanırken (Turna Demir vd. 2017), aynı metal için kemik dokusunda farklı küçük kemirgenler kullanılarak yapılan çalışmalardan elde sonuçlara göre Zn birikim seviyelerinin 126.88 ppm ile 321 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir. İncelenen bazı çalışmalar için literatürdeki değerler ise şu şekildedir; Polonya’da çelik ve çinko eritme tesisleri yakınlarında bulunan Warsaw, Krakow, Bukowno ve Miasteczko alanlarından toplanan *Apodemus flavicollis* örneklerinin kemik dokularındaki Zn birikim seviyeleri sırasıyla 141 ppm, 128 ppm, 166.3 ppm, 166.5 ppm (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), Slovakya’da kirlenmiş bir alandan toplanan *Apodemus flavicollis* örneklerinde 126.88 ppm, *Myodes glareolus* örneklerinde 176.49 ppm (Martiniková vd. 2010), İngiltere’de (Batı Wales) bulunan eski bir kurşun madeni yakınlarından toplanan *Clethrionomys glareolus* örneklerinde 173 ppm (Milton vd. 2003), İspanya’da endüstriyel, evsel atıklar ve ağırlıklı olarak tarımsal faaliyetler nedeniyle kirlenmiş olan Ebro Delta’sından yakalanan *Crocidura russula* örneklerinde 227.14 ppm (Sánchez-Chardi ve López-Fuster 2009), İngiltere’de (Derbyshire) kalsiyum florid maden atıkları nedeniyle kirlenmiş olan bir alandan toplanan *Microtus agrestis* örneklerinde 168 ppm, *Sorex araneus* örneklerinde 314 ppm ve *Apodemus sylvaticus* örneklerinde 321 ppm (Cooke vd. 1990) olarak verilmiştir. Bu çalışmada yakalanan örneklerin kemik dokularında birikim gösteren Zn seviyelerinin literatürdeki çalışmalardan elde edilen birikim seviyelerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

5.2.5.4. Kemik dokuda Cu birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Cu birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Cu birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Cu birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, yaz mevsiminde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu

çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Cu birikim seviyelerine ait ortalamalar TE ile 0.41 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde TE ile 1.34 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.31 ile 0.59 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.73 ve 0.51 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda Cu ağır metalinin konsantrasyonu 3.70 ppm olarak saptanırken (Turna Demir vd. 2017) literatürdeki sınırlı sayıdaki çalışmaların sonuçları ise şöyledir; İspanya’da Ebro Delta’sından yakalanan *Crocidura russula* örneklerinde 4.53 ppm (Sánchez-Chardi ve López-Fuster 2009), Slovakya’da kirlenmiş bir alandan toplanan *Apodemus flavicollis* örneklerinde 3.60 ppm, *Myodes glareolus* örneklerinde 3.78 ppm (Martiniková vd. 2010), İran’da Darreh Zereshk bakır madeni yakınlarından toplanan *Meriones persicus* örneklerinde 2.5 ppm (Khazaei vd. 2016) olarak saptanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalara ait sonuçlara yakın fakat daha düşük olduğu belirlenmiştir.

5.2.5.5. Kemik dokuda Mn birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Mn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Mn birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve yaz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Mn birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, güz mevsiminde ise fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Mn birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.43 ile 1.58 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.43 ile 2.61 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.52 ile 0.87 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.23 ve 0.52 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda Mn ağır metalinin konsantrasyonu 3.55 ppm olarak saptanmıştır (Turna Demir vd. 2017). İspanya’da gerçekleştirilen bir çalışmada endüstriyel, evsel atıklar ve ağırlıklı olarak tarımsal faaliyetler nedeniyle kirlenmiş olan Ebro Delta’sından yakalanan *Crocidura russula* örneklerinin kemik dokularındaki (1-2-3 yaşlarındaki dişi ve erkek bireylerden elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır) Mn konsantrasyonunun 7.80 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c) olduğu saptanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki sınırlı sayıdaki çalışmalara ait sonuçlara yakın fakat daha düşük olduğu belirlenmiştir.

5.2.5.6. Kemik dokuda B birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki B birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki B birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel

açıdan önemli bir fark olmadığı, yaz mevsiminde ise fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki B birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.29 ile 0.52 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.2 ile 1.59 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.76 ile 18.4 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.27 ve 0.82 ppm olarak tespit edilmiştir. Literatürde küçük kemirgenler ile yapılan ekotoksikoloji çalışmalarında kemik dokuda B birikim seviyelerine ait mevcut çalışma bulunmamaktadır.

5.2.5.7. Kemik dokuda Cr birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Cr birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Cr birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Cr birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Cr birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.16 ile 0.39 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.25 ile 1.01 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.29 ile 0.75 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.24 ve 0.13 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda Cr ağır metalinin konsantrasyonu 3.17 ppm olarak saptanırken (Turna Demir vd. 2017). İspanya’da endüstriyel, evsel atıklar ve ağırlıklı olarak tarımsal faaliyetler nedeniyle kirlenmiş olan Ebro Delta’sından yakalanan *Crocidura russula* örneklerinin kemik dokularındaki (1-2-3 yaşlarındaki dişi ve erkek bireylerden elde sonuçların ortalaması alınmıştır) Cr konsantrasyonunun 1.97 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c) olduğu saptanmıştır. İran’da Darreh Zereshk bakır madeni yakınlarında yapılan bir diğer çalışmada ise toplanan *Meriones persicus* örneklerinin kemik dokularında Cr birikimi 9.2 ppm olarak tespit edilmiştir (Khazaei vd. 2016). Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki sınırlı sayıda çalışmalara ait sonuçlara yakın fakat daha düşük olduğu belirlenmiştir.

5.2.5.8. Kemik dokuda Ni birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Ni birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Ni birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Ni birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu, yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Ni birikim seviyelerine ait ortalamalar 1.32 ile 3.5 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 1.26 ile 4.43 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 2.15 ile 2.78 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.1 ve 1.16 ppm olarak tespit edilmiştir.

Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda Ni ağır metalinin konsantrasyonu 7.73 ppm olarak tespit edilmiştir (Turna Demir vd. 2017). İran'da Darreh Zereshk bakır madeni yakınlarında yapılan bir çalışmada *Meriones persicus* örneklerinin kemik dokularındaki Ni konsantrasyonunun 4.5 ppm olarak saptandığı belirtilmiştir (Khazaei vd. 2016). Bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürdeki sınırlı sayıdaki çalışmalara ait sonuçlar ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

5.2.5.9. Kemik dokuda Co birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Co birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12'de, yaz mevsimi için 4.18'de, güz mevsimi için Çizelge 4.24'te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Co birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Co birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı, yaz ve güz mevsimlerinde ise fark olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Co birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.05 ile 0.11 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.06 ile 0.2 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.07 ile 0.13 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.1 ve 1.16 ppm olarak tespit edilmiştir. Literatürde küçük kemirgenler ile yapılan ekotoksikoloji çalışmalarında kemik dokuda Co birikim seviyelerine ait mevcut çalışma bulunmamaktadır.

5.2.5.10. Kemik dokuda As birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12'de, yaz mevsimi için 4.18'de, güz mevsimi için Çizelge 4.24'te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki As birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki As birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.04 ile 0.11 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.04 ile 0.13 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.00 ile 0.11 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.01 ve 0.02 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda As metalloidinin konsantrasyonu 0.44 ppm olarak saptanmıştır (Turna Demir vd. 2017). Çeşitli küçük kemirgen memeli türlerinin kemik dokularında As rafinerisi yakınlarındaki bir alandan toplanan örnekler ile yapılan bir çalışmada *Clethrionomys glareolus* örneklerinde 5.4 ppm, *Microtus agrestis* örneklerinde 8.8 ppm, *Apodemus sylvaticus* ve *Sorex araneus* örneklerinde 9.5 ppm olarak bulunmuştur (İsmail ve Roberts 1992). Bunun sebebinin kirletici faktörlerin birbirlerinden farklı (arsenik rafinerisi ve mermer ocağı) olması nedeniyle olabileceği düşünülmektedir. Farklı kirletici etmenler farklı oranlarda çeşitli ağır metallerin çevreye salınmasına neden

olabilmektedir. Bu nedenle doğrudan arsenik rafinerisi kaynaklı bir As birikiminin daha fazla olması beklenen bir durumdur. Yapılan bu çalışmanın sonucunda elde edilen veriler kemik dokusunda As birikimi açısından literatür ile karşılaştırıldığında, yapılan diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlara oranla genel anlamda daha düşük bulunmuştur.

5.2.5.11. Kemik dokuda Cd birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki As birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te verilmiştir. Bu çalışmaya göre, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Cd ağır metalinin birikim seviyeleri değerlendirilmiş fakat yaz mevsiminde istasyon 1 (0.02) hariç olmak üzere, tüm istasyonlardan elde edilen örneklerde Cd tespit edilememiştir (TE). Bu nedenle de istatistiksel analizler gerçekleştirilememiştir. Kış mevsiminde istasyonlardan istatistiksel analiz yapılmasına izin verecek yeterli sayıda birey toplanamaması nedeniyle, istatistiksel analiz yapılmamıştır. Fakat az sayıda da olsa yakalanan bireylerden elde edilen sonuçlar kontrol=0.0001 (n=1), istasyon 4=0.01 (n=4) ppm olarak bulunmuştur. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda Cd birikimi 0.02 ppm olarak saptanmıştır (Turna Demir vd. 2017). Literatürdeki çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, çeşitli nedenler ile kirlenmiş alanlardan yakalanan küçük kemirgen memelilerin kemik dokularında Cd birikim seviyelerine ait değerler şöyledir; İngiltere’de (Derbyshire) kalsiyum florid maden atıkları nedeniyle kirlenmiş olan bir alandan toplanan *Microtus agrestis* örneklerinde 0.67 ppm, *Sorex araneus* örneklerinde 2.2 ppm ve *Apodemus sylvaticus* örneklerinde 0.19 ppm (Cooke vd. 1990), Polonya’da çelik ve çinko eritme tesisleri yakınlarında bulunan Warsaw, Krakow, Bukowno ve Miasteczko alanlarından toplanan *Apodemus flavicollis* örneklerinin kemik dokularındaki Cd birikim seviyeleri sırasıyla 0.05 ppm, 0.03 ppm, 0.43 ppm, 0.10 ppm (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), İngiltere’de (Batı Wales) bulunan eski bir kurşun madeni yakınlarından toplanan *Clethrionomys glareolus* örneklerinde 0.6 ppm (Milton vd. 2003), İspanya’da endüstriyel, evsel atıklar ve ağırlıklı olarak tarımsal faaliyetler nedeniyle kirlenmiş olan Ebro Delta’sından yakalanan *Crocidura russula* örneklerinde (1-2-3 yaşlarındaki dişi ve erkek bireylerden elde sonuçların ortalaması alınmıştır) 0.18 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), Slovakya’da kirlenmiş bir alandan toplanan *Apodemus flavicollis* örneklerinde 2.53 ppm, *Myodes glareolus* örneklerinde 4.61 ppm (Martiniková vd. 2010) olarak tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmanın sonucunda elde edilen veriler kemik dokusunda Cd birikimi açısından literatür ile karşılaştırıldığında, yapılan diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlara oranla daha düşük bulunmuştur.

5.2.5.12. Kemik dokuda Pb birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Pb birikim konsantrasyonlarının ortalamaları ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.12’de, yaz mevsimi için 4.18’de, güz mevsimi için Çizelge 4.24’te verilmiş olup, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokularındaki Pb birikim konsantrasyonlarının ortalamaları

ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Pb birikim düzeyleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Pb birikim seviyelerine ait ortalamalar 0.01 ile 1.58 ppm arasında, yaz mevsimindeki örneklerde 0.02 ile 0.08 ppm arasında, güz mevsimindeki örneklerde 0.00 ile 0.11 ppm arasında, kış mevsiminde ise 0.01 ve 0.02 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu doktora tezinin ön çalışmaları kapsamında elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* örneklerinin kemik dokusunda Pb ağır metalinin konsantrasyonu 1.07 ppm olarak saptanmıştır (Turna Demir vd. 2017). Literatürdeki benzer çalışmalardan elde edilen kemik dokuda Pb birikim değerleri; İngiltere’de (Derbyshire) kalsiyum florid maden atıkları nedeniyle kirlenmiş olan bir alandan toplanan *Microtus agrestis* örneklerinde 121.4 ppm, *Sorex araneus* örneklerinde 641 ppm ve *Apodemus sylvaticus* örneklerinde 71.9 ppm (Cooke vd. 1990), Polonya’da çelik ve çinko eritme tesisleri yakınlarında bulunan Warsaw, Krakow, Bukowno ve Miasteczko alanlarından toplanan *Apodemus flavicollis* örneklerinin kemik dokularındaki Pb birikim seviyeleri sırasıyla 0.82 ppm, 0.87 ppm, 172.36 ppm, 17.48 ppm (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), İngiltere’de (Bati Wales) bulunan eski bir kurşun madeni yakınlarından toplanan *Clethrionomys glareolus* örneklerinde 203 ppm (Milton vd. 2003), İspanya’da endüstriyel, evsel atıklar ve ağırlıklı olarak tarımsal faaliyetler nedeniyle kirlenmiş olan Ebro Delta’sından yakalanan *Crocidura russula* örneklerinde (1-2-3 yaşlarındaki dişi ve erkek bireylerden elde sonuçların ortalaması alınmıştır) 6.74 ppm (Sánchez-Chardi vd. 2007c), *Chionomys nivalis* örnekleri ile yapılan başka bir çalışmada Vitosha-Rila Dağları (Bulgaristan) ve Tatra Dağları (Slovakya) bölgelerinden toplanan örneklerin kemik dokularındaki Pb konsantrasyonları Vitosha - Rila Dağları Bölgesi için 3.29 ppm ve Tatra Dağları bölgesi için 9.08 ppm (Janiga vd. 2016) olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmaya göre, ilkbahar mevsiminde biri kontrol diğer beşi ise kirli olduğu düşünülen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* bireylerinin kemik dokularındaki Pb birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldıklarında; istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı ($df_1=5$; $df_2=19$; $F=0.989$; $p=0.450$) tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemiklerindeki Pb birikim seviyeleri bakımından her bir istasyondan elde edilen sonuçlara göre; kontrol ve istasyon 1-5 için sırasıyla kontrol=0.06, istasyon 1=1.58, istasyon 2=0.02, istasyon 3=0.23, istasyon 4= 0.01 ve istasyon 5=0.1 olarak bulunmuştur. Pb’nin kemikteki birikim seviyesi bakımından yaz mevsiminde yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiş ($df_1=5$; $df_2=13$; $F=1.593$; $p=0.230$) fakat sonuçlar açısından çoklu karşılaştırma analizleri (MCT) gerçekleştirilememiştir. Elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.08, istasyon 1=0.02, istasyon 2=0.02, istasyon 3=0.05 istasyon 4=0.08 ve istasyon 5=0.06 olarak saptanmıştır. Güz mevsiminde yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre ise Pb birikimi bakımından istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı ($df_1=5$; $df_2=23$; $F=0.83$; $p=0.540$) saptanmıştır. Güz mevsiminde her bir istasyondan elde edilen sonuçlara göre; kontrol ve istasyon 1-5 için sırasıyla kontrol=0.06, istasyon 1=0.11, istasyon 2=0.08, istasyon 3=0.06 istasyon 4=0.14 ve istasyon 5=0.07 olarak tespit edilmiştir. Kış mevsiminde istasyonlardan istatistiksel analiz yapılmasına izin verecek yeterli sayıda birey toplanamaması nedeniyle, istatistiksel analiz yapılmamıştır. Fakat az sayıda da olsa yakalanan

bireylerden elde edilen sonuçlar kontrol=0.01 (n=1), istasyon 4=0.02 (n=4) ppm olarak bulunmuştur.

5.2.5.13. Kemik dokuda Hg birikimi

Bu çalışmanın sonuçlarına göre kemik dokuya ait örneklerin hiçbirinde Hg ağır metali tespit edilememiştir.

5.3.1. Tüm vücut ağır metal birikim seviyeleri açısından istasyonların karşılaştırılması

Bu çalışmaya göre, **ilkbahar mevsimi** kapsamında yakalanan örneklerden değerlendirilen kas, karaciğer, böbrek, deri-keratin ve kemik doku ve organlarındaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Cu** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında **istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu** belirlenirken (df1=5; df2=154; F=4.456; p=0.001), çoklu karşılaştırma analizleri (MCT) sonucu en yüksek değerler istasyon 3 ve 5'te saptanmış ve bu istasyonların kontrol istasyonunda farklı bir grupta yer aldıkları ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=1.09, istasyon 1=1.43, istasyon 2=0.88, istasyon 3=1.74 istasyon 4=1.06 ve istasyon 5=1.73.

Yine benzer şekilde **ilkbahar mevsimi** için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Fe** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında **istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu** belirlenirken (df1=5; df2=154; F=2.314; p=0.046), çoklu karşılaştırma analizleri (MCT) sonucu en yüksek değer istasyon 5'te saptanmış ve kontrol istasyonunda farklı bir grupta yer aldığı belirlenmiş olup elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=79.69, istasyon 1=118.69, istasyon 2=52.22, istasyon 3=73.10 istasyon 4=64.35 ve istasyon 5=169.92.

İlkbahar mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Mn** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken (df1=5; df2=154; F=1.327; p=0.256), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=2.45, istasyon 1=3.29, istasyon 2=1.48, istasyon 3=2.27 istasyon 4=1.76 ve istasyon 5=4.80.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, ilkbahar mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Al** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken (df1=5; df2=153; F=1.035; p=0.399), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=39.20, istasyon 1=66.34 istasyon 2=24.78, istasyon 3=25.81 istasyon 4=32.44 ve istasyon 5=98.52.

İlkbahar mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Co** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken (df1=5; df2=153; F=2.143; p=0.063), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.10, istasyon 1=0.13, istasyon 2=0.06, istasyon 3=0.07 istasyon 4=0.08 ve istasyon 5=0.20.

İlkbahar mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Ni** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında **istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu** belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=138$; $F=2.955$; $p=0.014$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=1.03, istasyon 1=2.12, istasyon 2=0.71, istasyon 3=0.43 istasyon 4=0.82 ve istasyon 5=1.77.

İlkbahar mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Zn** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=154$; $F=1.221$; $p=0.302$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=13.58, istasyon 1=21.80, istasyon 2=13.83, istasyon 3=13.60 istasyon 4=17.85 ve istasyon 5=19.07.

İlkbahar mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Cr** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=153$; $F=1.642$; $p=0.152$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.60, istasyon 1=0.79, istasyon 2=0.37, istasyon 3=0.57 istasyon 4=0.45 ve istasyon 5=1.07.

İlkbahar mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **As** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=134$; $F=1.258$; $p=0.286$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.40, istasyon 1=0.04, istasyon 2=0.01, istasyon 3=0.03 istasyon 4=0.02 ve istasyon 5=0.04.

İlkbahar mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Pb** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=113$; $F=0.966$; $p=0.442$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.06, istasyon 1=0.37, istasyon 2=0.02, istasyon 3=0.08 istasyon 4=0.03 ve istasyon 5=0.07.

İlkbahar mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Cd** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında **istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu** belirlenmiş ($df_1=5$; $df_2=26$; $F=7.652$; $p=0.001$) fakat çoklu karşılaştırma analizleri (MCT) gerçekleştirilememiştir. Elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.03, istasyon 1=0.23, istasyon 2=TE, istasyon 3=0.01 istasyon 4=TE ve istasyon 5=0.01.

İlkbahar mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **B** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=3$; $df_2=153$; $F=1.837$; $p=0.109$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=1.17, istasyon 1=0.90, istasyon 2=0.83, istasyon 3=0.74 istasyon 4=1.37 ve istasyon 5=2.08.

Bu çalışmaya göre, **yaz mevsimi** kapsamında yakalanan örneklerden değerlendirilen kas, karaciğer, böbrek, deri-keratin ve kemik doku ve organlarındaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Cu** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında **istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu** belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=3.017$; $p=0.013$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=2.04, istasyon 1=2.51, istasyon 2=2.87, istasyon 3=2.08 istasyon 4=7.91 ve istasyon 5=2.09. Yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Fe** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=0.535$; $p=0.750$) elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=124.99, istasyon 1=210.26, istasyon 2=185.73, istasyon 3=169.62 istasyon 4=156.73 ve istasyon 5=150.95.

Yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Mn** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=0.868$; $p=0.504$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=2.71, istasyon 1=5.21, istasyon 2=3.65, istasyon 3=4.52 istasyon 4=4.12 ve istasyon 5=3.88.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Al** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=0.918$; $p=0.472$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=52.54 istasyon 1=130.72 istasyon 2=94.83, istasyon 3=113.55 istasyon 4=129.84 ve istasyon 5=86.81.

Yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Co** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=1.738$; $p=0.130$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.11, istasyon 1=0.20, istasyon 2=0.16, istasyon 3=0.16 istasyon 4=0.18 ve istasyon 5=0.14.

Yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Ni** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=124$; $F=1.304$; $p=0.266$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.98, istasyon 1=1.68, istasyon 2=1.28, istasyon 3=1.47 istasyon 4=1.37 ve istasyon 5=1.28.

Yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **Zn** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=1.524$; $p=0.186$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=22.91, istasyon 1=29.76, istasyon 2=34.69, istasyon 3=21.28 istasyon 4=22.73 ve istasyon 5=21.76.

Yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Cr birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=1.987$; $p=0.084$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.84, istasyon 1=1.40, istasyon 2=1.29, istasyon 3=1.09 istasyon 4=0.98 ve istasyon 5=0.82.

Yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) As birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=1.643$; $p=0.152$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.04, istasyon 1=0.03, istasyon 2=0.04, istasyon 3=0.05 istasyon 4=0.06 ve istasyon 5=0.06.

Yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Pb birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=93$; $F=1.990$; $p=0.087$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.03, istasyon 1=0.07, istasyon 2=0.04, istasyon 3=0.04 istasyon 4=0.05 ve istasyon 5=0.04.

Yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Cd birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiş ($df_1=4$; $df_2=46$; $F=0.690$; $p=0.603$) fakat çoklu karşılaştırma analizleri (MCT) gerçekleştirilememiştir. Elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.01, istasyon 1=0.01, istasyon 2=0.02, istasyon 3=0.01 istasyon 4=0.03 ve istasyon 5=0.01.

Yaz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) **B** birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında **istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu** belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=4.033$; $p=0.002$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=1.26, istasyon 1=0.81, istasyon 2=1.66, istasyon 3=4.74 istasyon 4=3.99 ve istasyon 5=2.57.

Bu çalışmaya göre, güz mevsimi kapsamında yakalanan örneklerden değerlendirilen kas, karaciğer, böbrek, deri-keratin ve kemik doku ve organlarındaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Cu birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=0.916$; $p=0.473$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=3.11, istasyon 1=3.53, istasyon 2=4.28, istasyon 3=3.65 istasyon 4=32.16 ve istasyon 5=3.23. Güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Fe birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=0.892$; $p=0.488$) elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=103.73, istasyon 1=147.87, istasyon 2=166.02, istasyon 3=120.98 istasyon 4=98 ve istasyon 5=137.86.

Güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Mn birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=0.498$; $p=0.777$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=2.83, istasyon 1=3.5, istasyon 2=3.51, istasyon 3=3.56 istasyon 4=3.38 ve istasyon 5=3.22.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Al birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=0.577$; $p=0.718$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=5.69 istasyon 1=11.31 istasyon 2=9.85, istasyon 3=8.21 istasyon 4=5.37 ve istasyon 5=48.19.

Güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Co birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=0.775$; $p=0.569$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.11, istasyon 1=0.16, istasyon 2=0.18, istasyon 3=0.14 istasyon 4=0.20 ve istasyon 5=0.14.

Güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Ni birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=1.444$; $p=0.807$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.12, istasyon 1=0.17, istasyon 2=0.19, istasyon 3=0.17 istasyon 4=0.26 ve istasyon 5=0.16.

Güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Zn birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında **istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu** belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=2.481$; $p=0.034$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=14.92, istasyon 1=19.06, istasyon 2=2.68, istasyon 3=16.64 istasyon 4=12.72 ve istasyon 5=16.6.

Güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Cr birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=1.745$; $p=0.128$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.57, istasyon 1=0.84, istasyon 2=0.17, istasyon 3=0.7 istasyon 4=0.39 ve istasyon 5=0.54.

Güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) As birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında **istatistiksel açıdan önemli bir fark olduğu** belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=144$; $F=4.384$; $p=0.001$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.02, istasyon 1=0.02, istasyon 2=0.01, istasyon 3=0.03 istasyon 4=0.03 ve istasyon 5=0.05.

Güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Pb birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=132$; $F=1.315$; $p=0.262$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.01, istasyon 1=0.03, istasyon 2=0.01, istasyon 3=0 istasyon 4=0.01 ve istasyon 5=0.02.

Güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Cd birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiş ($df_1=5$; $df_2=82$; $F=1.421$; $p=0.225$) elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.01, istasyon 1=0.01, istasyon 2=0.01, istasyon 3=0.01 istasyon 4=0.02 ve istasyon 5=0.01.

Güz mevsimi için değerlendirilen doku ve organlardaki toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) B birikim seviyeleri açısından kontrol ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyon birbirleri ile karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenirken ($df_1=5$; $df_2=140$; $F=0.942$; $p=0.456$), elde edilen sonuçlar ise şöyledir; kontrol=0.82, istasyon 1=0.32, istasyon 2=0.04, istasyon 3=1.13 istasyon 4=0.48 ve istasyon 5=4.86.

5.3.2. Tüm vücut ağır metal birikim seviyelerinin doku ve organ düzeyinde karşılaştırılması

İlkbahar, yaz ve güz mevsimleri için Fe ağır metalinin organ ve dokulardaki birikim seviyeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında, en yüksek **Fe** birikiminin (istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde) **deri-keratin** dokuda olduğu saptanırken, Fe birikimi açısından sıralama deri-keratin > kemik > karaciğer > böbrek > kas olarak saptanmıştır.

İlkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde **Al** birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku **deri-keratin** doku (istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde) olduğu belirlenmiş olup, ilkbahar ve yaz mevsimi için deri-keratin dokunun ardından Al birikimi açısından sıralama karaciğer > kas > böbrek > kemik şeklinde, güz mevsimi için ise deri-keratin dokunun ardından kemik > böbrek > kas > karaciğer olarak tespit edilmiştir.

İlkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde **Zn** birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku **deri-keratin** olarak saptanmış olup diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklıdır. Deri-keratin dokunun ardından Zn birikimi açısından sıralama kemik > karaciğer > böbrek > kas olarak belirlenmiştir.

İlkbahar ve yaz mevsimlerinde **Cu** birikiminin en yüksek olduğu organ **böbrek ardından karaciğer** olarak saptanıp yaz mevsimi için elde edilen sonuçlara göre bu iki organ diğer doku ve organlardan farklı gruplarda yer almaktadır ve bu doku ve organların ardından Cu birikimi açısından sıralama deri-keratin > kas > kemik olarak saptanmıştır.

İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinde **Ni** birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak **deri-keratin** doku ardından kemik doku çıkmaktadır. Deri-keratin ve kemik dokularının kas, böbrek ve karaciğer doku ve organlarından istatistiksel olarak

anlamli bir biçimde ayrıldığı saptanırken, deri-keratin ve kemik dokunun ardından Ni birikimi açısından sıralama İlkbahar ve Yaz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre karaciğer > böbrek > kas olarak saptanırken, Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, sıralama böbrek > kas > karaciğer > olarak saptanmıştır.

İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinde **Mn** birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak **deri-keratin** doku karşımıza çıkmaktadır ve diğ er tüm doku ve organlardan istatistiksel anlamda farklıdır. Deri-keratin dokunun ardından Mn seviyesinin en yüksek olduğu 2. organ karaciğer olup, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinden elde edilen sonuçlara göre, deri-keratin dokunun ardından Mn birikimi açısından sıralama karaciğer > böbrek > kemik > kas olarak saptanmıştır.

İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde **B** birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku **karaciğer** olarak karşımıza çıkarken ilkbahar ve yaz mevsimi için elde edilen sonuçlara göre bu organ diğ er doku ve organlardan farklı gruplarda yer almaktadır. Karaciğer organının ardından B birikim seviyeleri açısından sıralama İlkbahar mevsimi için deri-keratin > kas > böbrek > kemik, Yaz mevsimi için ise, kas > deri-keratin > böbrek > kemik olarak saptanmıştır.

İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinde **Cr** birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak **deri-keratin** doku karşımıza çıkmaktadır, İlkbahar ve Yaz mevsimleri için elde edilen sonuçlara göre deri-keratin doku istatistiksel olarak anlamli biçimde değ erlendirilen diğ er dokulardan daha yüksek olup, deri-keratin dokunun ardından Cr birikimi açısından sıralama İlkbahar mevsiminden elde edilen sonuçlara göre kas > karaciğer > böbrek > kemik, Yaz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre böbrek > karaciğer > kemik > kas olarak saptanırken, Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, sıralama böbrek > kas > karaciğer > kemik olarak saptanmıştır.

İlkbahar, Yaz ve Güz mevsimlerinde **As** birikiminin istatistiksel olarak anlamli bir biçimde en yüksek olduğu organ ve doku olarak **kemik** doku karşımıza çıkmaktadır. Kemik dokunun ardından As birikimi açısından sıralama ilkbahar ve yaz mevsimlerinden elde edilen sonuçlara göre deri > böbrek > karaciğer > kas olarak saptanırken, güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, sıralama deri-keratin > böbrek > kas > karaciğer olarak saptanmıştır.

İlkbahar mevsiminde Cd birikimi açısından doku ve organlar arasında istatistiksel anlamda fark çıkmış olmasına rağmen, bu sonuçlar Çoklu Karşılaştırma Testlerinin (MCT) yapılmasına izin vermemiştir. Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, **Cd** birikimi saptanmış olan iki organ olarak karşımıza çıkan **karaciğer ve böbrek** organları arasında istatistiksel olarak anlamli bir fark olduğu saptanmıştır.

Yaz ve güz mevsimlerinde Pb birikim seviyeleri için doku ve organlar arasında mevsimi için elde edilen sonuçlarda istatistiksel açıdan anlamli bir fark olduğu, **ilkbahar** ve **yaz** mevsimlerinde **Pb** birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak **deri-keratin** doku karşımıza çıkarken, **güz** mevsimi için **kemik** doku olarak karşımıza çıkmaktadır. Deri-keratin dokunun ardından Pb birikimi açısından sıralama İlkbahar mevsiminden elde edilen sonuçlara göre kas > kemik > böbrek > karaciğer, Yaz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre kemik > karaciğer > böbrek > kas olarak saptanmıştır. Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, en yüksek çıkan kemik

dokunun ardından sıralama deri-keratin > böbrek > karaciğer > kas olarak saptanmıştır.

İlkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin Co birikim seviyeleri arasında doku ve organlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğu, Co birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak **deri-keratin** doku karşımıza çıkmaktadır. İlkbahar mevsimi için elde edilen sonuçlara göre deri-keratin doku bir gruba dâhil olurken (b grubu - Tukey ve Duncan açısından) diğer organ ve dokular olan kemik, karaciğer, kas ve böbrek bir diğer gruba (a grubu - Tukey ve Duncan açısından) dâhildir. Deri-keratin dokunun ardından Co birikimi açısından sıralama İlkbahar ve Yaz mevsimlerinden elde edilen sonuçlara göre sıralama karaciğer > kemik > böbrek > kas olarak saptanırken, Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, sıralama karaciğer > böbrek > kemik > kas olarak saptanmıştır.

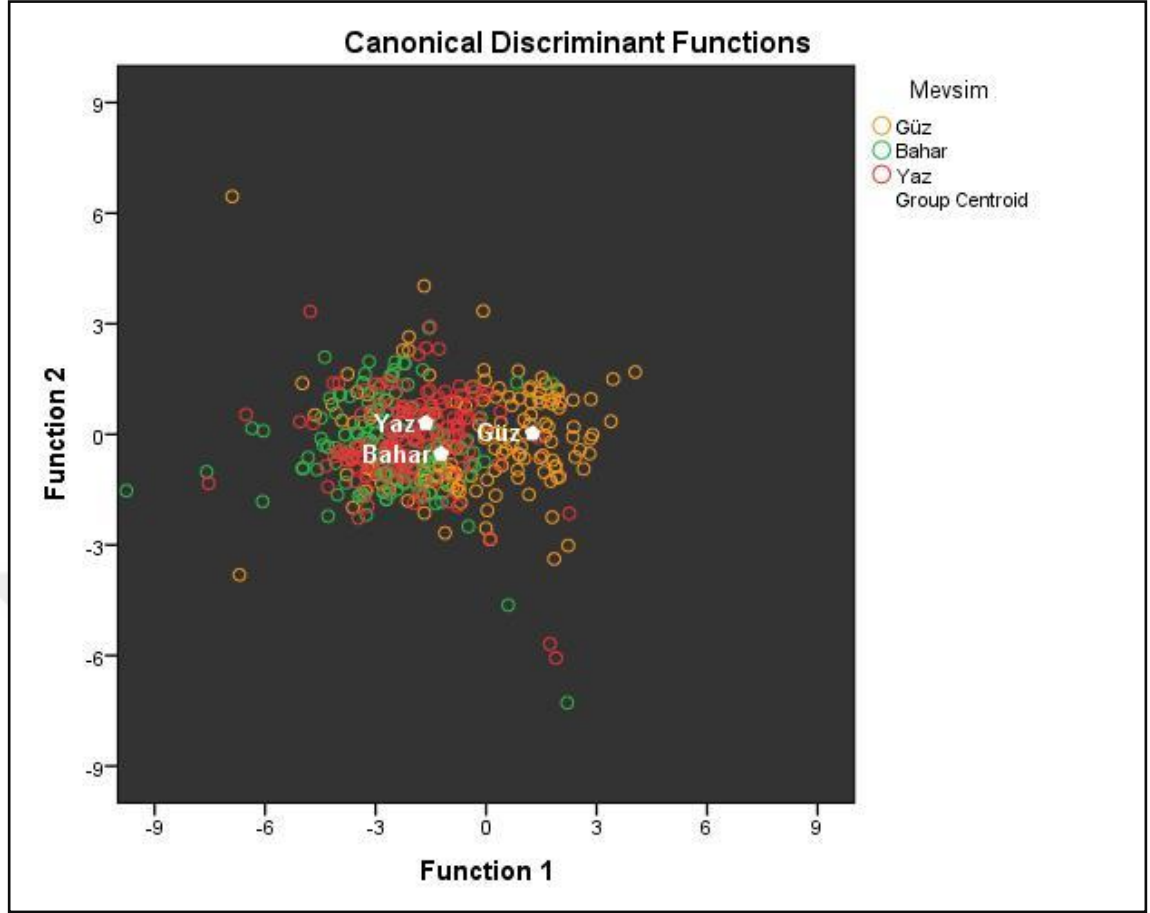
Bu çalışmada *M. guentheri* bireylerinin vücutlarındaki toplam ağır metal birikimleri açısından sıralama ilkbahar mevsiminde yakalanan örnekler için; Fe > Al > Zn > Mn > Cu > B > Ni > Cr > Co > Pb > As > Cd, yaz mevsiminde yakalanan örnekler için; Fe > Al > Zn > Mn > Cu > B > Ni > Cr > Co > As > Pb > Cd, güz mevsiminde yakalanan örnekler için; Fe > Al > Zn > Cu > Mn > B > Cr > Ni > Co > As > Pb > Cd olarak tespit edilmiştir.

5.4. Ağır Metal Birikim Seviyeleri Açısından Mevsimlerin ve Doku-Organların Diskriminant Analiz İle Karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında, ilkbahar yaz ve güz mevsimlerinde belirlenen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* örneklerinde meydana gelen ağır metal birikimleri (Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg) ayrı ayrı mevsimsel ve doku-organsal olarak diskriminant ile karşılaştırılmıştır.

5.4.1. Mevsimlere Ait Diskriminant Model

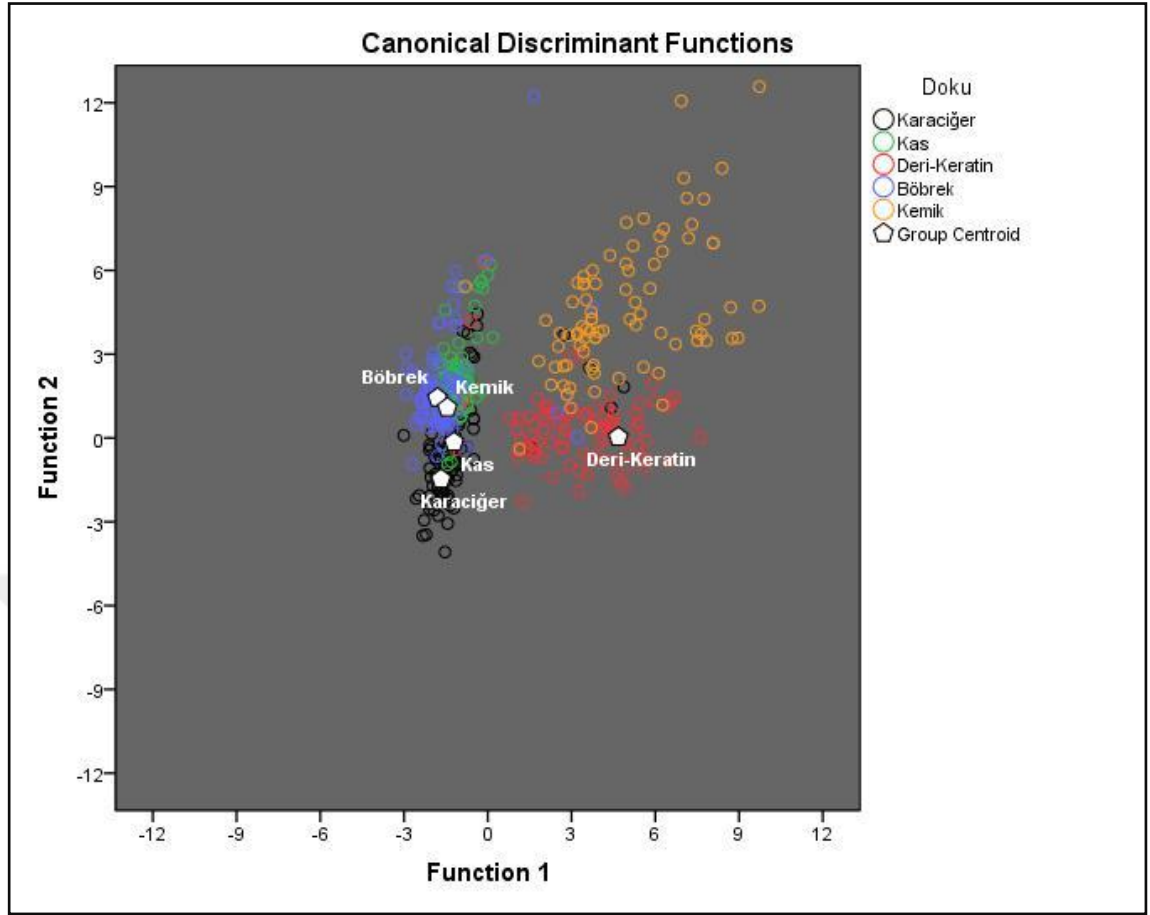
Bu çalışma kapsamında, ilkbahar yaz ve güz mevsimlerinde belirlenen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* örneklerinin değerlendirilen tüm doku ve organlarında (deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik) meydana gelen ağır metal birikimleri Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg ağır metalleri bakımından mevsimler (ilkbahar, yaz ve güz) Canonical Diskriminant ile değerlendirilmiş olup sonuçta İlkbahar ve Yaz mevsimlerinin birbirlerine yakın, güz mevsiminin ise bu iki mevsimden farklı olduğu tespit edilmiştir. Mevsimlere ait Canonical Diskriminant Modeline ait sonuç Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. *M. guentheri* bireylerine ait ağır metal birikim seviyeleri açısından mevsimlerin Canonical Diskriminant Analiz sonuçları

5.4.2. Doku ve Organlara Ait Diskriminant Model

Bu çalışma kapsamında, ilkbahar yaz ve güz mevsimlerinde belirlenen istasyonlardan (kontrol ve istasyon 1-5) yakalanan *M. guentheri* örneklerinin değerlendirilen tüm doku ve organlarında (deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik) meydana gelen ağır metal birikimleri Cu, Fe, Mn, Al, Co, Ni, Zn, Cr, As, Pb, Cd, B ve Hg ağır metalleri bakımından doku ve organlar (deri-keratin, kas, böbrek, karaciğer ve kemik) Canonical Diskriminant ile değerlendirilmiş olup, sonuçta böbrek organı ve kemik dokunun birbirine benzer, karaciğer organı ve kas dokunun birbirine benzer, deri-keratin dokunun ise böbrek, kemik, kas ve karaciğer doku ve organlarının hepsinden belirgin biçimde farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında *M. guentheri* bireylerindeki ağır metal birikimlerinin doku ve organsal olarak değerlendirilmesine ait Canonical Diskriminant Modeline ait sonuç Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. *M. guentheri* bireylerine ait ağır metal birikim seviyeleri açısından doku ve organların Canonical Diskriminant Analiz sonuçları

5.5. Ağır Metal Birikimi ve Etkileri

Ağır metaller doğal olarak dünyanın yer kabuğunda bulunmaktadır. Fakat çeşitli insan kaynaklı etkilerle, bu ağır metallerin jeokimyasal döngüleri ve biyokimyasal dengeleri değişmektedir. Bunun sonucunda ağır metaller bitkiler ve hayvanlar gibi çeşitli canlı organizmalarda birikebilmektedir ve ikincil metabolitler üreterek farklı özelleşmiş bazı farmakolojik etkiler gösterebilmektedir. Örneğin bazı metallere uzun süre maruziyet nedeniyle (örneğin; Cd, Cu, Pb, Ni ve Zn) insanlarda çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir (Singh vd. 2011). Herhangi bir toksik metal atomik kütlelerine ve yoğunluğuna bağlı olmaksızın ağır metal olarak isimlendirilebilir (Singh 2007). Ağır metaller, metalik özellik gösteren elementlerin alt grubu olarak kabul edilir. Bunlar geçiş metallerini, bazı metalloidleri, lantanidleri ve aktinitleri içermektedir. Örneğin, Cu, Pb ve Zn gibi bazı yaygın geçiş metalleri olarak nitelendirilir. Metal iyonları kurşunlu benzin, endüstriyel atıklar ve asit yağmurları ile topraktan göllere ve nehirlerle karışarak çevre kirliliğine neden olmaktadır (Oxford 2000). Geçiş metalleri ve pro-oksidan organik kimyasalların da içinde bulunduğu bazı kirleticiler, Reaktif Oksijen Türleri (ROS) üreterek yaşayan organizmalarda oksidatif stresi indükleyebilirler (López-Barea 1995). ROS mekanizması çeşitli yollarla ortadan kaldırılmazsa DNA gibi pek çok biyolojik moleküle zarar verebilir (Lushchak 2011). Metallerin indüklediği toksisite ve karsinojenite ile yapılan ilgili çok sayıda çalışmada, biyolojik sistemlerde

metallerin ROS ve RNS (Reaktif nitrojen türevleri) üreterek etki gösterdiği belirtilmiştir (Shih vd. 2004; Valko vd. 2005; Stohs ve Bagchi 1995; Pekarkova vd. 2001; Leonard vd. 2004; Valko vd. 2006a; Chen vd. 2001; Halliwell ve Gutteridge 1990). Metallerin yürüttüğü serbest radikal oluşumları DNA bazlarında değişikliklere, lipid peroksidasyonuna ve kalsiyum ve sülfidril dengesinde değişikliklere neden olabilmektedir (Valko vd. 2006b). Ağır metal toksisitesi organizmaları hücrel ve genetik seviyede etkileyebilir. Örneğin Pb ve Cd içeren endüstriyel tozların klastojenik etki gösterdiği bir kemirgen olan *Microtus guentheri*'de 60 günlük eko-toksikolojik deneyde gösterilmiştir. Polimetallik tozları çok geniş alanlara yayılan endüstriyel kirlenimlerden biridir ve çeşitli metallerin birlikte bulunması nedeniyle oldukça toksik etkilere sahiptir (Topashka-Ancheva 1995, 1998).

Literatürdeki çalışmalarda belirtildiği üzere atık su ve çamur, özellikle endüstriyel atıklar ile karıştırıldığında, Hg, Cr, Pb, Cd, Ni, Co, Cu, Zn, Fe ve Mn gibi büyük miktarda potansiyel olarak toksik metal içerebilmektedir. Ağır metaller, farklı formlarda (suda çözünür, değiştirilebilir, organik olarak kompleksler oluşturabilir, organik bölgelerde adsorbe edilir) bulunur. Bu formlar, toprakta hareketlilik gösterir ve bitkiler tarafından alınabilir. Birçok metal alım çalışması, kadmiyum, kurşun, civa ve krom gibi metallerin suda çözünür fraksiyonlarının, canlı bitkiler tarafından biriktirilebildiğini ve böylece hayvan ve insan besin zincirine girebildiğini göstermiştir. Bu ağır metallerin bazıları temel bitki besin maddeleridir (Fe, Cu, Mn, Zn), diğerleri ise (Cd, Pb, Cr, Hg) değildir. İkinci ağır metal grubu, fizyolojik olarak yararlı bir işlevi olmamakla birlikte bitkiler için toksik olarak kabul edilmektedir (El-Motaium 2000). Esansiyel (temel) olmayan metaller, bir organizmada bulunmaları istenmeyen metaller olup ve toksik etkilere sahiptir. Ancak esansiyel (temel) metallerin, bir organizmada yetersiz olması veya fazla olması durumlarında bu metaller olumsuz etkilere sahip olabilirler (Klaassen 2001). Ağır metallerin alım ve atılma kinetikleri yaşam boyunca sabit olmayıp, hayvanın büyümesi sırasında değişim gösterebilmektedir (Blagojevic vd. 2012).

5.5.1. Demir (Fe)

Memeli hücrelerini hem esansiyel hem de esansiyel olmayan metallerin toksik etkilerinden koruyan, sitokromlar ve ferritin gibi proteinlerin sentezinin indüksiyonu gibi demir (Fe) içeren çok sayıda hücrel detoksifikasyon mekanizmaları mevcuttur (Lopes vd. 2002; Pereira vd. 2006). Esansiyel metallerden biri olan Fe canlı organizmaların düzgün işleyişi için esas olan elementlerden biri olmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda aldığında toksik etkilere de neden olabilir (Angelova vd. 2004; Jusufi vd. 2017). Yapılan pek çok çalışmaya göre, vücutta artan Fe konsantrasyonunun dolaşım sistemi hastalıkları, kanser ve önemli pek çok nörolojik hastalıklığın gelişimi ile yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir (Siah vd. 2005). Demir metalinin yürütmüş olduğu ROS üretimine bağlı olarak DNA hasarı ve lipid hasarı meydana gelebilirken (Ullén vd. 1997), Nelson (1992) ve Babbs (1990)'a göre özellikle et ağırlıklı beslenen toplumlarda, bağırsakların yüksek oranda Fe'e maruz kalmasının kolorektal kanser gelişiminin temel nedeni olduğu öne sürülmektedir (Babbs 1990; Nelson 1992). Ayrıca % 30 oranında demir ihtiva eden asbeste mesleki maruziyet nedeniyle asbestozis hastalığına yakalanma riskinin artmasının Fe içeriği ile ilişkili olabileceği, ayrıca akciğer kanserinin sigaradan sonra ikinci en önemli nedeni olabileceği belirtilmiştir (Stayner vd. 1996). Genellikle asbest'in indüklediği

karsinogenezis'in serbest radikaller ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Hayvanlar ile yapılan çalışmalarda, Fe maruziyeti ile indüklenmiş karsinogenezis oluşumu raporlanmıştır. Örneğin, kansızlık durumunda insanlara verilen demir-dekstran'ın ratlara intramuskuler yol ile enjekte edilmesi sonucu bu canlıların enjeksiyon bölgelerinde iğ hücre sarkoma ve pleomorfik sarkoma gözlenmiştir (Bhasin vd. 2002). Aşırı yüksek oranlarda toksik etkileri olmasına rağmen normal düzeylerde memeli hücrelerini pek çok toksik etkilerinden koruyan, sitokromlar ve ferritin gibi proteinlerin sentezinin indüksiyonu gibi işlevleri ile çok sayıda hücrel detoksifikasyon mekanizmalarına katılan Fe (Lopes vd. 2002; Pereira vd. 2006) birikim seviyelerinin yapılan bu çalışmada literatürdeki çalışmalar ile benzer şekilde kısmi olarak arttığı, bunun da koruyucu etkileri gösterebileceği düşünülmüştür (Sánchez-Chardi ve López-Fuster 2009). Literatürde, çinko eritme fabrikasına yakın (Bukowno) bölgeden yakalanan kemirgenlerin karaciğer ve böbreklerinde Fe'nin konsantrasyonun düşük olduğu tespit edilirken (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003), bu örnekler diğer yerlerden alınan örneklerle karşılaştırıldığında, düşük Fe konsantrasyonun yüksek dozda Pb ve Cd maruziyeti nedeniyle Fe emiliminin engellenmesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Friberg vd. 1986; Piasek vd. 1996; Swiergosz vd. 1998). Bununla birlikte, yakalanan örneklerin dokularındaki Zn ve Fe konsantrasyonlarının normal fizyolojik seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (Shore ve Rattner 2001). Aynı çalışmada homeostatik mekanizmanın dokulardaki Zn ve Fe konsantrasyonlarını optimum seviyelere yakın seviyelerde tutabildiği gözlenmiştir (Venugopal ve Luckey 1978; Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003).

5.5.2. Bakır (Cu)

Bakır (Cu) pek çok ekzojen antioksidan enzimin gerekli bir bileşenidir, karsinogeneziste serbest radikallerin etkili olduğu bilindiği için yapılan çalışmalarda pek çok diyetdeki bakır seviyelerinin kanser gelişimine olan etkisi araştırılmıştır (Daniel vd. 2004). Yapılan *in vivo* ve *in vitro* çalışmalarda bakır tuzlarının genotoksik olmadığı (Olivares vd. 1998) fakat *in vitro* çalışmalarda kanser hücrelerinin yüksek bakır konsantrasyonuna maruz bırakıldıktan sonra hızlı bir şekilde tümör gelişimi gösterdiği gözlenmiştir (Coates vd. 1989; Wu vd. 2004). Zn ve Cu antioksidan sistemlerde kritik fonksiyonlara sahiptir, çünkü bu metaller bazı metalloproteinlerle (MT) olan ilişkilerinin yanı sıra ROS'ların oluşumunu bloke eder (Włostowski vd. 2003; Pereira vd. 2006). Slovakya'da yapılan bir çalışmada, çevresel kirleticilerin etkisi nedeniyle kirlenen bir alandan yakalanan *Apodemus flavicollis* ve *Myodes glareolus* örneklerinin çeşitli doku ve organlarındaki ağır metal birikim seviyeleri tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlara göre, her iki küçük kemirgen türü için de en yüksek Cd ve Zn konsantrasyonları kemik dokuda, Cu ve Fe konsantrasyonları ise ağırlıklı olarak karaciğer ve böbrek organlarında tespit edilmiştir (Martiniaková vd. 2010). Elde edilen sonuçlara göre, doku ve organsal olarak incelendiğinde *Apodemus flavicollis* örneklerindeki Cu ve Fe birikim konsantrasyonları böbrek > karaciğer > kemik olarak, *Myodes glareolus* örneklerindeki Cu birikim konsantrasyonları için karaciğer > kemik > böbrek ve Fe birikim konsantrasyonları için ise karaciğer > böbrek > kemik olarak tespit edilmiştir. *Apodemus flavicollis* örneklerinin *Myodes glareolus* örneklerine oranla böbrek organında Cu ve Fe konsantrasyonlarının yüksek olmasının sebebi ile ilişkili olarak, bu metallerin böbreklerden atılım hızlarının düşük olması ihtimali üzerinde durulurken (Martiniaková vd. 2010). Genel olarak, türler arasındaki ortalama metal konsantrasyonlarındaki farklılıkların türler arasındaki farklılıkların sonucu olabileceği

bilinmektedir. Ayrıca kemirgenlerdeki türler arası metal konsantrasyonları farklarının beslenme tercihlerindeki mevsimsel değişiklikler, gıda maddelerinde mevcut olan metal içeriğindeki değişimler ve habitat uygunluğu gibi faktörlerden etkilenebileceği belirtilmektedir (Wijnhoven vd. 2008). Son olarak, maruz kalma süresi de açıklayıcı bir faktör olabilir. Pokarzhevskij (1985)'e göre belirli bir elementin vücuttaki konsantrasyonu, diyetle alınan miktar ile doğrudan doğruya orantılıdır. Bahsi geçen bu çalışmada *Apodemus flavicollis* örnekleri, sonbahar ve kış mevsimlerinde çilek ve meşe palamudu gibi yiyecekler ile beslenirken, *Myodes glareolus* örnekleri ise meyveler, mantarlar ve ot yaprakları ile beslenmektedir (Abt ve Bock 1998). Literatürde küçük kemirgen memeli canlılar ile yapılan bir çalışmada karaciğer kas ile karşılaştırıldığında Cu ve Zn'nin karaciğerde birikim düzeyleri, diğer memelilerde bulgularla uyumlu olarak artmıştır (Şumbera vd. 2003), benzer sonuçlar Cu için *M. guentheri* ile yapılan bu çalışmada da saptanmıştır. Ma ve arkadaşları (1991) tarafından bu durum bazı ağır metallerin regülasyonu sırasında homeostatik mekanizmalar ile karaciğer ve kas arasındaki konsantrasyonlardaki farklılıkların daha etkili bir düzenlenmesi ile açıklanmıştır. Metabolizma ve enzimatik reaksiyonlardaki önemlerinden dolayı Cu ve Zn özellikle gerekli elementlerdir (Roberts ve Johnson 1978).

5.5.3. Çinko (Zn)

Zn ağır metalinin davranışı, genel olarak incelendiğinde, temel eser elementlerin davranış modellerine uyduğu gözlenmekte ve tıpkı diğer temel eser elementlerde olduğu gibi Zn'nin biyokonsantrasyonu da diyetteki miktarı arttıkça artmakta ve azaldıkça azalmaktadır (Wiegand ve Kirchgessner 1980). Bunun bir sonucu olarak da metalik atık yüklerinin fazla olduğu bölgelerden yakalanan hayvanların doku ve organlarındaki biokonsantrasyonları da yüksek olmaktadır (Johnson vd. 1978; Roberts ve Johnson 1978). Fakat yapılan bir çalışmada atık baraj bölgesinden yakalanan *Apodemus sylvaticus* örneklerinden Zn seviyelerinin düşük olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra aynı çalışmada yakalanan örneklerin toplam vücut Zn konsantrasyonları bakımından herhangi bir zararlı eksiklik tespit edilmemiştir (elde edilen sonuçlara göre Zn ortalamaları 26 örnek birey için 95 ile 117 mg/kg olarak saptanmıştır) (Cooke vd. 1990; Golley ve Ryszkowski 1975). Zn seviyelerindeki bu düşüklüğün sebepleri olarak Cd, Pb ve florid (özellikle Cd ile) ile Zn arasındaki etkileşimler ve bu metallerin (özellikle Cd'nin) metalloproteinler gibi depolama proteinleri ya da taşıyıcı proteinler tarafından alımları esnasındaki rekabetçi bağlanma olasılığı sayılabilmektedir (Cousins 1985). Ayrıca bahsi geçen çalışmada dokulardaki Pb, Zn, Cd ve florid konsantrasyonları ve atık barajındaki yüksek oranlarda diyetle alınan bu elementler arasında tutarlı bir birikim kalıbı bulunamadığı belirtilmiştir (Cooke vd. 1990). Bunun sebebi olarak da literatürde kontrollü laboratuarda bu eser elementler ile yapılan çalışmalarda Zn/Cd ve Pb/Zn etkileşimleri (Standstead 1977; Underwood 1977) indüklenebilir metalloproteinlerin ve metallerin depolama, detoksifikasyonunda önemi olan proteinlerin önemi ve rolü (Cousins 1985) ifade edilmiştir (Cooke vd. 1990). Benzer şekilde, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, Güz mevsiminde istasyon 1 ve 2'den yakalanan örneklerin kemik, deri-keratin ve kas dokularındaki Zn birikim seviyeleri kontrol istasyonundan istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde yüksek olduğu tespit edilirken, yine güz mevsiminde istasyon 2'den yakalanan örneklerin böbrek organındaki Zn birikim seviyesi kontrolden anlamlı biçimde yüksek olduğu saptanmıştır. Güz mevsiminde yakalanan örneklerde meydana gelen toplam (kas+karaciğer+böbrek+deri-keratin+kemik) Zn birikimi seviyeleri istasyonlar arasında

istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ve istasyon 2'den yakalanan örneklerdeki Zn birikim seviyelerinin kontrolden ve diğer istasyonlardan yakalanan örneklerdeki Zn birikim seviyelerinden daha düşük olduğu saptanmıştır. Fakat literatürdeki çalışmalarda olduğu gibi Zn birikim seviyelerindeki düşüklüğün Pb veya Cd ile olan yarışmadan kaynaklandığına dair bir bulguya rastlanmamıştır. Öte yandan Yaz mevsimin yakalanan örneklerden elde edilen sonuçlara göre, kontrol istasyonundan yakalanan örneklerin böbrek organındaki Zn birikim seviyelerinin istasyon 2'den yakalanan örneklerle oranla istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Buna benzer şekilde, literatürdeki bir çalışmada ifade edildiği gibi Cd ve Zn arasındaki etkileşim nedeniyle bu sonuçların elde edildiği düşünülmektedir. Çünkü aynı örnekler Cd birikim seviyeleri açısından değerlendirildiğinde, istasyonlar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen, kontrol istasyonundan yakalanan örneklerin böbrek organlarındaki Cd birikimi tespit edilmemiş olup, diğer istasyonlardan yakalanan örneklerin böbrek organındaki birikim seviyeleri 0.01 ile 0.03 ppm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Diyetle Cd'un bulunması durumunda Fe emiliminin azalması ve gastrointestinal sistemden Zn emiliminin artmasının söz konusu olduğu bazı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Friberg vd. 1986; Kabata-Pendias ve Pendias 1999). Diyetle alınan Zn konsantrasyonları farklı olmasına rağmen, maden alanında yakalanan örnekler ile temiz alandan yakalanan örneklerin dokularındaki Zn birikim seviyeleri arasında fark olmadığı ve Zn konsantrasyonlarının homeostazisi ile oldukça etkili bir şekilde düzenlenebildiği gözlenmiştir (Milton vd. 2003). Bu tür bir homeostazis ile Zn'nin bağırsaktaki emilim ve atılımının korunduğu, böylece doku ve organlardaki Zn seviyelerinin sınırlı ve katı konsantrasyon değerleri arasında kaldığı bilinmektedir (Oberleas 1996). Ayrıca maden alanında yakalanan örneklerin dokularındaki Zn konsantrasyonlarının, temiz kontrol bölgesinden yakalanan örneklerle ait dokulardaki Zn konsantrasyonlarından daha düşük olduğu saptanmıştır. Bunun ise, maden atıklarının polimetallik doğası ve bağırsaktaki Zn ile diyetle alınan diğer metaller arasındaki etkileşimlerden kaynaklanabileceği belirtilmektedir. Zn asimile edilmesinde önemli olan metallothionein (MT) grubu proteinlerin Zn'nin alımına, taşınmasına ve depolanmasına yardımcı olan proteinler olduğu bilinmektedir (Lee vd. 1994; Dunn ve Cousins 1989). Bunun yanı sıra Cd da MT'lere karşı yüksek bir afinitesi olması nedeniyle, MT'ler ile kompleksler oluşturabilmektedir (Webb 1987). Zn'nin metabolik yolları için MT'lerin esansiyel (zorunlu) olduğu için Cd'nin MT'lere bağlanması normal Zn regülasyonunu etkileyebilir. Cd'un engelleyici etkisinin Zn alımında bir azalışa sebep olması nedeniyle, kirlenmiş bölgeden yakalanan örneklerin dokularında Zn düzeylerinin düşük olduğu ifade edilmektedir (Milton vd. 2003). Bu doktora çalışması kapsamında İlkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek organındaki Zn birikim seviyeleri ve Cd birikim seviyeleri göz önünde bulundurulduğunda, Cd birikim seviyesi kontrol istasyonundan (0.05 ppm) yakalanan örneklerde en yüksek birikim gösterirken, Zn'nin en düşük birikim konsantrasyonuna sahip olduğu, Cd birikiminin tespit edilmediği ve daha düşük düzeylerde tespit edildiği kirli istasyonlardan yakalanan örneklerde ise Zn birikiminin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yine bu çalışma kapsamında yaz mevsiminde yakalanan örneklerin Böbrek organında Cd birikimi tespit edilmeyen kontrol istasyonunda en yüksek Zn birikim seviyesi saptanırken, Cd birikiminin saptandığı istasyonlarda (1-5) Zn birikim seviyelerinin kontrole oranla düştüğü belirlenmiştir. Benzer sonuçlar yaz mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organında saptanmıştır. Bu sonuçların yukarıda

değiniildiği üzere, Cd'un MT'lere bağlanarak Zn regulasyonunu etkileyebilmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

5.5.4. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) süperoksit dismutazın bir kofaktörü gibi antioksidan fonksiyonlarda da yer alır. Literatüdeki çalışmalarda Mn seviyelerinin *Crocidura russula* (Sánchez-Chardi ve López-Fuster 2009), *Microtus agrestis* ve *Apodemus sylvaticus* için tespit edilenlere benzer (Beardsley vd. 1978; Gdula-Argasinska vd. 2004; Gorriz 1996) şekilde düşük olduğu, belirtilirken, bu çalışmadan Mn birikim seviyelerine ait elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni olarak da memelilerde Mn metalinin seviyeleri fizyolojik olarak düzenlenip ve genellikle dokularda yüksek seviyelerin çevresel artışlar ile ilişkili (Beardsley vd. 1978) olmadığı ifade edilmiştir.

5.5.5. Nikel (Ni)

Nikel, DNA metilasyonunun etkileyerek gen ekspresyonunu değiştirmek suretiyle kansere neden olabilen bir insan karsinojenidir (Lee vd. 1995). Farklı nikel bileşikleri (çözünmeyen nikel sülfhidril tozları ve nikel oksitler, nikel karbonil buharı, çözünebilir aerosoller olan nikel sülfat, nitrit ve klorit) potansiyel karsinojenlerdir (Barceloux ve Nickel 1999). Nikel karbonile akut maruziyet sonucu hastaların çeşitli organlarında toksisite meydana gelmiştir, bunlar arasında pulmoner ve gastrointestinal toksisite gelişimi başı çekmektedir. Ayrıca akciğer, insanlardaki nikel maruziyetinde ilk hedef organdır. Norveç'te nikel rafinerilerinde çalışan işçiler üzerinde yapılan epidemiyolojik çalışma suda çözünebilir nikel bileşiklerinin akciğer kanserinin gelişmesi riski ile yakın ilişkili olduğunu göstermiştir (Grimsrud vd. 2005). Ayrıca hayvanlarda Ni DNA tamir mekanizması üzerine etki göstererek tamire engel olurken, toksik konsantrasyonlardaki Ni'in lipid peroksidasyonunu ve protein karbonil oluşumunu indüklediği gözlenmiştir (Valko vd. 2006b). Nikelin karsinojen, teratojenik, genotoksik ve hepatotoksik olduğu bilinmektedir (Pandey ve Srivastava 2000; Punshon vd. 2003) ve bu elementin vücutta birikmesi ile ilgili kaygılar ele alınmalıdır (Kasprzak vd. 2003). Bununla birlikte, tüm vücuttaki kritik nikel kalıntıları ve karasal yaban hayatı için akut veya kronik etkilerle ilişkili hedef organlar hakkındaki veriler eksiktir (Torres ve Johnson 2001). Ni, besin zinciri boyunca kolayca aktarılabilen her yerde bulunan bir elementtir (Torres ve Johnson 2001; Punshon vd. 2003). Bazı çalışmalarda Ni ile kontamine olan bölgelerde yaşayan küçük memelilerde bu metalde düşük bir artış veya hatta bu metalde azalma bildirilmiştir (Cloutier vd. 1986; Fendick vd. 1989; Talmage ve Walton 1991; Punshon vd. 2003). Benzer şekilde, bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre toplam vücut ağır metal birikimi (böbrek+karaciğer+deri-keratin+kas+kemik) Ni açısından değerlendirildiğinde, kontrolden yakalanan örnekler ile kirli olduğu düşünülen istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde fark olmasına rağmen farkın az olduğu, istasyon 1 ve 5'den yakalanan örneklerdeki Ni birikim seviyelerinin kontrolden yakalanan örneklerle oranla daha yüksek olduğu, istasyon 2,3 ve 4'den yakalanan örneklerdeki Ni birikiminin ise kontrolden daha düşük olduğu fakat tüm bu istasyonların (1-5) MCT analizlerinde kontrol ile farklı gruplarda olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Ni birikim seviyeleri değerlendirildiğinde istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu, istasyon 1'e ait örneklerdeki Ni birikim seviyesinin kontrolden yüksek

istasyon 2-5'e ait örneklerdeki birikimin ise kontrolden düşük olduğu ve istasyon 1-5'in kontrolden farklı gruplarda yer almadığı tespit edilmiştir. Yine İlkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrek ve deri-keratin doku ve organlarındaki Ni birikim seviyelerinin böbrek için istasyon 5'te, deri-keratin için istasyon 1 ve 5'te kontrolden daha yüksek olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde istasyon 5'in kontrolden farklı bir grupta yer aldığı saptanmıştır.

5.5.6. Kurşun (Pb)

Kurşun (Pb)'un hayvan ve insanların normal fizyolojik fonksiyonlarında bir rolü olmadığı fakat pek çok sistem ile süreç üzerinde ise toksik etkilere neden olabildiği bilinmektedir (Chang vd. 1996; Goyer 1990). Örneğin Pb'ye düşük dozlarda maruziyet sonucunda çocuklarda gelişim, IQ ve davranışsal etkiler gözlenmiştir (Schwartz 1994; Chang vd. 1996). Ayrıca Pb yetişkinlerde enerji üretimini etkileyen sodyum-potasyum ATP pompası iyon kanallarını ve nörotransmitterleri etkileyerek nörotoksik etkilere ve hipertansiyona neden olabilmektedir (Chang vd. 1996). Mesleki karsinojenlere maruziyet ve sigara maruziyeti nedenleri ile Pb'ye maruz kalan çalışanlarda mide, akciğer, idrar kesesi ve böbrek kanserleri gözlenmiştir (Fu ve Boffetta 1995). Pb toksisitesinin akciğer, böbrek ve mide dokularında karsinojenik ve genotoksik etkilere neden olduğu bilinmektedir (Chang vd. 1996). Deneysel olarak Pb maruziyetinin, küçük memeli hayvanlarda, sinir sistemi, böbrek, hematopoetik sistem, üreme sistemi ve çocuk gelişimi (Shore ve Douben 1994a) dâhil olmak üzere çok çeşitli toksikolojik yanıtlarla bağlantılıdır. Bu etkiler, dokudaki metal konsantrasyonları ile bağlantılı olup toksisitenin klinik belirtilerinin beklenebileceği kritik konsantrasyonun böbreklerde Pb için 70 µg/g (kuru ağırlıktan) olduğu tespit edilmiştir (Scheuhammer 1991; Shore ve Douben 1994a). Ayrıca, Pb klastojenik ve/veya genotoksik etkiler göstermektedir (Tull-Singleton vd. 1994). Pb'nin kritik karaciğer konsantrasyonlarının 25-35 µg.g-1(kuru ağırlıkta) olduğu düşünülmektedir (Scheuhammer 1991, Shore ve Douben 1994a). Bu doktora çalışmasından elde edilen veriler göz önünde bulundurulduğunda Pb birikim seviyelerinin böbreklerde klinik toksisite oluşturabilecek düzeye ulaşmadığı saptanmıştır. Yapılan bir çalışmada çok az örnekte Pb'ye rastlanmış olup bunun sebebi olarak yakalanan küçük kemirgen memeli örneklerinin bu elemente maruz kalmamaları gösterilirken (Pereira vd. 2006), vücutta bulunan Pb'nin %90'ının kemik dokuda bulunduğu da bilinmektedir (Talmage ve Walton 1991). Kemik doku, yumuşak dokulara kıyasla, ağır metaller ile yapılan ekotoksikolojik çalışmalarda düşük turn-over sayısına (erişkin bir bireyde yaklaşık olarak yılda %10) sahip olması, çeşitli elementlere maruziyet durumunda birikim sonucu doğru bir tarihsel kayıt olanağı sağlaması nedenleriyle uzun süreli çevresel maruziyet için çok daha avantajlı ve uygun bir belirteç olarak kabul görmektedir (Martiniaková vd. 2010). Yapılan bir çalışmada çinko eritme fabrikasına yakın alanlardan yakalanan küçük kemirgen memeli türünün doku ve organlarında biriken Pb ve Cd seviyeleri farklı bölgelerden yakalanan örneklerinkinden daha yüksek çıkmıştır (Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003). Pb birikim seviyesinin en yüksek kemik dokuda meydana geldiği, Cd birikiminin ise tıpkı literatürdeki diğer çalışmalarda olduğu gibi en yüksek böbrekte olduğu saptanmıştır (Hunter vd. 1982; Shore ve Rattner 2001). Literatürdeki bahsi geçen çalışmalara benzer şekilde bu çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, Cd birikiminin böbrek ve karaciğer organlarında meydana geldiği diğer dokularda (kemik, deri-keratin ve kas) birikim tespit edilememiş olup, özellikle birikim açısından böbrek birincil olarak karşımıza çıkmaktadır. Pb birikimi açısından değerlendirildiğinde, literatürdeki

çalışmalarda olduğu gibi, Güz mevsiminde yakalanan *M. guentheri* örneklerindeki en yüksek birikim kemik dokuda meydana gelmiş olup, Güz mevsiminde elde edilen sonuçlara göre, Deri-keratin ve kemik dokular bir gruba dâhil olarak (b grubu - Tukey ve Duncan açısından) diğer organ ve dokular olan karaciğer, kas ve böbrek doku ve organlarından istatistiksel olarak anlamı bir biçimde ayrılmıştır.

5.5.7. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum (Cd) yüksek oranda toksik etkiye sahip bir metaldir. Cd'nin kendisi direk olarak serbest radikalleri üretmez, bunun yerine süperoksit, hidroksil ve nitrik oksit gibi radikalleri dolaylı yollar ile üretmektedir (Galan vd. 2001). Bazı çalışmalar, kendisi radikal olmayan fakat Fenton reaksiyonları ile önemli radikallere dönüşebilen H₂O₂'nin üretildiğini göstermiştir (Watanabe vd. 2003). Bu mekanizmada öne sürülen hipotez ise, Cd'un çeşitli sitoplazmik ve membrana ait proteinlerinde bulunan Fe ve Cu ile yer değiştirerek serbest veya şelatlanmış Fe ve Cu iyonlarının miktarını artırarak Fenton reaksiyonları ile oksidatif stresin artmasına katkıda bulunduğu (Casalino vd. 1997; Watjen ve Beyersmann 2004). Cd potansiyel bir insan karsinojenidir ve mesleki maruziyet sonucunda akciğer, prostat, pankreas ve böbrek kanserleri ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Cd akciğer karsinojeni olduğu için Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (International Agency for Research on Cancer) ve Amerika Ulusal Toksikoloji Programı'na (National Toxicology Program of the USA) göre 1. kategori içerisinde bulunmaktadır (Waisberg vd. 2003). Düşük dozlarda Cd DNA replikasyonunu arttırmak suretiyle (Lohmann ve Beyersmann 1994) DNA'da meydana gelen spontan mutasyonları inükleterek genotoksisiteye neden olabilirken yüksek dozda Cd doğrudan DNA hasarına neden olabilir ve genetik materyali bozabilir (Chang vd. 1996; Godt vd. 2006; Usuda vd. 2010). Cd ve Pb'nin organizmada fonksiyonel bir görevi olmadığı ve genellikle Pb'nin kemik dokuda birikim gösterdiği ve detoksifikasyonunda kritik işlevi olan doku ve organların ise kemik iliği, sinir sistemi ve böbrek olduğu bilinmektedir (Friberg vd. 1986). Pb'ye kronik maruziyet sonucunda böbrek yetmezliği (Venugopal ve Luckey 1978; Nolan ve Shaikh 1992), karaciğer hasarı (Bolognani Fantin vd. 1992), erkek fertilitesinde azalma, spontan dişi düşüklerinde ise artış meydana gelebilmektedir (Friberg vd. 1986). Cd maruziyetinin ise birincil olarak böbrek, kemik ve akciğerlerde hasara neden olduğu (Domino 1994) ve özellikle böbrekte birikim göstererek böbrek proksimal tübüllerinin geri emilim fonksiyonunu etkilediği gözlenmiştir (Mingard ve Diezi 1992; Waalkes vd. 1992; Roels vd. 1993). Ayrıca Cd'nin Ca metabolizmasını değişime uğratarak osteomalasiye (Ogoshi vd. 1992; Kido vd. 1993), karaciğer ve testislerde hasara (Amdur vd. 1991; Liu vd. 1992; Stevens ve Lowe 2000) neden olabileceği saptanmıştır. Tüm bu etkilerinin yanı sıra Cd teratojenik ve karsinojenik etki göstermekte ve yapılan çalışmalara göre Cd zehirlenmesi sonrasında testis ve prostat kanserleri meydana gelmektedir (Venugopal ve Luckey 1978; Friberg vd. 1986; Waalkes ve Perantoni 1988). Ayrıca Pb ve Cd'un organizmada çinko (Zn) ve demir (Fe) gibi eser elementlerin seviyelerini değiştirebildiği belirtilmektedir. Diyetle Cd'un bulunması durumunda Fe emiliminin azalması ve gastrointestinal sistemden Zn emiliminin artması söz konusudur (Friberg vd. 1986; Kabata-Pendias ve Pendias 1999). Cd biyobirikimi açısından böbrek ve karaciğerin hedef organlar olduğu yapılan pek çok çalışmada gözlenmiştir (Leita vd. 1991; Talmage ve Walton 1991; Alonso vd. 2002; Pereira vd. 2006). Ayrıca kritik Cd konsantrasyonu için böbrek birincil organ olup, histopatolojik değişimlerin erken semptomları gösterebilmektedir (Świergosz-Kowalewska 2001). İngiltere'de Florür

atıkları bulunan alandan ve bir başka temiz alandan yakalanan *Apodemus sylvaticus*, *Microtus agrestis* ve *Sorex araneus* türlerine ait bireylerin böbrek, karaciğer ve kemikteki kurşun (Pb), florid ve Kadmiyum (Cd) birikimi seviyeleri değerlendirildiğinde, en yüksek birikimin hem kirli hem temiz alan için Pb ve floridin en yüksek kemik dokuda, Cd'un ise böbrekte meydana geldiği gözlenmiştir. Bu çalışmada sadece kirli alandan yakalanan *S. araneus* örneklerinde karaciğerde böbrekten daha fazla Cd birikimi olduğu tespit edilmiştir (Cooke vd. 1990). Ağır metal içeriğine sahip bir maden alanında ve temiz olduğu düşünülen bir kontrol alanından yakalanan küçük kemirgen bir memeli olan *Clethrionomys glareolus* örneklerinin dokularında Pb, Zn ve Cd seviyeleri tespit edilmiştir (Milton vd. 2003). İlgili çalışmada tahmini besin alımları, maden alanından yakalanan hayvanların üç metale (Pb, Zn ve Cd) yüksek seviyelerde maruz kaldığını ve bu durumun genellikle vücut dokularındaki metal birikim seviyelerini yansıttığını göstermiştir. Maden alanından yakalanan örnekler için tüm doku ve organlardaki Pb konsantrasyonunun temiz bölgeden yakalanan örnekler göre yüksek olduğu, Cd birikiminin ise sadece böbrekte yüksek olduğu tespit edilmiştir (Milton vd. 2003). Cooke ve arkadaşları (1990) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde, yapılan bu çalışmada değerlendirilen doku ve organlar bakımından *M. guentheri* bireylerindeki Cd birikiminin böbrek ve karaciğer organlarında gözlenirken, **ilkbahar** ve **yaz** mevsimlerinde **Pb** birikiminin en yüksek olduğu organ ve doku olarak **deri-keratin** doku, **güz** mevsimi için **kemik** doku olduğu saptanmıştır. Yapılan bir çalışmada maden yakınlarında yakalanan kemirgen örneklerinin dokularındaki Cd düzeylerinin, toksikolojik bir tepki oluşturmaya yeterli olmadığı düşünülmektedir. Çünkü böbrekte Cd için klinik semptomların başlangıcına ilişkin kritik konsantrasyonlar, yetişkin küçük memeli dokular için 350-1000 µg/g (kuru ağırlık) aralığındadır (Shore ve Douben 1994b; Cooke ve Johanson 1996). Bu doktora tez çalışmasının sonuçları göz önünde bulundurulduğunda da literatür ile benzer şekilde Cd birikim seviyelerinin küçük kemirgen memeli türlerinden biri olan *M. guentheri* için klinik semptom oluşturabilecek düzeye erişmediği belirlenmiştir. Literatürde ağır metal birikimi değerlendirilen iki türdeki (*Myodes glareolus* ve *Sorex araneus*) Cd'nin doku dağılım oranları böbrek > karaciğer > kas şeklinde bulunmuştur (Lodenius vd. 2002). Sivri burunlu farelerde (*Sorex araneus* örneklerinde) Cd'un % 90'ından fazlasının böbrek, karaciğer ve pankreasta, % 10'undan azının ise özellikle kemik ve kas gibi vücudun diğer kısımlarında biriktiği saptanmıştır (Hunter vd. 1989). Literatür sivri burunlu farelerdeki Cd birikimi böbrek > karaciğer > kas organ ve dokularında saptanırken, bizim yapmış olduğumuz bu çalışmada Cd birikimi açısından sıralama böbrek > karaciğer > kemik olarak saptanmıştır. Bu çalışmada da literatür ile uyumlu benzer şekilde yakalanan bireylerdeki Cd birikiminin çok büyük bir kısmının böbrek ve karaciğerde olduğu saptanırken, çok az bir miktarının da kemik dokuda olduğu saptanmıştır. Doku ve organlardaki ağır metal birikim seviyelerindeki mevsimsel farklılık gösterdiği çeşitli organizmalarda belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada düşük ortam sıcaklığının (5°C) *Myodes glareolus* örneklerinin böbrek ve karaciğer organlarındaki Cd birikim seviyelerinde yüksek sıcaklıkta (20°C) Cd'a maruz bırakılan örnekler ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Wlostowski vd. 1996). Bunun nedeni olarak ise, düşük sıcaklığın Cu metabolizmasını etkileyerek Cd alımını değiştirebilme potansiyeli olabileceği ifade edilmektedir. Çünkü çok sayıda mantar türünün bünyelerinde yüksek oranlarda Cd biriktirebildiği (Lodenius vd. 1981), güz mevsiminde bu mantarların yabani küçük kemirgen memelilerce tüketiminde meydana gelen artıştan dolayı, güz mevsiminde Cd birikim seviyelerinde artış meydana

gelebilmektedir (Lodenius vd. 2002). Benzer sonuçlar bu çalışmada *M. guentheri* bireylerine ait böbrek ve karaciğer organlarında saptanmış olup Güz mevsiminde yakalanan örneklerde Cd birikiminin diğer mevsimlere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

5.5.8. Civa (Hg)

Hg ve Cd esas olarak yumuşak dokularda birikmesine rağmen, kemik hücrelerinin fizyolojisini doğrudan etkiledikleri bilinmektedir. Bu ağır metaller, kalsiyum metabolizmasını ve kemiğin yeniden şekillenmesini engeller, kemik hücresi aktivitelerini bastırır, osteoklastik aktiviteleri engeller ve osteopenia ve osteomalazi gibi hipokalsemi ve histopatolojik değişiklikler oluşturur. (Goyer 1997; Gdula-Argasinska vd. 2004; Suzuki vd. 2004). Yabani kemirgen memeliler ile yapılan bir çalışmada, Hg seviyelerinin tespit limitlerinin altında olduğu saptanırken (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007), Japonya’da yapılan bir diğer çalışmada yakalanan küçük kemirgen memeli örneklerinde hiçbir organda Hg tespit edilememiştir (Minami vd. 2008). Yapılan bu çalışma kapsamında *M. guentheri* örneklerinin doku ve organlarında literatürdeki çalışmalara benzer şekilde Hg tespit edilememiştir. Bunun sebebi olarak ise, çalışma yapılan istasyonlarda Hg’nin bulunmaması olabileceği düşünülmektedir. Özellikle $HgCl_2$ içeren bileşiklerin kullanımlarının yasaklanmış olması nedeniyle, seçilen istasyonlarda Hg bulunmamasının sebebi olabilir.

5.5.9. Arsenik (As)

Arsenik (genellikle arsenik trioksit olarak bilinir As_2O_3) iyi bilinen bir zehir olup aynı zamanda insan karsinojenidir. Yapılan çalışmalar hücrelerdeki As metabolizması sonucu serbest radikallerin meydana geldiğini göstermiştir (Yamanaka vd. 2001). Son yıllarda yapılan bazı deneysel çalışmalar, arseniğin indüklediği serbest radikallerin oksidatif hassas sinyal yollarının aktivasyonu ile hücre hasara ve hücre ölümüne neden olduğunu göstermiştir (Kamat vd. 2005). As’nin indüklediği serbest radikal oluşumu dimetiltarsenik peroksil radikalleri, hidrojen peroksit, nitrik oksit, peroksil radikali, tekil oksijen ve süperoksit gibi radikallerin de içinde bulunduğu karmaşık bir ROS üretim sürecini içermektedir. Arsenat maruziyeti sonucu hidroksil radikal oluşumu artmaktadır ve bunun bir sonucu olarak hidroksil radikalleri merkezi sinir sistemi rahatsızlıklarına neden olmaktadır (Roy ve Saha 2002). Arsenik bileşikleri sülhidril (-SH) gruplarına bağlanarak glutatyon redüktaz gibi çeşitli enzimleri inhibe edebilir. Yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, arsenik ko-karsinojenik etkiler göstererek sigara maruziyeti, UV radyasyonu gibi ikincil etmenlerin DNA mutasyonlarını daha etkili biçimde meydana getirmesine yardımcı olarak dolaylı yollardan kansere neden olabilmektedir (Waalkes vd. 2004). Ayrıca As, GSH tarafından uzaklaştırılmadığında DNA’ya zarar verebilir (Shila vd. 2005). Arsenik maruziyetinin MN oluşumu ile bağlantılı olduğu bilinmektedir (Basu vd. 2004). Hücre sitoplazmasında MN varlığı, hücre bölünmesi sırasında bazı DNA’nın çekirdeğe dâhil edilmediğini gösterir; bu etki kök hücrelerde genotoksik hasardan kaynaklanır. Özellikle insan deneklerin içme suyunda As tükettikten sonra ölçülen MN sayısında bir artış gözlenmiştir. Diğer memelilerle yapılan laboratuvar çalışmaları, As varlığının DNA hasarı ile sonuçlanabileceğini göstermiş (Kitchin 2001; Wei vd. 2002; Wanibuchi vd. 2004) ve GSH düzeylerini düşürmek yolu ile diğer kanserojenlerin neden olduğu DNA hasarını daha da arttırdığını ortaya çıkarmıştır. (Shen vd. 2008; LeBlanc vd. 2009). Canlı

organizmada böbrekler vücuttan As'in elemine edilmesine büyük ölçüde katkıda bulunan bir organ olarak karşımıza çıkarken aynı zamanda As'e de büyük ölçüde maruz kalmaktadır (WHO 1981). Hayvan deneylerinden elde edilen sonuçlara göre As maruziyeti böbreklerde kronik etkiye sahiptir (WHO 1981). As vücuttan atılmasını sağlayana birincil organ böbrektir (WHO 1981; Hunder vd. 1999; Liu vd. 2000). Buna benzer sonuçların As'e ile kirlenmiş bir alandan yakalanan küçük kemirgen memeli canlılarda da gözlenmiştir (Pereira vd. 2006). İngiltere'de arsenik rafinerisine yakın bir alandan ve bir başka temiz alandan yakalanan küçük kemirgen türleri olan *Apodemus sylvaticus*, *Clethrionomys glareolus*, *Sorex araneus* örneklerinin farklı doku ve organlarında As birikimi incelenmiş sonuçlarda ise As rafinerisine yakın bölgeden yakalanan örneklerin doku ve organlarında As birikiminin temiz bölgeden yakalanan örneklerle oranla daha yüksek çıktığı saptanmıştır (İsmail ve Roberts 1992). Bahsi geçen çalışmada, değerlendirilen doku ve organlar arasında en yüksek As birikiminin kemik dokusunda meydana geldiği, ardından As birikim sıralamasının kalp > böbrek > beyin > kas şeklinde saptandığı (İsmail ve Roberts 1992) benzer sonuçların laboratuvar koşullarında yapılan benzer çalışmalarda da elde edildiği belirtilmiştir (Klassen 1974; Hisanaga 1982; Marafante 1982). Benzer sonuçlar, bu çalışmadan elde edilen sonuçlarda da gözlenmiş olup, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin böbrek organında tespit edilen As birikim seviyelerinin kas dokudakilerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu doktora tez çalışmasının sonuçlarına göre As birikimi bakımından kemik doku diğer organ ve dokulardan istatistiksel olarak anlamlı olarak daha yüksek birikime sahip olup, farklı bir grupta temsil edilirken ilkbahar ve Yaz mevsimlerinden elde edilen sonuçlara göre birikim seviyeleri deri-keratin > böbrek > karaciğer > kas olarak saptanırken, Güz mevsiminden elde edilen sonuçlara göre ise, sıralama deri-keratin > böbrek > kas > karaciğer olarak saptanmıştır. Ayrıca Güz mevsiminde yakalanan örneklerin kas, karaciğer ve toplam (kemik+karaciğer+böbrek+kas+deri-keratin) vücutlarındaki As birikimi istasyon 5'te kontrolden istatistiksel olarak anlamlı olarak daha yüksek olduğu saptanmıştır. Uzun süreli As maruziyeti sonucu, As'nin deri, kıl ve kemik dokuda birikim gösterdiği bilinirken, bunun nedenlerinin As'nin yumuşak doku proteinlerindeki sülfidril (-SH) gruplarına kuvvetli bir biçime bağlaması ve çok yavaş bir biçimde salınması, kıl ve kemik dokuda ise fosfor yerine birikim göstermesi olabileceği ifade edilmektedir (Webb 1966; Lindgren vd. 1982). Yapılan bu çalışmada *M. guentheri* bireylerinde As'in başlıca kemik ve deri-keratin dokuda birikim gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada da değerlendirilen doku ve organlar arasında (deri-keratin, kas, kemik, böbrek, karaciğer) en yüksek birikimin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde kemik dokuda meydana geldiği saptanmıştır.

5.5.10. Krom (Cr)

Krom (Cr) doğada bulunan kan glukoz seviyesinin düzenlenmesinde önemli görev alan gerekli eser elementtir. Krom (VI) yüksek konsantrasyonlarda potansiyel toksik ve karsinojenik etkiler gösterir (Dayan ve Paine 2001; Kasprzak 1995; Cieslak-Golonka 1996). Son zamanlardaki indirgenmiş Cr türlerinin hücre alımı ilgili modeller, indirgenmiş Cr türlerinin hücre dışı redoks mekanizmaları ile üretildiklerini düşündürmektedir. Hücre dışında temel olarak redoks üretilen Cr (V) ve Cr (III) kompleksleri hücre membranlarından yüksek oranda geçebilme özelliğine sahiptir. Bir kez hücre içine geçtiklerinde, krom bileşikleri serbest radikaller üretebilirler (Liu ve Shi 2001). Sadece Cr (VI) *in vitro* DNA ya da izole edilmiş nukleus ile reaksiyona girmez.

Bununla birlikte, hücre içerisinde indirgeyicilerin varlığında Cr-DNA eklentileri (adduct'ları), DNA-protein çapraz bağlanmaları ve oksidatif hasar gibi çeşitli DNA lezyonlarına neden olur (Valko vd. 2005). Cr-DNA eklentilerinin (adduct'larının) Cr (VI)'un neden olduğu mutajenite ve genotoksisiteden sorumlu olduğu gözlenmiştir (Zhitkovich 2005). Hexavalent Cr'un insanlarda akciğer kanserine neden olduğu bilinmektedir (Dayan ve Paine 2001). Örneğin, hexavalent Cr'a maruz kalan işçilerde, kalmayan işçilere oranla akciğer kanserine yakalanma oranlarının daha yüksek olduğu ayrıca Cr'un meme kanseri riskini artırma ile ilişkisi olduğu belirtilmektedir (Kilic vd. 2004). Terk edilmiş maden alanından yakalanan küçük kemirgen memeli canlılar ile yapılan bir çalışmadan elde edilen çalışmalara göre, kıl dokusunun çevresel Cr kirliliğinin saptanmasında güçlü bir biyolojik materyal olduğu tespit edilmiştir (Pereira vd. 2006). Yapılan bir ekotoksikolojik çalışmada Cu, As, Ti, Fe, Mn, Cr ve Ni'nin en yüksek konsantrasyonlarda olduğu doku olarak kıl dokusu gözlenmiştir (Khazaei vd. 2016), benzer şekilde *M. guentheri* ile yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlarda Fe, Cr, Mn ve Ni için en yüksek birikimin deri-keratin dokuda olduğu saptanmıştır. Metaller hem içten hem de dışarıdan kıl dokuda birikebilirler (Chatt ve Katz 1988). Bazı metaller, toprak parçacıkları veya hava ile temas ederek kıl uzaması sırasında sürekli olarak kıla eklenir (D'Havé vd. 2006). Kükürt kıl dokusu boyunca eşit olarak dağılır ve elementlerin emilmesi için iyi bir platform sağlar. Memelilerde, kıl, çeşitli metalleri bağlayabilen çok sayıda sülfhidril içeren keratinden oluşur. Çevrede bulunan elementler kıl foliküllerinin tiyol gruplarındaki (SH) sülfür atomlarıyla bağlantılıdır ve bu yapının içinde birirmektedir (Chatt ve Katz 1988). Alüminyum, As, Cr, Cu ve Ni ağır metalleri kıl gibi dış dokularda yüksek konsantrasyonlara ulaşan elementlerdir (D'Havé vd. 2006). Kemirgenlerin kıl dokusu, gıdaların hazırlanması, yuvaların kazılması, yiyeceklerin yuvalarında saklanması ve örtülmesi gibi habitatlarında gerçekleştirdikleri yüksek aktivite nedeniyle doğrudan ve sürekli olarak toprakla temas eder (Khazaei vd. 2015). Tüm bu nedenler ile *M. guentheri* ile yapılan bu çalışmada Al, Fe, Cr, Mn, Ni, Zn ve Co birikimi açısından en yüksek birikimin kıllı bünyesinde bulunduran deri-keratin dokuda meydana geldiği düşünülmektedir. Kıl yapısından ve ağır metal birikimlerinde meydana gelen farklılıkların, yem, su, toprak ve havadaki metallerin yanı sıra cins, mevsim, fizyoloji ve sağlık gibi çevresel faktörlerden etkilenebileceği belirtilmektedir (Filistowicz vd. 2012; Khazaei vd. 2015). Kıl, kirlenici alanlarda uzun süreler boyunca maruz kalmanın izlenmesi için faydalı bir gösterge olabilir (Hickey vd. 2001; Frisch ve Schwartz 2002; Beernaert vd. 2007; Filistowicz vd. 2012). Yapılan çalışmalarda Pb, Cr ve Cd'un klastojenik ve/veya genotoksik etkilerinin olduğu (Eisler 1985, 1986; Tull-Singleton vd. 1994; Sánchez-Chardi ve Nadal 2007) gösterilmiştir.

Zn, Fe ve Cu organizmanın normal gelişimi ve fonksiyonu için önemlidir (Topolska vd. 2004). Zn ve Cu ayrıca, ROS oluşumunu engelleyen antioksidan sistemlerin enzimleri (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007) ile detoksifikasyon proseslerine katılırlar ve bazı metalloproteinlere de bağlanırlar (Włostowski vd. 2003; Pereira vd. 2006). Küçük kemirgen memelilerde farklı ağır metallerin konsantrasyonu düzenli bir sıra takip eder, bu sıra şöyledir; Fe > Zn > Cu > Pb (Schleich vd. 2010; Khazaei vd. 2015). Fakat bu birikim sırası türlerin yaşam tarzlarına göre küçük farklılıklar gösterebilir (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007 ve Sánchez-Chardi vd. 2007c). Mohallal ve Younes (2015) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları, incelenen iki alandan yakalanan *Acomys cahirinus* örneklerinde analiz edilen ağır metallerin biyobirikimlerinin aynı

sıralamayı takip ettiğini göstermiştir. *M. guentheri* ile yapılan bu çalışmada da (ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde tüm vücut ağır metal birikimi bakımından) farklı ağır metallerin konsantrasyonu bakımından aynı birikim sırası, literatürdeki çalışmalar ile uyumlu biçimde tespit edilmiştir ($Fe > Zn > Cu > Pb$ şeklinde). Kurşun toksik bir elementtir. Fakat Zn, Fe ve Cu organizmanın normal gelişimi ve işlevi için gereklidir (Topolska vd. 2004). Ayrıca Zn ve Cu, detoksifikasyon işlemlerine, ROS oluşumunu engelleyen antioksidan sistemlerin enzimlerinin bir parçası olarak da katılmaktadır (Sanchez-Chardi ve Nadal 2007). Benzer şekilde, Fe konsantrasyonları Cd gibi kirleticilerin toksik etkilerini azaltır. Bu öğelerin canlı memelilerde yaşam fonksiyonlarının doğru işleyişi için önemini yanı sıra, ağır metallerin yüksek konsantrasyonları veya eksiklikleri organizmalar için tehlikeli olabilir. Pb'nin kritik karaciğer konsantrasyonlarının yaklaşık 25-35 µg/g kuru ağırlığı olduğu düşünülmektedir (Scheuhammer 1991; Shore ve Douben, 1994b). Mohallal ve Younes (2015) tarafından yapılan çalışmanın sonucuna göre, iki bölgeden *Acomys cahirinus* bireylerine ait örneklerdeki ağır metal konsantrasyonun bu kritik seviyeye ulaşmadığı tespit edilirken, benzer sonuçlar *M. guentheri* ile yapılan bu çalışmadan da elde edilmiş olup Pb birikim seviyelerinin kritik seviyelerden düşük olduğu saptanmıştır. Kemirgenler, potansiyel maruz kalma riski olan toksikolojik araştırmalarda insanlar için belirteç olarak hizmet ettiğinden (Shore ve Rattner 2001), ağır metal düzeylerinin incelenen alanlarda yaşayan insanların dokularında benzer histopatolojik değişikliklere neden olabileceği düşünülebilir. Literatürdeki bir çalışmada *Acomys cahirinus* örneklerinin karaciğer, böbrek ve kaslarındaki ağır metallerin konsantrasyonlarına ait sıralama şöyledir; $Fe > Zn > Cu > Mn > Pb > Ni > Co$. Benzer sıralama yapılan diğer çalışmalarda da gözlenmiştir (Şumbera vd. 2003; Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2004; Sanchez-Chardi vd. 2007c). Kirliliğe farklı miktarda maruz kalan bölgelerden yakalanan *Ctenomys talarum* örneklerinin karaciğer ve kaslarında Pb, Zn, Fe ve Cu gibi ağır metallerin konsantrasyonu ölçülmüş ve ağır metal konsantrasyon birikim seviyelerine ait sıralamanın $Fe > Zn > Pb \approx Cu$ olduğu tespit edilmiştir (Schleich vd. 2010). Yavuz ve Aktaş (2018) tarafından Burdur Çaltepe'de taş ve maden ocakları ile kirlenen alanlardan yakalanan *M. guentheri* örneklerinin kas dokusunda esansiyel elementlerin birikim seviyeleri $Fe > Zn > Mn > Cu$ olarak tespit edilmiş olup, aynı birikim seviyesi bu doktora tez çalışmasına ait ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde yakalanan *M. guentheri* örneklerinin toplam vücut (deri-keratin+kas+böbrek+karaciğer+kemik) örneklerinde de tespit edilmiştir. Bu doktora tez çalışmasına ait sonuçlarına göre, güz mevsiminde yakalanan *M. guentheri* bireylerinin tüm vücutta birikim gösteren ağır metallerin sıralaması göz önünde bulundurulduğunda, Pb hariç yukarıdaki sıralamaya benzer ($Fe > Zn > Cu > Mn > Ni > Co$) bir birikim gözlenirken, yaz ve ilkbahar mevsimlerinde yakalanan örneklerde ise birikim $Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Co > Pb$ olarak tespit edilmiştir. İran'da yapılan bir çalışmada *Rattus norvegicus* ve *Rhombomys opimus* küçük kemirgen memelilerinde Zn, Cu, Ni, Pb ve Cd birikimleri araştırılmış ve özellikle (Zarrintab ve Mirzae 2017) çoğu metalin kıl ve böbrek doku ve organlarında en yüksek birikim gösterdiği saptanmıştır. Benzer sonuçlar *M. guentheri* bireylerinde de saptanırken, Zn, Ni ve Pb ağır metalleri için en yüksek birikimin saptandığı doku deri-keratin doku, Cu ve Cd için ise böbrek ve karaciğer organlarıdır. Memeli kıllarının çoğunlukla Zn, Cu ve Ni metallerine yüksek bağlanma afinitesine sahip olan keratinden oluştuğu iyi bilinmektedir (Marcheselli vd. 2010). Dolayısıyla bir kıl büyürken kan dolaşımı ile temas ettiğinde, metalleri absorbe edebilir (Beernaert vd. 2007; McLean vd. 2009). Literatürde karaciğerdeki Zn ve Cu

konsantrasyonunun kas dokusundan anlamlı olarak daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir (Okati ve Rezaee 2013; Zarrintab ve Mirzaei 2017), bu çalışmada benzer sonuçlar *M. guentheri* için sadece ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yakalanan örneklerdeki Cu birikimi açısından saptanmıştır. Yapılan bir çalışmada tarım alanlarından kış mevsiminde yakalanan *Meriones persicus* örneklerine ait doku ve organlardaki Cu, Zn ve Ni birikim seviyeleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, doku ve organlar Ni ve Cu birikim seviyeleri bakımından karşılaştırıldığında karaciğer < kas < böbrek, Zn için ise böbrek < kas < karaciğer olarak saptanırken (Okati ve Rezaee 2013) *M. guentheri* ile yapılan bu doktora tez çalışmasında ise Cu birikimi böbrek > karaciğer > deri-keratin > kas > kemik, Ni birikimi deri-keratin > kemik > karaciğer > böbrek > kas ve Zn birikimi deri-keratin > kemik > karaciğer > böbrek > kas olarak tespit edilmiştir. Okati ve Rezaee (2013) tarafından yapılan çalışmada *Meriones persicus* örneklerindeki ağır metallerin konsantrasyon seviyelerine ait sıralamanın Zn > Cu > Ni olarak tespit edildiği, literatürdeki diğer çalışmalarda ise Zn > Cu > Pb olarak tespit edildiği (Šumbera vd. 2003; Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2004; Sánchez-Chardi vd. 2007c), *M. guentheri* ile yapılan bu çalışmada (ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinde tüm vücut ağır metal birikimi bakımından) ise *Meriones persicus* örneklerinde olduğu gibi Zn > Cu > Ni olarak tespit edilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada *Ctenomys talarum* örneklerinin kas ve karaciğer örneklerinde ağır metal birikim seviyeleri Fe > Zn > Pb ≈ Cu olarak tespit edilirken (Schleich vd. 2010), karaciğerdeki Cu ve Zn seviyelerinin kas dokusuna oranla istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde daha yüksek çıktığı saptanmış olup (Schleich vd. 2010), benzer sonuçlar *M. guentheri* ile yapılan bu çalışmada ise Cu seviyeleri bakımından tespit edilmiştir. Şöyle ki ilkbahar ve Yaz mevsimlerinde yakalanan *M. guentheri* bireylerine ait karaciğer ve böbrek organlarında meydana gelen Cu birikim seviyelerinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde deri-keratin, kas ve kemik dokularındaki birikim seviyelerinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Cu ve Zn bilindiği üzere normal büyüme ve vücudun fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gerekli elementlerdir (Topolska vd. 2004). Ayrıca Cu ve Zn'nin detoksifikasyonun ve antioksidan enzimlerin bir parçası olduğu böylece ROS oluşumunu engellediği (Sánchez-Chardi vd. 2007c) bilinmektedir. Tüm bunların yanı sıra Zn ve Cu bazı metallotiyoneinler (MT) ile ilişkilidir (Pereira vd. 2006). Normal vücut fonksiyonlarının yerine getirilebilmesi için gerekli olan bu elementler gerekli olmasına rağmen, bunlara yüksek konsantrasyonlarda maruziyet organizmalar için tehlikeli olabilmektedir. Bazı kirli bölgelerden yakalanan küçük kemirgen türlerin karaciğer ve bazı dokularında yüksek konsantrasyonlarda Cu ve Zn elementlerine rastalanmıştır (Sánchez-Chardi vd. 2007c). Zn konsantrasyonu açısından böbrek için kritik seviye 465 µg/g (d.w.) olarak belirtilirken, karaciğer için bu seviye 274 µg/g (d.w.) olarak belirtilmektedir (Świergosz-Kowalewska vd. 2005). *Meriones persicus* örneklerine ait karaciğer ve böbrek organlarında Zn için tespit edilen seviye bu kritik seviyelerin altındadır (Okati ve Rezaee 2013). Šumbera ve arkadaşları (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, *Heliophobius argenteocinereus* örneklerine ait karaciğer ve kastaki Cu, Pb, Cd ve Zn konsantrasyonlarına ait ortalamalar tespit edilmiş olup, için elde edilen sonuçlar açısından karaciğerdeki Zn ve Cu konsantrasyonlarının kas dokuya oranla anlamlı olarak daha yüksek olduğu saptanmıştır (Šumbera vd. 2003). Araştırmacılar, karaciğerdeki ağır metallerin konsantrasyonunun kaslarla karşılaştırılmasında görülen bu farkın, bazı dokuların ağır metallere karşı sahip olduğu farklı düzenleyici mekanizmaların bir sonucu olduğunu belirtmiştir (Ma vd. 1991). Bulgaristan'da tarım alanından yakalanan küçük kemirgen memelilerden olan *Glis glis*

örneklerinin karaciğerindeki Ni konsantrasyonu 0.643 mg/kg (d.w.) olarak saptanırken (Markov 2012), *Meriones persicus* örneklerinin karaciğerindeki Ni konsantrasyonunun ise bu organda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Okati ve Rezaee 2013) *M. guentheri* ile yapılan bu çalışmada ilkbahar mevsimine ait örneklerin böbrek organında kontrolden istatistiksel olarak anlamlı biçimde yüksek olan istasyon 5'te 0.44 ppm, deri-keratin dokuda ise kontrolden istatistiksel olarak anlamlı biçimde yüksek olan istasyon 5'te 6.24 ppm, kemik dokuda ise kontrolden istatistiksel olarak anlamlı biçimde yüksek olan istasyon 2'de 3.5 ppm olarak tespit edilmiştir. Mısır'da kirlenmiş bir bölgeden yakalanan küçük kemirgen bir tür olan *Acomys cahirinus* örneklerinin Cu, Fe ve Zn kirliliğinden en fazla etkilenen organ olarak böbrek (karaciğer ve kas ile karşılaştırıldığında) olarak tespit edilmiştir (Mohallal ve Younes 2015). Kirlenmiş alanlarda yaşayan küçük kemirgen memelilerden olan *Myodes glareolus* için Zn ve Cd metalleri için kritik doku olarak kemik doku, Cu ve Fe için ise böbrek ve karaciğer saptanmış olup (Martiniaková vd. 2010) bu sonuçların insanlardan elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu belirtilmektedir (O'Brien vd. 1993; Damek-Poprawa ve Sawicka-Kapusta 2003). Bu doktora tez çalışmasından elde edilen sonuçlara göre, *M. guentheri* için Cu birikimi açısından kritik organ *Myodes glareolus* için olduğu gibi böbrek ve karaciğer organlarıdır. Bu çalışmanın sonuçları göz önünde bulundurulduğunda *M. guentheri* için Fe ve Zn için kritik dokunun deri-keratin doku olduğu, Cd için ise böbrek ve karaciğer organları olduğu tespit edilmiştir. Küçük kemirgen memelilerden olan fareler ve ratlar için karaciğer, bazı temel (esansiyel) elementler için ana hedef organ ve homeostatik mekanizmalarda önemli rolü olan kritik bir organdır. Karaciğer, inhalasyon veya sindirim yoluyla organizmaya giren zehirli ve temel maddelere birincil olarak maruz kalan organ karaciğerdir. Karaciğere gelen ana kan kaynağı olarak bağırsak karşımıza çıkmaktadır (Haschek ve Rousseaux 1998). Karaciğer, plazmadan gelen metalleri ayrıştırır, metabolize eder, depolar ve çeşitli şekillerde ya safraya ya da tekrar kan dolaşımı içine yeniden dağıtır (Blázovics vd. 2002). Yapılan çalışmada terk edilmiş maden alanının yakalanan küçük kemirgen memeli (*Mus spretus*) örneklerine ait doku ve organlarda en yüksek Cu, Zn ve Fe seviyeleri karaciğerde saptanırken (Pereira vd. 2006) aynı türe ait temiz bölgeden yakalanan örneklerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir (Lopes vd. 2002). Bu yabani memelilerde kaydedilen temel elementlerin düşük seviyeleri, kontaminantların bir karışımına maruz kalma ve bunların arasındaki etkileşimlerle açıklanabilir (Pereira vd. 2006). Yüksek oranda Zn alımı bağırsaklardaki mukozal hücrelerde metalotiyoneinlere bağlanma yarışına girerek Cu emilimini azaltabilmektedir ve bu inhibisyon Cu salınımını azaltarak plazmadaki Cu seviyesinin düşmesine neden olabilir (Roney vd. 2005). Güney Avustralya'da yapılan bir çalışmada Cd, Cu, Zn, Hg ve Pb'ye maruz kalan yetişkin yunuslarda (*Tursiops aduncus*) yüksek konsantrasyonlarda bu metallere rastlanmış olup aynı zamanda böbrek hasarı ve kemik malformasyonu tespit edilmiştir (Lavery vd. 2009). Metalotiyoneinler (MT) biyolojik olarak esansiyel bir grup proteindir. MT Pb, Cd ve Zn gibi metallere bağlanan yakalayıcı özellikte, düşük moleküler ağırlığa ve yüksek sistein içeriğine sahip metal detoksifikasyonuna yardımcı olan proteinlerdir. MT'ler fonksiyonel olarak ağırlıklı bir biçimde çeşitli ağır metallere ve organik kimyasallara bağlanma oranları diğer organlardan daha yüksek olan karaciğer ve böbrek organlarında görev yapmaktadır (Casarett vd. 2008). Karaciğer ve böbrek organlarındaki kan akımı aktif taşıma ve protein bağlanma yolu ile bu fonksiyonu daha etkili hale getirmektedir (Casarett vd. 2008). MT'lerin Zn, Cd, Cu, Pb ve Ag gibi ağır metal iyonlarına yüksek oranda afinitesi mevcuttur. Çeşitli metal iyonlarına yüksek oranda maruziyet sonucu MT sentezi

artabilmektedir (Chang vd. 1996). Cd, Cu ve Zn gibi ağır metallerin MT gen transkripsiyonunu indükleyerek MT sentezini arttırdığı saptanmıştır (Chang vd. 1996). MT güçlü bir şekilde Cd, Pb, Zn ve diğer ağır metallere bağlanabilen sülfür ve üç protein alt ünitesinden oluşmaktadır. MT-metal bağlanma kapasitesi genellikle çoğu türde karaciğer ve beyin ile karşılaştırıldığında böbreklerde daha yüksektir (Sonne vd. 2009). Karaciğer diğer organlara göre ana detoksifikasyon organıdır ve MT üreterek metallerin toksik etkilerini azalmaktadır (Filipović ve Raspor 2003; Olsson vd. 1999).

5.5.11. Kobalt (Co)

Pek çok çalışma Co toksisitesinin serbest radikal indüklemesinden kaynaklandığını göstermiştir. Hanna ve arkadaşları (1992)'nin yapmış olduğu bir çalışmada hidrojen peroksitin çeşitli Co (II) kompleksleri ile belli fizyolojik şartlarda reaksiyona girerek oksijen serbest radikallerinin oluştuğunu göstermişlerdir (Hanna vd. 1992). Kobalt kalp için toksik etki gösterirken yüksek miktarlarda hayvanlara verilirse karsinojenik etkiler göstrebilmektedir. Kobalt sülfata soluma yolu ile maruz bırakılan erkek ve dişi farelerde alveolar/bronşial neoplazma, solunum yollarında inflamasyon, fibrotik ve proliferatif lezyonlar meydana gelmesine neden olmuştur (Bucher vd. 1999). Co (II) enjeksiyonuna maruz bırakılan ratlarda Fenton tipi reaksiyonlar sonucu meydana gelen hidroksil radikallerinin neden olduğu karakteristik oksidatif DNA baz hasarları gözlenmiştir (Nackerdien vd. 1991). Ayrıca Co (II) DNA tamir yolağını da engellemektedir (Hartwig ve Schwerdtle 2002). Tüm bu etkileri nedeniyle, Co birikiminin canlı organizmalarda tespit edilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, ilkbahar mevsiminde istasyon 5'ten yakalanan *M. guentheri* bireylerinin karaciğer ve böbrek organlarındaki Co birikim seviyesinin kontrolden yakalananlardan istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha yüksek olduğu tespit edilirken, yaz mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğer organında benzer sonuçlar istasyon 2 ve 5 için, deri-keratin dokusunda istasyon 4, kemik dokusundan istasyon 5 için ve güz mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokusunda istasyon 2 için saptanmıştır.

Literatür incelendiğinde, metallerin doku ve organlarındaki dağılımlarının farklı türlerde birbirinden ayrıldığını görülmektedir (Talmage ve Walton 1991; Komarnicki 2000; Swiergosz-Kowalewska vd. 2005). Bu farklılık olgusunun toksisitenin azaltılmasıyla ilişkili fizyolojik mekanizmaların, maruziyet şeklinin ve süresinin farklı olması ve/veya yumuşak dokularda metallerin yarı ömürlerinin farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Sánchez-Chardi ve Nadal 2007).

Yapılan bu çalışmada *M. guentheri* bireylerinin bazı küçük kemirgenlerde olduğu gibi mevsimsel olarak post (kıl) değiştirmemesi sebebiyle (Yavuz 2008), özellikle deri-keratin dokuda uzun süreli ağır metal maruziyetleri için uygun bir organizma olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçların da bunu desteklediği görülmektedir. Özellikle doku ve organsal olarak ağır metal birikimlerinin analizleri sonucu elde edilen sonuçların, değerlendirilen doku ve organlar arasında en yüksek Fe, Al, Zn, Ni, Mn, Cr ve Co birikimlerinin deri-keratin dokuda meydana geldiği saptanmıştır.

Ağır metal birikimleri bakımından elementler arasında korelasyonlar her mevsim için ayrı ayrı ele alınmış olup, elementler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde Pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Buna göre, Cu ve Fe arasında ($r_{ilkbahar}=0.358$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Cu ve Mn arasında ($r_{ilkbahar}=0.512$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.224$; $p_{yaz}=0.006$), Cu ve Al arasında ($r_{ilkbahar}=0.472$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Cu ve Ni arasında ($r_{ilkbahar}=0.168$; $p_{ilkbahar}=0.044$), Cu ve Cr arasında ($r_{ilkbahar}=0.531$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Cu ve B arasında ($r_{ilkbahar}=0.246$; $p_{ilkbahar}=0.02$), Fe ve Mn arasında ($r_{ilkbahar}=0.918$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.815$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.916$; $p_{güz}=0.000$), Fe ve Al arasında ($r_{ilkbahar}=0.913$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.755$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.873$; $p_{güz}=0.000$), Fe ve Co arasında ($r_{ilkbahar}=0.957$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.838$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.973$; $p_{güz}=0.000$), Fe ve Ni arasında ($r_{ilkbahar}=0.947$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.889$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.902$; $p_{güz}=0.000$), Fe ve Zn arasında ($r_{ilkbahar}=0.667$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.695$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.648$; $p_{güz}=0.000$), Fe ve Cr arasında ($r_{ilkbahar}=0.902$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.717$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.873$; $p_{güz}=0.000$), Fe ve As arasında ($r_{ilkbahar}=0.528$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.417$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.328$; $p_{güz}=0.000$), Fe ve Pb arasında ($r_{yaz}=0.581$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.473$; $p_{güz}=0.000$), Fe ve B arasında ($r_{ilkbahar}=0.305$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Mn ve Al arasında ($r_{ilkbahar}=0.970$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.870$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.914$; $p_{güz}=0.000$), Mn ve Co arasında ($r_{ilkbahar}=0.984$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.956$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.976$; $p_{güz}=0.000$), Mn ve Ni arasında ($r_{ilkbahar}=0.820$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.747$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.804$; $p_{güz}=0.000$), Mn ve Zn arasında ($r_{ilkbahar}=0.635$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.409$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.465$; $p_{güz}=0.000$), Mn ve Cr arasında ($r_{ilkbahar}=0.983$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.858$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.920$; $p_{güz}=0.000$), Mn ve As arasında ($r_{ilkbahar}=0.381$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Mn ve Pb arasında ($r_{yaz}=0.609$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.357$; $p_{güz}=0.000$), Mn ve B arasında ($r_{ilkbahar}=0.335$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Al ve Co arasında ($r_{ilkbahar}=0.957$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.821$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.898$; $p_{güz}=0.000$), Al ve Ni arasında ($r_{ilkbahar}=0.811$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.647$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.830$; $p_{güz}=0.000$), Al ve Zn arasında ($r_{ilkbahar}=0.660$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.406$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.531$; $p_{güz}=0.000$), Al ve Cr arasında ($r_{ilkbahar}=0.969$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.764$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.890$; $p_{güz}=0.000$), Al ve As arasında ($r_{ilkbahar}=0.377$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.223$; $p_{yaz}=0.006$, $r_{güz}=0.415$; $p_{güz}=0.000$), Al ve Pb arasında ($r_{yaz}=0.690$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.592$; $p_{güz}=0.000$), Al ve Cd arasında ($r_{güz}=0.437$; $p_{güz}=0.000$), Al ve B arasında ($r_{ilkbahar}=0.426$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.351$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.297$; $p_{güz}=0.000$), Co ve Ni arasında ($r_{ilkbahar}=0.885$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.819$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.824$; $p_{güz}=0.000$), Co ve Zn arasında ($r_{ilkbahar}=0.653$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.457$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.527$; $p_{güz}=0.000$), Co ve Cr arasında ($r_{ilkbahar}=0.969$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.839$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.897$; $p_{güz}=0.000$), Co ve As arasında ($r_{ilkbahar}=0.440$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.264$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.242$; $p_{güz}=0.000$), Co ve Pb arasında ($r_{yaz}=0.640$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.392$; $p_{güz}=0.000$), Co ve B arasında ($r_{ilkbahar}=0.344$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Ni ve Zn arasında ($r_{ilkbahar}=0.727$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.779$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.726$; $p_{güz}=0.000$), Ni ve Cr arasında ($r_{ilkbahar}=0.827$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.694$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.759$; $p_{güz}=0.000$), Ni ve As arasında ($r_{ilkbahar}=0.643$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.530$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.500$; $p_{güz}=0.000$), Ni ve Pb arasında ($r_{yaz}=0.589$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.584$; $p_{güz}=0.000$), Ni ve B arasında ($r_{ilkbahar}=0.218$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Zn ve Cr arasında ($r_{ilkbahar}=0.679$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.433$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.525$; $p_{güz}=0.000$), Zn ve As arasında ($r_{ilkbahar}=0.684$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.538$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.464$; $p_{güz}=0.000$), Zn ve Pb arasında ($r_{yaz}=0.415$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.559$; $p_{güz}=0.000$), Cr ve As arasında ($r_{ilkbahar}=0.410$; $p_{ilkbahar}=0.000$, $r_{yaz}=0.400$; $p_{yaz}=0.000$), Cr ve Pb arasında ($r_{ilkbahar}=0.298$; $p_{ilkbahar}=0.001$, $r_{yaz}=0.620$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.363$; $p_{güz}=0.000$), Cr ve B

arasında ($r_{ilkbahar}=0.315$; $p_{ilkbahar}=0.000$), As ve Pb arasında ($r_{yaz}=0.511$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.655$; $p_{güz}=0.000$), As ve B arasında ($r_{güz}=0.577$; $p_{güz}=0.000$), Pb ve Cd arasında ($r_{ilkbahar}=0.990$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Pb ve B arasında ($r_{yaz}=0.382$; $p_{yaz}=0.000$, $r_{güz}=0.600$; $p_{güz}=0.000$) pozitif güçlü korelasyonlar olduğu saptanmıştır.

Cu ve Cr arasında ($r_{yaz}=0.167$; $p_{yaz}=0.041$), Cu ve Cd arasında ($r_{yaz}=0.319$; $p_{yaz}=0.023$), Mn ve As arasında ($r_{yaz}=0.173$; $p_{yaz}=0.035$, $r_{güz}=0.203$; $p_{güz}=0.013$), Ni ve Pb arasında ($r_{yaz}=0.228$; $p_{yaz}=0.012$), Zn ve B arasında ($r_{yaz}=0.180$; $p_{yaz}=0.023$), pozitif zayıf korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Cu ve Ni arasında ($r_{yaz}= - 0.236$; $p_{yaz}=0.007$), Cu ve Co arasında ($r_{ilkbahar}= - 0.469$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Cu ve Cd arasında ($r_{ilkbahar}= - 0.622$; $p_{ilkbahar}=0.000$), Cu ve As arasında ($r_{yaz}= - 0.231$; $p_{yaz}=0.004$), Fe ve Cd arasında ($r_{güz}= - 0.417$; $p_{güz}=0.000$), Co ve Cd arasında ($r_{güz}= - 0.417$; $p_{güz}=0.000$), Ni ve Cd arasında ($r_{güz}= - 0.413$; $p_{güz}=0.000$), Zn ve Cd arasında ($r_{güz}= - 0.478$; $p_{güz}=0.000$), Cr ve Cd arasında ($r_{güz}= - 0.410$; $p_{güz}=0.000$), Pb ve Cd arasında ($r_{güz}= - 0.430$; $p_{güz}=0.000$) negatif güçlü korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Al ve Cd arasında ($r_{yaz}= - 0.294$; $p_{yaz}=0.036$) negatif zayıf korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada kirli olduğu düşünülen ve kontrol olarak belirlenen istasyonlardan, yapılan ön çalışmalar ile toprak örnekleri alınarak ağır metal analizleri gerçekleştirilmiştir (2014 ve 2015 yıllarında). Toprak örnekleri alınan örnekler sırasıyla 5 örnek istasyon 1'den, toplam 10 örnek istasyon 2-3'ten, toplam 10 örnek istasyon 4-5'ten ve 5 örnek kontrol olarak belirlenen istasyondan alınmıştır. Bu alanlardan alınan toprak örneklerdeki ağır metal birikim seviyelerine ait ortalamalar [(ortalama (X)±standart hata (Se)] sırasıyla Fe için istasyon 1'de 41083.11 ± 164.37 ppm istasyon 2-3'te 40734.56 ± 159.22 , istasyon 4-5'te 44793.46 ± 159.57 , kontrol'de 32637.28 ± 139.16 , Al için istasyon 1'de 9979.69 ± 230.42 ppm istasyon 2-3'te 10237.11 ± 245.92 , istasyon 4-5'te 10132.81 ± 246.02 , kontrol'de 8431.26 ± 218.01 , Mn için istasyon 1'de 162.11 ± 2.78 ppm istasyon 2-3'te 172.28 ± 2.93 , istasyon 4-5'te 161.33 ± 2.49 , kontrol'de 163.30 ± 2.14 , Zn için istasyon 1'de 62.10 ± 1.51 ppm istasyon 2-3'te 60.37 ± 1.53 , istasyon 4-5'te 63.42 ± 1.66 , kontrol'de 52.01 ± 1.31 , Cu için istasyon 1'de 39.55 ± 0.89 ppm istasyon 2-3'te 38.75 ± 0.92 , istasyon 4-5'te 38.12 ± 0.89 , kontrol'de 31.51 ± 0.75 , B için istasyon 1'de 28.92 ± 0.65 ppm istasyon 2-3'te 28.63 ± 0.67 , istasyon 4-5'te 29.74 ± 0.71 , kontrol'de 22.25 ± 0.62 , Pb için istasyon 1'de 24.94 ± 0.73 ppm istasyon 2-3'te 23.46 ± 0.84 , istasyon 4-5'te 24.10 ± 0.88 , kontrol'de 9.50 ± 0.40 , Ni için istasyon 1'de 23.66 ± 0.62 ppm istasyon 2-3'te 25.03 ± 0.73 , istasyon 4-5'te 24.60 ± 0.70 , kontrol'de 17.20 ± 0.82 , As için istasyon 1'de 18.92 ± 0.48 ppm istasyon 2-3'te 18.66 ± 0.51 , istasyon 4-5'te 17.93 ± 0.50 , kontrol'de 3.47 ± 0.05 , Cr için istasyon 1'de 9.04 ± 0.25 ppm istasyon 2-3'te 10.60 ± 0.30 , istasyon 4-5'te 10.83 ± 0.28 , kontrol'de 5.03 ± 0.15 , Co için istasyon 1'de 5.62 ± 0.21 ppm istasyon 2-3'te 6.48 ± 0.21 , istasyon 4-5'te 5.91 ± 0.23 , kontrol'de 3.38 ± 0.21 , Cd için istasyon 1'de 3.02 ± 0.08 ppm istasyon 2-3'te 3.11 ± 0.08 , istasyon 4-5'te 3.04 ± 0.08 , kontrol'de 1.14 ± 0.07 , Hg için istasyon 1'de 3.17 ± 0.09 ppm istasyon 2-3'te 3.23 ± 0.08 , istasyon 4-5'te 3.38 ± 0.09 , kontrol'de 1.07 ± 0.08 ppm olarak tespit edilmiştir.

6. SONUÇLAR

Ağır metal birikim seviyeleri yabani küçük memelilerde genellikle ağır metal tipine bağlı olarak farklı hedef doku ve organlarda (böbrek, karaciğer, kas, kemik vb.) saptanmaktadır (Martiniková vd. 2010; Blagojević vd. 2012; Lourenço vd. 2013; Khazaee vd. 2016; Zarrintab ve Mirzaei 2017; Yavuz ve Aktaş 2018). Yapılan bu çalışmanın amacı Korkuteli-Antalya’da taş ve maden ocaklarının faaliyetleri ile kirlenen istasyonlarda doğal olarak yaşayan ve bu istasyonlardan yakalanan *M. guentheri* bireylerinin çeşitli doku ve organlarındaki ağır metal birikim seviyelerinin ve periferik kan lenfositlerindeki genetik hasarın tespit edilmesi ve ilk defa *M. guentheri*’nin kirliliğin biyoindikatörü olarak kullanılabilmek potansiyelinin ortaya çıkarılmasıdır. Elde edilen sonuçlar ağır metal kirliliğinin biyoindikatörü olarak *M. guentheri*’nin rolünü değerlendirmemize olanak sağlarken, aynı zamanda çevresel kirliliğin tespiti için erken uyarı sistemi olma potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada biyobirikimi incelenen ağır metallerden bir çoğu biota için toksik etki gösterebilen ve tarımsal olarak büyük önem taşıyan bölgelerde bu alanların korunması için gerekli önlemlerin alınması için özel olarak değerlendirilmesi gereken metaller olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu elementlerin canlı bünyelerine ana giriş yolları genel olarak doğal yollar olsa da, antropojenik etkilerin de bu girişlerdeki etkisini ortaya çıkarmak için daha detaylı analizlerin yapılması gerekmektedir (Sánchez-Chardi vd. 2007c; Sánchez-Chardi ve López-Fuster 2009).

Bu çalışmada ilkbahar mevsiminde istasyon 3 ve 5’ten yakalanan örneklerin karaciğerlerindeki Cu ve Cr birikim seviyelerinin kontrolden istatistiksel olarak anlamlı biçimde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar Fe, Mn ve Co birikim seviyeleri için de tespit edilmiş olup, Cu ve Mn için istasyon 3’ten, Co için ise istasyon 5’ten yakalanan örneklerdeki birikim seviyelerinin istatistiksel olarak anlamlı biçimde kontrolden yüksek olduğu saptanmıştır.

İlkbahar mevsiminde istasyon 2’den yakalanan örneklerin kas dokularındaki Cu ve Co birikim seviyeleri kontrolden anlamlı olarak düşük tespit edilirken, istasyon 5’ten yakalanan örneklerdeki birikim seviyelerinin ise istatistiksel olarak anlamlı olmasa da kontrole göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde yakalanan örnekler kas dokularındaki ağır metal birikimleri açısından değerlendirildiğinde, Fe birikimi için istasyon 5’ten, Cr birikimi için istasyon 3 ve 5’ten yakalanan örneklerin istatistiksel olarak anlamlı biçimde kontrolden daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Yine ilkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin böbrekleri ağır metal birikimleri açısından değerlendirildiğinde, Cu ve Fe birikimi için istasyon 3 ve 5’ten, Cr, Mn ve Zn birikimi için istasyon 3’ten, Co ve Ni birikimleri için istasyon 5’ten yakalanan örneklerin istatistiksel olarak anlamlı biçimde kontrolden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Aynı mevsimde istasyon 3’ten yakalanan örneklerin böbreklerindeki B birikimleri seviyelerinin ise kontrolden anlamlı biçimde daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

İlkbahar mevsiminde istasyon 5’ten yakalanan örneklerin deri-keratin dokularındaki Ni birikim seviyelerinin kontrolden anlamlı olarak yüksek olduğu saptanmış olup, Pb birikim seviyelerinin istasyonlar arasında farklılık gösterdiği ve

kontrol ve istasyon 5'den yakalanan örneklerdeki Pb birikim seviyelerinin diğer istasyonlardan yakalanan örneklerden daha yüksek olduğu saptanmıştır.

İlkbaharda yakalanan örneklerin kemik dokularındaki ağır metal birikim seviyelerinde ise, istasyon 3'ten yakalanan örneklerin kontroldekilerden anlamlı olarak yüksek olduğu ve Ni birikim seviyelerinin istatistiksel olarak istasyonlar arasında farklılık gösterdiği, sadece istasyon 1'ten yakalanan örneklerdeki birikim seviyelerinin kontrolden yüksek olduğu ama MCT analizlerinde istasyon 1 ve kontrol'un aynı gruplar içerisinde olduğu, istasyon 2-5'ten yakalanan örneklerdeki Ni birikim seviyelerinin ise kontrolden düşük olduğu saptanmıştır. İlkbahar mevsiminde yakalanan örneklerin değerlendirilen doku ve organlarının tümünde (kemik+karaciğer+böbrek+kas+deri-keratin) meydana gelen ağır metal birikim seviyelerine ait sonuçlara göre; istasyon 3 ve 5'ten yakalanan Cu birikim seviyeleri kontrolden anlamlı biçimde daha yüksek saptanırken, Ni birikim seviyelerinin istatistiksel olarak istasyonlar arasında farklılık gösterdiği, sadece istasyon 1 ve 5'ten yakalanan örneklerdeki birikim seviyelerinin kontrolden yüksek olduğu ama MCT analizlerinde istasyon 1 ve kontrol'un aynı gruplar içerisinde olduğu belirlenirken, İstasyon 1'den yakalanan örneklerdeki Cd birikim seviyelerinin kontrolden daha yüksek olduğu saptanmıştır.

***M. guentheri*'de değerlendirilen organlardaki birikim seviyelerine ait değerlendirmelere göre, kirli olduğu ön çalışmalar ile saptanan ve bu nedenle bu çalışma kapsamında değerlendirilen istasyonlar olan 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı istasyonlarda temel kirlenici etmenler olarak varsayılabilecek potansiyele sahip ağır metaller ve bu ağır metaller ile kirlendiği düşünülen istasyonlar ilkbahar mevsimi için şöyledir; kirlilik seviyeleri bakımından yüksek olduğu düşünülen istasyonlar arasında istasyon 3, 5 ve daha sonra 1 sayılabilir ve yapılan değerlendirmeler ışığında kirlenici ağır metallerin istasyon 1 için Ni ve Cd olabileceği, istasyon 3 için Cu, Fe, Cr, Zn ve Mn olabileceği, istasyon 5 için ise, Cu, Zn, Cr, Ni ve Co olabileceği düşünülmektedir.**

Yaz mevsiminde istasyon 2 ve 5'ten yakalanan örneklerin karaciğerindeki Co birikim seviyelerinin kontrolden istatistiksel olarak anlamlı biçimde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde yakalanan örneklerin karaciğerlerindeki As birikim seviyelerinin kontrol ve 3 numaralı istasyonlarda yüksek diğer istasyonlarda ise anlamlı olarak (MCT analizlerinde istasyon 1 ve 3 'un farklı gruplar arasında yer aldığı saptanmıştır) daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde yakalanan *M. guentheri* örneklerinin kas dokularındaki ağır metal birikim seviyelerine ait sonuçlar değerlendirildiğinde, istasyonlar arasında Cu, Fe, Zn ve Cr birikim seviyeleri açısından fark olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokularındaki Cu, Fe, Zn ve Cr ağır metalleri bakımından kontrol istasyonunda yakalanan örneklerin diğer istasyonlardan yakalanan örneklerden daha yüksek birikime sahip oldukları tespit edilmiştir.

Yaz mevsiminde istasyon 4 ve 5'ten yakalanan örneklerin böbreklerindeki Cu birikim seviyelerinin kontrolden istatistiksel olarak anlamlı biçimde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yine yaz mevsiminde yakalanan örneklerin böbrekleri ağır metal birikimleri açısından değerlendirildiğinde, Zn birikim seviyelerinin istasyon 1, 2, 3, 4 ve 5'ten yakalanan örneklerde kontrolden daha düşük olduğu saptanmıştır. Aynı mevsim ve aynı organdeki Pb birikim seviyelerine ait sonuçlarda ise kontrol ve istasyon

2'den yakalanan örneklerde Pb birikimi tespit edilmemiş olup, diğer istasyonların hepsinde Pb tespit edilmiştir (en yüksek birikim seviyeleri istasyon 3 ve 5'te saptanmıştır). Yine yaz mevsiminde istasyon 1 ve 3'ten yakalanan örneklerin böbreklerindeki B birikimleri seviyelerinin kontroldekilerden yüksek olduğu, istasyon 2, 4 ve 5'ten yakalanan örneklerin böbreklerindeki B birikim seviyelerinin ise kontrolden anlamlı olarak daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yaz mevsiminde yakalanan örneklerin deri-keratin dokularındaki Cu seviyelerinin istatistiksel olarak istasyonlar arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiş olmasına rağmen MCT analizlerinde değerlendirilen istasyonların benzer gruplarda olduğu ve en yüksek Cu birikim seviyesinin istasyon 4'ten yakalanan örneklerde olduğu belirlenmiştir. Yaz mevsiminde istasyon 4'ten yakalanan örneklerin deri-keratin dokularındaki Mn, Co, Cr birikim seviyelerinin kontrolden anlamlı olarak daha yüksek olduğu tespit edilirken, Pb birikimi açısından kontrolden yakalanan örneklerde birikim olmadığı, diğer istasyonlarda ise Pb birikiminin olduğu ve en yüksek birikimin istasyon 4'ten yakalanan örneklerde meydana geldiği tespit edilmiştir. Aynı örneklerdeki B birikim seviyeleri değerlendirildiğinde ise, istasyon 3'ten yakalanan örneklerin istatistiksel olarak anlamlı biçimde kontrolden yüksek olduğu, en düşük birikim konsantrasyonlarının ise istasyon 4 ve 5'ten yakalanan örneklerde olduğu saptanmıştır.

Yaz mevsiminde istasyon 5'ten yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Co birikim seviyelerinin istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde kontrolden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yine yaz mevsiminde yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Ni seviyelerinin istatistiksel olarak istasyonlar arasında farklılık gösterdiği MCT analizlerinde değerlendirilen istasyonlar açısından en yüksek birikimin istasyon 5'te, en düşük birikim ise istasyon 3'te meydana geldiği saptanmıştır. Yaz mevsiminde istasyon 5'ten yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Zn birikim seviyelerinin en yüksek olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde istasyon 4'ten daha yüksek olduğu tespit edilirken, MCT analizlerinde istasyon 5 ve kontrol'un benzer gruplarda yer aldığı saptanmıştır. Yaz mevsiminde kontrolden yakalanan örneklerin kemik dokularındaki Cr ve B birikim seviyelerinin diğer istasyonlardan yakalanan örneklerinkilerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yaz mevsiminde yakalanan örneklerin değerlendirilen doku ve organlarının tümünde (kemik+karaciğer+böbrek+kas+deri-keratin) meydana gelen ağır metal birikim seviyelerine ait sonuçlara göre; istasyon 4'ten yakalanan örneklerdeki Cu birikim seviyelerinin kontrolden daha yüksek olduğu saptanırken, B birikim seviyeleri açısından ise istasyon 3'ten yakalanan örneklerdeki birikimin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

M. guentheri'de doku ve organlardaki birikim seviyelerine ait değerlendirmelere göre, kirli olduğu ön çalışmalar ile saptanan ve bu nedenle bu çalışma kapsamında değerlendirilen istasyonlar olan 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı istasyonlarda temel kirletici etmenler olarak varsayılabilir potansiyel sahip ağır metaller ve ağırlıklı olarak bu ağır metaller ile kirlendiği düşünülen istasyonlar yaz mevsimi için şöyledir; kirlilik seviyeleri bakımından yüksek olduğu düşünülen istasyonlar arasında istasyon 4, 5 daha sonra 2 ve 3 sayılabilir ve yapılan değerlendirmeler ışığında kirletici ağır metallerin istasyon 2 için Ni olabileceği, istasyon 3 için As ve B olabileceği, istasyon 4 için Pb, Cu, Mn, Co ve Cr olabileceği, istasyon 5 için ise Zn ve Ni olabileceği düşünülmektedir.

Güz mevsiminde istasyon 2'den yakalanan örneklerin karaciğerindeki Cr birikim seviyelerinin kontrolden istatistiksel olarak anlamlı biçimde düşük olduğu, istasyon 5'ten yakalanan örneklerdeki As birikim seviyelerinin ise kontrolden anlamlı biçimde yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Güz mevsiminde istasyon 2'den yakalanan örneklerin kas dokularındaki Zn, Cu ve Cr birikim seviyelerinin anlamlı biçimde kontrolden daha yüksek olduğu istasyon 2'den yakalanan örneklerin kas dokularındaki As birikim seviyelerinin kontrolden anlamlı biçimde yüksek olduğu tespit edilirken, istasyon 1-5'ten yakalanan örneklerdeki Fe birikim seviyelerinin kontrolden anlamlı biçimde yüksek olduğu saptanmıştır. Güz mevsiminde yakalanan örneklerin kas dokuları Pb birikimi açısından değerlendirildiğinde, kontrol ve istasyon 4'ten yakalanan örneklerde Pb birikimi tespit edilmediği, diğer istasyonlarda ise Pb birikimi olduğu ve en yüksek birikimin istasyon 1'de meydana geldiği saptanmıştır.

Güz mevsiminde yakalanan *M. guetheri* örneklerinin böbreklerindeki ağır metal birikim seviyelerine ait sonuçlar değerlendirildiğinde, istasyonlar arasında Zn ve Pb birikim seviyeleri açısından fark olduğu tespit edilirken, Zn birikimi için istasyon 2'den yakalanan, Pb birikimi için ise istasyon 1 ve 2'den yakalanan örneklerin kontrolden anlamlı biçimde farklı olduğu tespit edilmiştir.

Güz mevsiminde istasyon 1 ve 2'den yakalanan *M. guetheri* örneklerinin deri-keratin dokularında meydana gelen Cu ve Zn birikim seviyelerinin anlamlı biçimde kontrolden daha yüksek olduğu, Pb birikimi açısından ise istasyon 1'den yakalanan örneklerin kontrolden anlamlı biçimde daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Güz mevsiminde istasyon 2'den yakalanan *M. guetheri* örneklerinin kemik dokularında meydana gelen Cu, Fe, Cr, Zn, Mn ve Co birikim seviyelerinin kontrolden istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Güz mevsiminde yakalanan örneklerin değerlendirilen doku ve organlarının tümünde (kemik+karaciğer+böbrek+kas+deri-keratin) meydana gelen ağır metal birikim seviyelerine ait sonuçlara göre; istasyon 4 ve 5'ten yakalanan örneklerdeki As birikim seviyelerinin kontrolden daha yüksek olduğu saptanırken, Zn birikim seviyeleri açısından istasyonlar arasında fark olmasına rağmen MCT analizlerinde istasyonların benzer gruplarda yer aldığı belirlenmiştir.

***M. guentheri*'de doku ve organlardaki birikim seviyelerine ait değerlendirmelere göre, kirli olduğu ön çalışmalar ile saptanan ve bu nedenle bu çalışma kapsamında değerlendirilen istasyonlar olan 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı istasyonlarda yoğun olduğu ve temel kirletici etmenler olarak varsayılabilir potansiyel sahip ağır metaller ve ağırlıklı olarak ağır metaller ile kirlendiği düşünülen istasyonlar güz mevsimi için şöyledir; kirlilik seviyeleri bakımından yüksek olduğu düşünülen istasyonlar arasında istasyon 1, 2 ve daha sonra 4 ile 5 sayılabilir ve yapılan değerlendirmeler ışığında kirletici ağır metallerin istasyon 1 için Fe, Cu, Zn, Cr ve Pb olabileceği, istasyon 2 için Fe, Cu, Zn, Mn, Cr, Co ve Pb olabileceği, istasyon 5 için ise Fe, As ve Pb olabileceği düşünülmektedir.**

Bu çalışmada *M. guentheri*'de özellikle doku ve organsal olarak ağır metal birikimlerinin analizleri sonucu elde edilen sonuçlara göre, deri-keratin dokunun Fe, Al,

Zn, Ni, Mn, Cr, Co, As ve Pb birikimleri, böbrek organının Cu ve Cd birikimleri, karaciğer organının Cu, Cd ve B birikimleri, kemik dokunun As ve Pb birikimleri açısından önemli doku ve organlar olduğu tespit edilmiştir. Doku ve organlarda ağır metal birikimi Canonical Diskriminant Analiz ile değerlendirilmiş olup, sonuçta böbrek organı ve kemik dokunun birbirine benzer, karaciğer organı ve kas dokunun birbirine benzer, deri-keratin dokunun ise böbrek, kemik, kas ve karaciğer doku ve organlarının hepsinden belirgin biçimde farklı olduğu saptanmıştır. Belirlenen istasyonlardan yakalanan *M. guentheri* bireylerine ait mevsimsel ağır metal birikimi Canonical Diskriminant ile değerlendirilmiş olup sonuçta ilkbahar ve yaz mevsimlerinin birbirlerine yakın, güz mevsiminin ise bu iki mevsimden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, İlkbahar ve Yaz mevsimlerinde farklı istasyonlardan yakalanan *M. guentheri* örneklerine ait kan örneklerinden izole edilen periferik lenfositlerdeki genetik hasarın comet testi ile değerlendirilmesi sonucu, kontrol istasyonundan yakalanan örneklerin ve kirli olduğu düşünülen 5 istasyondan elde edilen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu, güz mevsiminde yakalanan örneklerde ise istasyon 3, 4 ve 5'in istatistiksel olarak kontrolden farklı bir grupta yer aldığı tespit edilmiştir. Literatür incelemelerinde görüldüğü üzere, genotoksik etkileri olduğu bilinen çok sayıda ağır metal ve metalloidin kirli olduğu düşünülen istasyonlardan yakalanan örneklerin değerlendirilen doku ve organlarında kontrole oranla anlamlı biçimde yüksek olduğu saptanırken, kirli bölgelerde yaşayan *M. guentheri* bireylerinin periferik lenfositlerinde meydana gelen hasarın bu ağır metallerin olası genotoksik etkileri ile meydana geldiği düşünülmektedir. Bu etkiye neden olabileceği düşünülen ağır metal ve metalloidler arasında şunlar sayılabilmektedir; Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, Cr, Pb, As, Cd ve Co. Yapılan bu çalışmada yakalanan örneklerin değerlendirilen doku ve organlarında Hg (ppb düzeyinde) tespit edilmemiştir.

Literatürde yapılan çalışmalarda, çok sayıda metal ve metalloidin çevreye taş ve maden ocaklarının etkisiyle salındığı bilinmektedir. Taş ve maden ocaklarının etkisiyle 35 metalin ağır metal olarak sınıflandırılan 23'üne maruz kalındığı belirtilmekte olup, bunların arasında As, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni, Zn bulunmaktadır (Glanze 1996; Tiimub vd. 2015). Asonomaso, Gana'da yapılan bir çalışmada maden tozlarında bulunan ağır metaller değerlendirilmiş olup, değerlendirilen her iki maden alanında As, Cu ve Zn seviyeleri madenlere uzak alanlara göre anlamlı biçimde yüksek çıkarken, ikinci madenden elde edilen tozlarında Mn, Fe ve Pb oranlarının yüksek olduğu saptanmıştır (Tiimub vd. 2015). Nijerya'da yapılan bir çalışmada ise, maden alanına yakın bölgedeki toprak örneklerinde yüksek oranda Fe, Pb, Cu, Cr ve Ni tespit edilmiştir (Ayodele vd. 2014). Çeşitli metal ve metalloidlerin su ve /veya toprakta belirli seviyelerin üzerinde bulunmaları, bitkiler, küçük kemirgenler ve insanlar gibi pek çok canlıyı besin zinciri yolu ile etkileyebilmektedir. Yapılan pek çok çalışma sonucunda, içme suyunda kabul edilebilir ağır metal ve metalloidlerin bulunma limitleri Cu için 1.3, Cr için 0.1, Cd için 0.005, Hg için 0.002 ppm ve Fe, Al, Zn, Ni, Mn, As, Pb için ise 0 olarak EPA tarafından belirlenmiştir (Anonymous 1). Toprakta veya katı depolama alanlarında kabul edilebilir ağır metal ve metalloidlerin bulunma limitleri ise Cr, As ve Pb için 5 ppm, Cd için 1 ppm, Hg 0.2 ppm ve Fe, Al, Zn, Cu, Ni ve Mn için sıfır olarak belirlenmiştir (Anonymous 2). Belirlenen bu seviyelerin üzerinde bulunan bu ağır metal ve metalloid bileşiklerin çeşitli sağlık sorunlarına neden olabileceği belirtilmektedir. Bu çalışma yapılmadan önce (2014 ve 2015) gerçekleştirilen ve istasyon 1-5 ve kontrol alanlarından alınan toprak örneklerinde tespit edilen ağır

metaller izin verilen limitlerin çok üzerindedir (özellikle kirli olması nedeniyle seçilen istasyon 1-5'den alınan toprak örneklerinde), normal şartlarda toprakta bulunmaması gereken ağır metallerin (Fe, Al, Mn, Zn, Cu, B, Ni, Cr, Hg) çok yüksek oranlarda bulunduğu, belirli oranlarda bulunması gereken Pb değerinin yaklaşık 5 katı, As'ın yaklaşık 3 katı ve Cr'un yaklaşık 2 katından daha yüksek oranlarda bulunduğu belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalar sonucunda, sınırları belirlenen değerlerin üzerinde Hg maruziyeti sonucu böbrek hasarı, Pb maruziyeti sonucu çocuklarda fiziksel ve mental gerilik, Pb maruziyeti sonucu yetişkinlerde böbrek sorunları, kısa süreli Cu maruziyeti sonucu gastrointestinal stres, uzun süreli Cu maruziyeti sonucu karaciğer ve böbrek hasarı, Cr maruziyeti sonucu alerjik dermatit, As maruziyeti sonucu deri ve dolaşım sistemleri sorunları ile kanser riskinde artış meydana gelebilmektedir (Anonymous 1; Goyer ve Clarkson 2001). Tüm bunlar birlikte değerlendirildiğinde, bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre ağır metal birikimleri bakımında değerlendirilen *M. guentheri*'ye ait tüm doku ve organlardaki toplam birikim seviyeleri, Hg hariç tüm ağır metal ve metalloidlerde günlük içme suyunda bulunması gereken limitlerin üzerinde olduğu saptanmıştır. Ayrıca Pb'nin 0.015 ppm'in üzerinde birincil su kaynaklarında bulunmasının insanlarda sağlık sorunlarına neden olduğu bilinmekte olup, bu ağır metal bakımından tüm vücut birikimi *M. guentheri* için değerlendirildiğinde, ilkbahar, yaz ve güz mevsimlerinin her biri için birikimin bu değer üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Toprakta bulunmaması gereken Fe, Al, Zn, Cu, Ni ve Mn ağır metallerinin kritik seviyelerin üzerinde olduğu saptanırken, ağır metal kirliliğinin Korkuteli'de başladığı söylenebilir. Toprakta yaşayan bitki ve hayvanların ve besin zinciri nedeniyle insanların topraktaki ağır metal kirliliğinden korunabilmesi için alınabilecek bazı önlemler önerilebilmektedir. Toprak kirlendikten sonra tamamen ağır metallerden temizlenmesi çok mümkün olmadığı için öncelikli olarak toprak ve su kaynaklarının kirlenmemesi için koruyucu önlemler alınabilir. Madencilik faaliyetleri yapılırken, ağır metallerin çevreye salınmasını azaltacak çevreci yaklaşımların kullanılması ile toprak, hava ve su kaynakları ile canlıların korunması mümkün olabilecektir. Çeşitli antropojenik faaliyetler nedeniyle (örneğin meyve bahçelerinde As içeren insektisitlerin kullanılması, endüstriyel çamur ve katı atıkların salınması, madencilik faaliyetleri ile çeşitli ağır metal ve metalloidlerin salınması vb.) ağır metal ve metalloidler ile kirlenen toprakların yönetim stratejileri, bu ağır metallerin topraktan uzaklaştırılarak temizlenmesini sağlayamasa da, ağır metallerin toprakta kalmasını ve canlılar için olası zararlı etkilerinin azaltılmasına yardımcı olabilir (USDA-NRCS 2000). Bitkilerin kullanılması ile gerçekleştirilen bu yöntemin stratejileri şöyledir (Brady ve Weil 1999):

1. *Toprak PH 'ını 6.5 ve daha üzerine çıkarmak:* Katyonik metaller düşük pH seviyelerinde daha çözülebilir. Dolayısıyla pH'ın artırılması katyonik metallerin bitkilere geçiş oranlarını azaltarak, hayvanlar ve insanlar tarafından tüketilen bitkilere bu metallerin geçişini azaltabilir. Anyonik elementler için ise pH'ın yükseltilmesinin ters etki yaptığı belirtilmektedir. Bu nedenle, mevcut durum (topraktaki anyonik ve katyonik ağır metallerin hangi veya hangilerinin mevcut olduğunun saptanması ve buna göre bu yöntemin kullanılması büyük önem arz etmektedir.

2. *Islak toprak drenajı:* Drenaj toprağın havalanması ve metallerin okside olmasını arttırarak metalleri daha az çözünebilir hale getirmektedir. Krom için ise bunun tersi söz konusudur.

3. *Fosfat uygulaması*: Fosfat uygulaması katyonik metallerin geçişini azaltırken, anyonik metallerinkini arttırmaktadır. Fosfat uygulaması yaparken, aşırı oranda toprakta fosfat bulunmasının ise su kirliliğine yol açabileceği mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

4. *Ağır metaller ile kirlenen topraklar için uygun bitkilerin seçilmesi*: Bitkiler, meyve ve tohumlarından daha yüksek oranda yapraklarında ağır metalleri biriktirmektedir. Bu nedenle, insanlar ve hayvanlar tarafından tüketilen yapraklı sebzelerin ve bitkilerin besin zinciri kontaminyasyonundaki riski göz önünde bulundurulmalı ve kirlenmiş olduğu saptanan topraklarda ekimi yapılacak bitkiler bu bilgiler ışığında seçilerek risk azaltılmaya çalışılabilir. Klasik “remediasyon” yolu ile kirlenen toprakların “*in situ*” (yerinde) “*ex situ*” (toprağın alınıp temizlendikten sonra yerine koyulması) çok pahalı yöntemleri içermektedir. Bitkiler toprağın temizlenmesinde kullanılabilmektedir (Wenzel vd. 1999). Fitoremediasyon olarak adlandırılan bu yöntem bitkilerin kirlenmiş topraklardan ağır metal, pestisit, PAH gibi kirleticilerden temizlenmesi (kirleticilerden uzaklaştırılması veya bu kirleticilerin parçalanması) olarak bilinmektedir (Brady ve Weil 1999).

Tüm bu yöntemler toprak kirlendikten sonra çevre ve halk sağlığının korunabilmesi için alınabilecek önlemler olarak sayılabilir. Fitoremediasyon yöntemi ile çevrenin korunabilmesi için, bu bitkilerin bünyelerine topladıkları ağır metaller ile birlikte hasat edilip, başka bir ortama taşınması büyük önem arz etmektedir. Ayrıca ilerleyen detaylı çalışmaların seçilen alanlarda yapılması (su analizleri, bölgede yaşayan insanlardan alınabilecek kan ve idrar örneklerindeki ağır metal birikim seviyelerinin tespiti ile olası risklerin değerlendirilmesi) mümkün olan çalışmalar ile sağlık risklerinin araştırılması önem taşıyan konular olma potansiyeline sahiptir.



7. KAYNAKLAR

- Abt, K.F. and Bock, W.F. 1998. Seasonal variations of diet composition in farmland field mice *Apodemus* spp. and bank voles *Clethrionomys glareolus*. *Acta Theriol.*, 43: 379-389.
- Adham, K.G., Al-Eisa, N.A. and Farhood, M.H. 2011. Risk assessment of heavy metal contamination in soil and wild Libyan jird *Meriones libycus* in Riyadh, Saudi Arabia. *J. Environ. Biol.*, 32: 813-819.
- Akor-Dewu, M.B., El Yamani, N., Bilyk, O., Holtung, L., Tjelle, T.E., Blomhoff, R. and Collins, A.R. 2014. Leucocytes isolated from simply frozen whole blood can be used in human biomonitoring for DNA damage measurement with the comet assay. *Cell Biochem. Funct.*, 32: 299-302.
- Al Sayegh Petkovšek, S., Kopušar, N. and Kryštufek, B. 2014. Small mammals as biomonitors of metal pollution: a case study in Slovenia. *Environ. Monit. Assess.*, 186 (7): 4261-4274.
- Alberici, T.M., Sopper, W.E., Storm, G.L. and Yahner R.H. 1989. Trace metals in soil, vegetation, and voles from mine land treated with sewage sludge. *J. Environ. Qual.*, 18: 115-120
- Albertini, R.J., Nicklas, J.A. and O'Neill, J.P. 1996. Future research directions for evaluating human genetic and cancer risk from environmental exposures. *Environ. Health Perspect.*, 104 (3): 503-510.
- Alonso, M.L., Benedito, J.L., Miranda, M., Castillo, C., Hernández, J. and Shore, R.F. 2002. Interactions between toxic and essential trace metals in cattle from a region with low levels of pollution. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 42: 165-172.
- Amaral, A., Cabral, C., Guedes, C. and Rodrigues, A. 2007. Apoptosis, metallothionein, and bioavailable metals in domestic mice (*Mus musculus* L.) from a human-inhabited volcanic area. *Ecotoxicology*, 16: 475-482.
- Amdur, M.O., Doull, J., Curtis, M.D. and Kloasen, C.D. 1991. Cassarett and Doull's Toxicology. Pergamon Press, New York, Oxford.
- Andráš, P. and Križáni, I. 2006. Free-living rodents as monitors of environmental contaminants at a polluted mining dump area. *Carpth. J. Earth Environ. Sci.*, 1 (2): 51-62.
- Angelova, V., Ivanova, R., Delibaltova, V. and Ivanov, K. 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fiber crops (flax, cotton, and hemp). *Ind. Crops Prod.*, 19 (3): 197-205.

- Anonymous 1: <http://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations> [Son erişim tarihi: 19.01.2017].
- Anonymous 2: <https://www.gpo.gov/fdsys/granule/CFR-2002-title40-vol22/CFR-2002-title40-vol22-sec261-24> [Son erişim tarihi: 01.07.2002].
- Au, W.W., Lane, R.G., Legator, M.S., Whorton, E.B., Wilkinson, G.S. and Gabehart, G.J. 1995. Biomarker monitoring of a population residing near uranium mining activities. *Environ. Health Perspect.*, 103 (5): 466-470.
- Ayodele, O.J., Shittu, O.S. and Balogun, T. 2014. Heavy metal pollution assessment of granite quarrying operations at Ikole-Ekiti, Nigeria *IJEMA*, 2(6): 333-339.
- Babbs, C.F. 1990. Free-radicals and the etiology of colon cancer. *Free Rad. Biol. Med.*, 8: 191-200.
- Bai, J.F., Shi, Y.H., Cui, L.P. and Tang, X.Y. 2004. The impact of heavy metals from coal mine-spoil heaps on soil. *J. Anhui. Univ. Sci. Technol. (Nat Sci)*, 24: 10-15.
- Barceloux, D.G. 1999. Nickel. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.*, 37: 239-258.
- Barillet, S., Adam-Guillermin, C., Palluel, O., Porcher, J.M. and Devaux, A. 2010. Uranium bioaccumulation and biological disorders induced in zebrafish (*Danio rerio*) after a depleted uranium waterborne exposure. *Environ. Pollut.*, 159: 495-502.
- Basu, A., Ghosh, P., Das, J.K., Banerjee, A., Ray, K. and Giri, A.K. 2004. Micronuclei as biomarkers of carcinogen exposure in populations exposed to arsenic through drinking water in West Bengal, India: a comparative study in three cell types. *Cancer Epidemiol Biomark Prev.*, 13: 820-827.
- Beardsley, A., Vagg, M.J., Beckett, P.H.T. and Sansom, B.F. 1978. Use of field vole (*M.agrestis*) for monitoring potentially harmful elements in environment. *Environ. Pollut.*, 16: 65-71.
- Beernaert, J., Scheirs, J., Leirs, H., Blust, R. and Verhagen, R. 2007. Nondestructive pollution exposure assessment by means of wood mice hair. *Environ. Pollut.*, 145: 443-451.
- Bennet, J.R., Kaufman, C.A., Koch, I., Sova, J. and Reimer, K.J. 2007. Ecological risk assessment of lead contamination at rifle and pistol ranges using techniques to account for site characteristics. *Sci. Total Environ.*, 374: 91-101.
- Beyer, W.N. and Storm, G. 1995. Ecotoxicological damage from zinc smelting at Palmerton, Pennsylvania. In Hoffman, D.J., Rattner, B.A., Burton, G.A. and Cairns, J.C. (Eds.), *Handbook of toxicology*, Boca Raton: CRC Press, Inc, (pp.

569-608.

- Beyer, W.N., Connor, E.E. and Gerould, S. 1994. Estimates of soil ingestion by wildlife. *J. Wildl. Manage*, 58: 375-382.
- Beyer, W.N., Pattee, O.H., Sile, L., Hoffman, D.J. and Mulhern, B.M. 1985. Metal contamination in wildlife living near two zinc smelters. *Environ. Pollut.*, 38 (A): 63-86.
- Bhasin, G., Kauser, H. and Athar, M. 2002. Iron augments stage-I and stage- II tumor promotion in murine skin. *Cancer Lett.*, 183: 113-122.
- Bian, Z., Inyang, H.I., Daniels, J.L., Otto, F. and Struthers, S. 2010. Environmental issues from coal mining and their solutions. *Min. Sci. Technol.*, 20: 215-223.
- Blagojević, J., Jovanović, V., Stamenković, G., Jojić, V., Bugarski-Stanojević, V., Adnađević, T., and Vujošević, M. 2012. Age Differences in Bioaccumulation of Heavy Metals in Populations of the Black-Striped Field Mouse, *Apodemus agrarius* (Rodentia, Mammalia). *Int. J. Environ. Res.*, 6 (4): 1045-1052.
- Blázovics, A., Abaza, M., Sípó, P., Szemtmihályi, K., Fehér, E. and Szilágyi, M. 2002. Biochemical and morphological changes in liver and gallbladder bile of broiler chicken exposed to heavy metals (cadmium, lead, mercury). *Trace Elem. Electroly.*, 19 (1): 42-47.
- Bolognani Fantin, A.M., Franchini, A., Trevisan, P. and Pederzoli, A. 1992. Histomorphological and cytochemical changes induced in the liver of goldfish *Carassius carassius* var. *auratus* by short-term exposure to lead. *Acta Histochem.*, 92: 228-235.
- Brady ve Weil 1999 Brady, N.C., and R.R. Weil. 1999. The nature and properties of soils. 12th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ.
- Brugge, D. and Buchner, V. 2011. Health effects of uranium: new research findings. *Rev. Environ. Health*, 26: 231-249.
- Brumbaugh, W.G., Mora, M.A., May, T.W. and Phalen, D.N. 2010. Metal exposure and effects in voles and small birds near a mining haul road in Cape Krusenstern National Monument, Alaska. *Environ. Monit. Assess.*, 170: 73-86.
- Bucher, J.R., Hailey, J.R., Roycroft, J.R., Haseman, J.K., Sills, R.C., Grumbein, S.L., Mellick, P.W. and Chou, B.J. 1999. Inhalation toxicity and carcinogenicity studies of cobalt sulfate. *Toxicol. Sci.*, 49: 56-67.
- Cabarcas-Montalvo, M., Olivero-Verbel, J. and Corrales-Aldana, H. 2012. Genotoxic

- effects in blood cells of *Mus musculus* and *Iguana iguana* living near coal mining areas in Colombia. *Sci. Total Environ.*, 416: 208-214.
- Cagnin, M., Moreno, S., Aloise, G., Garofalo, G., Villafuerte, R., Gaona, P. and Cristaldi, M. 1998. Comparative study of Spanish and Italian terrestrial small mammal coenoses of different biotopes in Mediterranean Peninsular tip regions. *J. Biogeogr.*, 25 (6): 1105-1113.
- Casalino, E., Sblano, C. and Landriscina, C. 1997. Enzyme activity alteration by cadmium administration to rats: the possibility of iron involvement in lipid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.*, 346: 171-179.
- Casarett, L.J., Doull, J. and Klaassen, C.D. 2008. Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons. New York: McGraw-Hill.
- Celik, M., Donbak, L., Unal, F., Yüzbaşıoğlu, D., Aksoy, H. and Yılmaz, S. 2007. Cytogenetic damage in workers from a coal-fired power plant. *Mutat. Res.*, 627: 158-163.
- Cengiz, M.F., Kilic, S., Yalcin, F., Kilic, M. and Yalcin, M.G. 2017. Evaluation of heavy metal risk potential in Bogacayi River water (Antalya, Turkey). *Environ. Monit. Assess*, 189 (6): 248.
- Chang, L.W., Magoş, L. and Suzuki, T. 1996. Toxicology of metals. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Chatt, A. and Katz, S.A. 1988. Hair analysis: applications in the biomedical and environmental sciences. VCH, New York.
- Chen, F., Ding, M., Castranova, V. and Shi, X.L. 2001. Carcinogenic metals and NF-kappa B activation. *Mol. Cell. Biochem.*, 222: 159-171.
- Chen, L.C., Lam, H.F., Kim, E.J., Guty, J. and Amdur, M.O. 1990. Pulmonary effects of ultrafine coal fly ash inhaled by guinea pigs. *Toxicol. Environ. Health*, 29-32: 169-184.
- Chmiel, K.M. and Harisson, R.M. 1981. Lead content of small mammals at a roadside site in relation to the pathways of exposure. *Sci. Total Environ.*, 17: 145-154.
- Cieslak-Golonka, M. 1996. Toxic and mutagenic effects of chromium(VI). A review. *Polyhedron*, 15: 3667-3689.
- Cloutier, N.R., Culow, F.V., Lim, T.P. and Davé, N.K. 1986. Metal (Cu, Ni, Fe, Co, Zn, Pb) and Ra-226 levels in tissues of meadow voles *Microtus pennsylvanicus* living in a nickel and uranium mine tailings in Ontario, Canada: site, sex, age, and season effects with calculation of average skeletal radiation dose. *Environ.*

- Pollut. A*, 41:295-314.
- Coates, R.J., Weiss, N.S., Daling, J.R., Rettmer, R.L. and Warnick, G.R. 1989. Cancer risk in relation to serum copper levels. *Cancer Res.*, 49: 4353-4356.
- Collins, A.R., Oscoz, A.A., Brunborg, G., Gaivão, I., Giovannelli, L., Kruszewski, M., Smith, C.C. and Stetina, R. 2008. The comet assay: topical issues. *Mutagenesis*, 23: 143-151.
- Conroy, C.J., and Cook, J.A. 2000. Molecular systematics of a Holarctic rodent (*Microtus*: Muridae). *J. Mammal.*, 81: 344-359.
- Cooke, J.A. and Johanson, M.S. 1996. Cadmium in small mammals. In Beyer, W.N., Heinz, G.H., and Redmon-Norwood, A.W. (Eds.), *Environmental contaminants in wildlife: interpreting tissue concentration*, Boca Raton: CRC Press, Inc, pp. 377-399.
- Cooke, J.A., Andrews, S.M. and Johnson, M.S. 1990. Lead, zinc, cadmium, and fluoride in small mammals from contaminated grassland established on fluorspar tailings. *Water Air Soil Pollut.*, 51: 43-54.
- Cousins, R.J. 1985. Absorption, transport, and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruoplasmin. *Physiol. Rev.*, 65: 238-309.
- Cristaldi, M., D'Arcangelo, E., Ieradi, L.A., Mascanzoni, D., Mattei, T. and Van Axel Castelli, I. 1990. 137-Cs determination and mutagenicity tests in wild *Mus musculus domesticus* before and after the Chernobyl accident. *Environ. Pol.*, 64: 1-9.
- Cristaldi, M., Ieradi, L.A., Mascanzoni, D. and Mattei, T. 1991. Environmental impact of the Chernobyl accident: mutagenesis in bank voles from Sweden. *Int. J. Radiat. Biol.*, 59: 31-40.
- Curry, A.S. and Pounds, C.A. 1979. Arsenic in hair. *J. Forensic Sci. Soc.*, 17: 37-44.
- Çolak, E., Kıvanç, E., Sözen, M. and Yiğit, N. 1996. Investigation on Biology of *Meriones crassus* Sundevall, 1842 (Mammalia: Rodentia) in Turkey. *Turk. J. Zoology*, 20: 211-215.
- Da Silva Júnior, F.M.R., Monarca, R.I., Dias, D., Ramalhinho, M.G., Mathias, M.L. and Muccillo-Baisch, A.L. 2013. Geno- and Cyto-toxicity in Free-Living Rodent *Mus spretus* Exposed to Simulated Onshore Oil Spill. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 91:465-468.
- Da Silva, J., De Freitas, T.R.O., Heuser, V., Marinho, J. and Erdtmann, B. 2000a.

- Genotoxicity biomonitoring in coal regions using wild rodent *Ctenomys torquatus* by Comet Assay and Micronucleus Test. *Environ. Mol. Mutagen.*, 35: 270-278.
- Da Silva, J., de Freitas, T.R.O., Marinho, J.R., Speit, G. and Erdtmann, B. 2000b. An alkaline single-cell gel electrophoresis (comet) assay for environmental biomonitoring with native rodents. *Genet. Mol. Biol.*, 23: 241-245.
- Damek-Poprawa, M. and Sawicka-Kapusta, K. 2003. Damage to the liver, kidney, and testis with reference to burden of heavy metals in yellow-necked mice from areas around steelworks and zinc smelters in Poland. *Toxicology*, 186: 1-10.
- Damek-Poprawa, M. and Sawicka-Kapusta, K. 2004. Histopathological changes in liver, kidneys, and testes of bank voles environmentally exposed to heavy metals emissions from the steelworks and zinc smelter in Poland. *Environ. Res.*, 96: 72-78.
- Danford, C.H. and Alston, E. 1880. On The Mammals of Asia Minor. *Proc. Zool. Soc.*, 50-64.
- Daniel, K.G., Harbach, R.H., Guida, W.C. and Dou, Q.P. 2004. Copper storage diseases: Menkes, Wilson's, and cancer. *Front. Biosci.*, 9: 2652-2662.
- Dayan, A.D. and Paine, A.J. 2001. Mechanisms of chromium toxicity, carcinogenicity and allergenicity: review of the literature from 1985 to 2000. *Human Exp. Toxicol.*, 20: 439-451.
- De Lapuente, J., Lourenço, J., Mendo, S.A., Borrás, M., Martins, M.G., Costa, P.D. and Pacheco, M. 2015. The Comet Assay and its applications in the field of ecotoxicology: a mature tool that continues to expand its perspectives. *Front Genet.*, 4 (6): 180.
- Degrassi, F., Tanzarella, C., Ieradi, L.A., Zima, J., Cappai, A., Lascialfari, A., Allegra, F. and Cristaldi, M. 1999. CREST-staining of micronuclei from free-living rodents to detect environmental contamination *in situ*. *Mutagenesis*, 14: 391-396.
- Demirsoy, A. 1996. Türkiye Omurgalıları, Memeliler. Meteksan A.Ş., 112-193, Ankara.
- Depledge, M.H. 1989. The rational basis for detection of the early effects of marine pollution using physiological indicators. *Ambio*, 18: 301-302.
- Depledge, M.H., Amaral-Mendes, J.J., Daniel, B., Halbrook, R.S., Kloepper-Sams, P., Moore, M.N. and Peakall, D.P. 1993. "The conceptual basis of the biomarker approach", in: D.G. Peakall, L.R. Shugart (Eds.), *Biomarkers-Research and Application in the Assessment of Environmental Health*, Springer, Berlin, pp.

15-29.

- D'Havé, H., Scheirs, J., Mubiana, V.K., Verhagen, R., Blust, R. and DeCoen, W. 2006. Non-destructive pollution exposure assessment in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*): II. Hair and spines as indicators of endogenous metal and As concentrations. *Environ. Pollut.*, 142: 438-448.
- Dikilitas, M. and Kocyigit, A. 2012. Assessment of computerized and manual analysis of slides processed in single cell gel electrophoresis assay. *Fresen. Environ. Bull.*, 21 (10): 2981-2987.
- Dimitrov, H.A., Mitkovska, V.I., Tzekov, V.D. and Chassovnikarova, T.G. 2016. Bioaccumulation of Cadmium and Lead in Rodent Species from the Region of Lead-Zinc Smelting Factory-Plovdiv (South Bulgaria). *Ecol. Balk.*, 8 (1): 9-18.
- Dixon, D.R., Pruski, A.M., Dixon, L.R.J. and Jha, A.N. 2002. Marine invertebrate ecogenotoxicology: a methodological overview. *Mutagenesis*, 17: 495-507.
- Domino, J.L. 1994. Metal-induced developmental toxicity in mammal. *Toxicol. Environ. Health*, 42: 123-141.
- Dunn, M.A. and Cousins, R.J. 1989. Kinetics of zinc metabolism in the rat: effect of dibutyl cAMP. *American J. Physiol.*, 256: E420-E430.
- ECETOC. 2001. White Paper on Genomics, Transcript Profiling, Proteomics and Metabonomics (GTPM)-An Introduction. ECETOC Document No. 42, European Centre for the Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels, Belgium, 2001, 27 pp.
- Eisler, R. 1985. Cadmium hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. US Fish and Wildlife Service, Biological Report USFWS 85/1.2, Laurel, MD.
- Eisler, R. 1986. Chromium hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. US Fish and Wildlife Service, Biological Report USFWS 85/1.6, Laurel, MD.
- El-Motaium, R.A. 2000. Alleviation of environmental pollution using nuclear techniques recycling of sewage water and sludge in agriculture: a case study. *ICEHM*, 323-332.
- Elturki, M.A.A. 2015. Bone microarchitecture, kidney heavy metal and metallothionein concentrations in *Peromyscus leucopus* from Tar Creek Superfund Site. PhD Thesis, Oklahoma State University, 117 p.
- Erry, B.V., Macnair, M.R., Meharg, A.A. and Shore, R.F. 2005. The Distribution of Arsenic in the Body Tissues of Wood Mice and Bank Voles. *Arch. Environ.*

- Contam. Toxicol.*, 49: 569-576.
- Fan, A., Howd, R. and Davis, B. 1995. Risk assessment of environmental chemicals. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, 35: 341-368.
- Fendick, E.A., Stevens, G.L., Brown, R.J. and Jordan, W.P. 1989. Element content in tissues of four rodent species sampled in the Geysers geothermal steamfield. *Environ. Pollut.*, 58: 155-178.
- Festa, F., Cristaldi, M., Ieradi, L.A., Moreno, S. and Cozzi, R. 2003. The Comet assay for the detection of DNA damage in *Mus spretus* from Doñana National Park. *Environ. Res.*, 91:54-61.
- Filipović, V. and Raspor, B. 2003. Metallothionein and metal levels in cytosol of liver, kidney and brain in relation to growth parameters of *Mullus surmuletus* and *Liza aurata* from the Eastern Adriatic Sea. *Water Res.*, 37 (13): 3253-3262.
- Filistowicz, A., Przysiecki, P., Nowicki, S. and Durkalec, M. 2012. Concentration of heavy metals in hair and skin of silver and red foxes (*Vulpes vulpes*). *Environ. Monit. Assess.*, 182: 477-484.
- Freshney, R.I. 2000. Culture of Animal Cells: A Manual of Basic Technique, 3rd edition; Wiley-Liss, New York, 732 p.
- Friberg, L., Nordberg, G.F. and Vouk, V.B. (Eds.). 1986. Handbook on the Toxicology of Metals, second ed. Elsevier, Amsterdam, New York, Oxford, 947 p.
- Frisch, M., Schwartz, B.S. 2002. The pitfalls of hair analysis for toxicants in clinical practice: three case reports. *Environ. Health Perspect.*, 110: 433-436.
- Fu, H. and Boffetta, P. 1995. Cancer and occupational exposure to inorganic lead compounds: A meta-analysis of published data. *Occup. Environ. Med.*, 52 (2): 73-81.
- Galan, A., Garcia-Bermejo, L., Troyano, A., Vilaboa, N.E., Fernandez, C., de Blas, E. and Aller, P. 2001. The role of intracellular oxidation in death induction (apoptosis and necrosis) in human promonocytic cells treated with stress inducers (cadmium, heat, X-rays). *Eur. J. Cell. Biol.*, 80: 312-320.
- Gall, E.J., Boyd, R.S. and Rajakaruna, N. 2015. Transfer of heavy metals through terrestrial food webs: a review. *Environ. Monit. Assess.*, 187 (4): 201.
- García-Sevillano, M.A., García-Barrera, T. and Gómez-Ariza, J.L. 2013. Inorganic mass spectrometry-based metallomics for environmental monitoring of terrestrial ecosystems affected by metal pollution using *Mus spretus* as bioindicator. *Journal of Integrated Omics A Methodological Journal*, 3 (2): 88-

98.

- Gdula-Argasinska, J., Appleton, J., Sawicka-Kapusta, K. and Spence, B. 2004. Further investigation of the heavy metal content of the teeth of the bank vole as an exposure indicator of environmental pollution in Poland. *Environ. Pollut.*, 131: 71-79.
- Getz, L.L., Verner, L. and Prather, M. 1977. Lead concentrations in small mammals living near highways. *Environ. Pollut.*, 13:151-157.
- Ghosh, M., Manivannan, J., Sinha, S., Chakraborty, A., Mallick, S.K., Bandyopadhyay, M. and Mukherjee, A. 2012. *In vitro* and *in vivo* genotoxicity of silver nanoparticles. *Mutat. Res.*, 749: 60- 69.
- Ghosh, M., Öner, D., Duka, R.C., Cokic, M.C., Seys, S., Kerkhofs, S., Landuyt, K.V., Hoet, P. and Godderis, L. 2017. Cyto-genotoxic and DNA methylation changes induced by different crystal phases of TiO₂-np in bronchial epithelial (16-HBE) cells. *Mutat. Res.*, 796: 1-12.
- Glanze, W.D. 1996. Mosby Medical Encyclopedia, Revised Edition. St. Louis, MO: C.V. Mosby.
- Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A. and Groneberg, D.A. 2006. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *J. Occup. Med. Toxicol.*, 1: 22-22.
- Gold, L.A. and Ames, B.N. 1990. Too many rodent carcinogens? *Science*, 249: 970-997.
- Golley, F.B. and Ryszkowski, L. 1975. The role small mammals in temperate forests, grasslands and cultivated fields. In: Golley, F.B., Petrusewicz, K. and Ryszkowski, L. (eds.): Small mammals: their productivity and population dynamics, pp. 223-241.
- Gorriz, M.A. 1996. Efectes de la contaminació atmosfèrica a *Apodemus sylvaticus* i *Mus musculus*. PhD thesis, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Goyer, R.A. 1990. Lead toxicity: from overt to subclinical to subtle health effects. *Environ. Health Perspect.*, 86: 177-181.
- Goyer, R.A. 1997. Toxic and essential metal interactions. *Annu. Rev. Nutr.*, 17: 37-50.
- Goyer, R.A. and T.M. Clarkson. 2001. Toxic effects of metals. Chapter 23. In: Klaassen, C.D., ed Casarett & Doull's toxicology. New York: McGraw-Hill, pp. 811-868.
- Grimsrud, T.K., Berge, S.R., Haldorsen, T. and Andersen, A. 2005. Can lung cancer risk among nickel refinery workers be explained by occupational exposures other

- than nickel? *Epidemiology*, 16: 146-154.
- Halbrook, R.S., Jenkins, J.H., Bush, P.B. and Seabolt, N.D. 1994. Sublethal concentrations of mercury in river otters: monitoring environmental contamination. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 27: 306-310.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. 1990. Role of free-radicals and catalytic metal-ions in human-disease-an overview. *Meth. Enzymol.*, 186: 1-85.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J. 1999. Free Radicals in Biology and Medicine. 3rd ed. Oxford University Press, USA, 936 p.
- Hamers, T., van den Berg, J.H.J., van Gestel, C.A.M., van Schooten, F.J. and Murk, A.J. 2006. Risk assessment of metals and organic pollutants for herbivorous and carnivorous small mammal food chains in a polluted floodplain (Biesbosch, The Netherlands). *Environ. Pollut.*, 144: 81-595
- Hanna, P.M., Kadiiska, M.B. and Mason, R.P. 1992. Oxygen-derived free radical and active oxygen complex-formation from cobalt(II) chelates *in vitro*. *Chem. Res. Toxicol.*, 5: 109-115.
- Hariono, B., Ng, J. and Sutton, R.H. 1993. Lead concentrations in tissues of fruit bats (*Pteropus* sp.) in urban and non-urban locations. *Wildl. Res.*, 20: 315-320.
- Harris, G.K. and Shi, X. 2003. Signaling by carcinogenic metals and metal-induced reactive oxygen species. *Mutat. Res.-Fun. Mol. Mech.*, 533: 183-200.
- Hartwig, A. 2000. Recent advances in metal carcinogenicity. *Pure Appl. Chem.*, 72: 1007-1014.
- Hartwig, A. and Schwerdtle, T. 2002. Interactions by carcinogenic metal compounds with DNA repair processes: toxicological implications. *Toxicol. Lett.*, 127: 47-54.
- Haschek, W.M. and Rousseaux, C.G. 1998. Fundamentals of Toxicologic Pathology. Academic Press, San Diego, California, USA, 714 p.
- Hickey, M.B.C., Fenton, M.B., MacDonald, K.C. and Souilliere, C. 2001. Trace elements in the fur of bats (Chiroptera: Vespertilionidae) from Ontario and Quebec, Canada. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 66: 699-706.
- Hisanaga A. 1982. Chronic toxicity of arsenous acid in rats with special reference to the doseresponse. *Fukuoka Acta Med.*, 73 (1): 46-63.
- Hunder, G., Schaper, J., Ademuyiwa, O. and Elsenhans, B. 1999. Species differences in arsenic-mediated renal copper accumulation: a comparison between rats, mice and guinea pigs. *Hum. Exp. Toxicol.*, 18: 699-705.

- Hunter, B.A., Johnson, M.S. and Thompson, D.J. 1982. Cadmium induced lesions in tissues of *Sorex araneus* from metal refinery grasslands. In: Osborn D. (Ed.), Metals in Mammals. Proceedings Workshop Monks Wood Exp. Stn., 15-16 September, pp. 39-44.
- Hunter, B.A., Johnson, M.S. and Thompson, D.J. 1989. Ecotoxicology of copper and cadmium in a contaminated grassland ecosystem. Tissue distribution and age accumulation in small mammals. *J. Appl. Ecol.*, 26: 89-99.
- Ieradi, L.A., Cristaldi, M., Mascanzoni, D., Cardarelli, E., Grossi, R. and Campanella, L. 1996. Genetic damage in urban mice exposed to traffic pollution. *Environ. Pollut.*, 92: 323-328.
- Ieradi, L.A., Moreno, S., Bolivar, J.P., Cappai, A., Di Benedetto, A. and Cristaldi, M. 1998. Free-living rodents as bioindicators of genetic risk in natural protected areas. *Environ. Pollut.*, 102:265-268.
- Ikemoto, T., Kunito, T., Watanabe, I., Yasunaga, G., Baba, N., Miyazaki, N., Petrov, E.A. and Tanabe, S. 2004. Comparison of trace element accumulation in Baikal seals (*Pusa sibirica*), Caspian seals (*Pusa caspica*) and northern fur seals (*Callorhinus ursinus*). *Environ. Pollut.*, 127: 83-97.
- Ismail, A. and Roberts, R.D. 1992. Arsenic in small mammals. *Environ. Technol.*, 13:1091-1095.
- Jančová, A., Massányi, P., Nad, P., Koréneková, B., Skalická, M., Drábeková, J. and Baláž, I. 2006. Accumulation of heavy metals in selected organs of yellow necked mouse (*Apodemus flavicollis*). *Ekologia Bratislava*, 25: 19-26.
- Janiga, M., Hrehová, Z., Dimitrov, K., Gerasimova, C. and Lovari, S. 2016. Lead Levels in the Bones of Snow Voles *Chionomys nivalis* (Martins, 1842) (Rodentia) from European Mountains: a Comparative Study of Populations from the Tatra (Slovakia), Vitosha and Rila (Bulgaria). *Acta Zoologica Bulgarica*, 68 (2): 291-295.
- Jha, A.N., Cheung, V.V., Foulkes, M.E., Hill, H.J. and Depledge, M.H. 2000. Detection of genotoxins in the marine environment: adoption and evaluation of an integrated approach using the larval stages of the marine mussel, *Mytilus edulis*. *Mutat. Res.*, 464: 213-228.
- Johnson M. S., Roberts R. D., Hutton M. and Inskip M.J. 1978. Distribution of Lead, Zinc and Cadmium in Small Mammals from Polluted Environments. *Oikos*, 30 (1): 153-159.
- Jusufi, K., Stafilov, T., Vasjari, M., Korca, B., Halili, J. and Berisha, A. 2017. Measuring the presence of heavy metals and their bioavailability in potato crops

- around Kosovo's power plants. *Fresen. Environ. Bull.*, 26: 1682-1686.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. 1999. *Biogeochemia pierwiastkow sladowych*. PWN, Warsaw, 400 p.
- Kalpaxis, D.L., Theos, C., Xaplanteri, M.A., Dinos, G.P., Catsiki, A.V. and Leotsinidis, M. 2004. Biomonitoring of Gulf of Patras, N. Peloponnesus, Greece. Application of a biomarker suite including evaluation of translation efficiency in *Mytilus galloprovincialis* cells. *Environ. Res.*, 94: 211-220.
- Kamat, C.D., Green, D.E., Curilla, S., Warnke, L., Hamilton, J.W., Sturup, S., Clark, C. and Ihnat, M.A. 2005. Role of HIF signaling on tumorigenesis in response to chronic low-dose arsenic administration. *Toxicol. Sci.*, 86: 248-257.
- Kasprzak, K.S. 1991. The role of oxidative damage in metal carcinogenicity. *Chem. Res. Toxicol.*, 4: 604-615.
- Kasprzak, K.S. 1995. Possible role of oxidative damage in metalinduced carcinogenesis. *Cancer Invest.*, 13: 411-430.
- Kasprzak, K.S., Sunderman, Jr.F.W. and Salnikow, K. 2003. Nickel carcinogenesis. *Mutat. Res.*, 533: 67-97.
- Kefelioğlu, H. 1991. Türkiye *Microtus* (Mammalia: Rodentia) cinsinin taksonomisi ve yayılışı. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ankara, 76 s.
- Khazaei, M., Hamidian, A.H., Alizadeh Shabani, A., Ashrafi, S., Mirjalili, A.A., Esmaeilzadeh, E. and Zareh, M. 2015. Investigation of heavy metals concentrations in different tissues of Persian jird as bioindicator species in Darreh Zereskh, Yazd. *Iran J. Appl. Ecol.*, 3: 41-52.
- Khazaei, M., Hamidian, A.H., Shabani, A.A., Asrafi, S., Mirjalili, S.S.A. and Esmaeilzadeh, E. 2016. Accumulation of heavy metals and As in liver, hair, femur and lung of Persian Jird (*Meriones persicus*) in Darreh Zereskh copper mine, Iran. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23: 3860-3870.
- Kılıç, S., Yenisoğlu-Karakas, S. and Kılıç, M. 2015. Metal Contamination in Fruit Juices in Turkey: Method Validation and Uncertainty Budget. *Food Anal. Methods*, 8: 2487-2495.
- Kido, T., Nogawa, K., Hochi, Y., Hayano, M., Honda, R., Tsuritani, I. and Ishizaki, M. 1993. The renal handling of calcium and phosphorus in environmental cadmium-exposed subjects with renal dysfunction. *J. Appl. Toxicol.*, 13 (1): 43-47.
- Kilic, E., Saraymen, R., Demiroglu, A. and Ok, E. 2004. Chromium and manganese levels in the scalp hair of normals and patients with breast cancer. *Biol. Trace*

Elem. Res., 102: 19-25.

Kitchin, K.T. 2001. Recent advances in arsenic carcinogenesis: modes of action, animal model systems, and methylated arsenic metabolites. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 172: 249-261.

Klaassen, C.D. 2001. In "The Basic Science of Poisons". Casarett and Doull's Toxicology. New York: McGraw-Hill Medical Publishing Division, 1454 p.

Klassen, C.D. 1974. Biliary excretion of arsenic in rats, rabbits and dog. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 29: 447-457.

Klaude, M., Eriksson, S., Nygren, J. and Ahnström, G. 1996. The comet assay: mechanisms and technical considerations. *Mutat. Res.*, 363: 89-96.

Knopper, L.D., Mineau, P., McNamee, J.P. and Lean, D.R.S. 2005. Use of comet and micronucleus assays to measure genotoxicity in meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*) living in golf course ecosystems exposed to pesticides. *Ecotoxicology*, 14:323-335.

Komarnicki, G.J.K. 2000. Tissue, sex and age specific accumulation of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) by populations of the mole (*Talpa europaea* L.) in a central urban area. *Chemosphere*, 4: 1593-1602.

Könca, K., Lankoff, A., Banasik, A., Lisowska, H., Kuszewski, T., Góźdz Koza, Z. and Wojcik, A. 2003. A cross-platform public domain PC image-analysis program for the comet assay. *Mutat. Res.*, 53: 15-20.

Krishna, G. and Hayashi, M. 2000. *In vivo* rodent micronucleus assay: protocol, conduct and data interpretation. *Mutat. Res.*, 455 (1-2):155-166.

Kurelec, B. 1993. The genotoxic disease syndrome. *Mar. Environ. Res.*, 35: 341-348.

Laundre, J.W. 1989. Burrows of least chipmunks in southeastern Idaho. *Northwest. Natur.*, 70: 18-20.

Lavery, T.J., Kemper, C.M., Sanderson, K., Schultz, C.G., Coyle, P., Mitchell, J.G. and Seuront, L. 2009. Heavy metal toxicity of kidney and bone tissues in South Australian adult bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*). *Mar. Environ. Res.*, 67 (1): 1-7.

LeBlanc, A., Shen, S.W., Lew, K., Weinfeld, M. and Le, X.C. 2009. Detection of benzo(a)pyrene diol epoxide-DNA adducts in mononuclear white blood cells by CE immunoassay and its application to studying the effect of glutathione depletion. *Electrophoresis*, 30: 1558-1563.

LeBlanc, G.A. and Bain, L.J. 1997. Chronic toxicity of environmental contaminants:

- sentinels and biomarkers. *Environ. Health Perspect.*, 105: 65-80.
- Lee, J., Treloar, B.P. and Harris, P.M. 1994. Metallothionein and trace element metabolism in sheep tissues in response to high and sustained zinc dosages. I. Characterization and turnover of metallothionein isoforms. *Australian J. Agric. Res.*, 45: 303-320.
- Lee, Y.W., Klein, C.B., Kargacin, B., Salnikow, K., Kitahara, J., Dowjat, K., Zhitkovich, A., Christie, N.T. and Costa, M. 1995. Carcinogenic nickel silences gene-expression by chromatin condensation and DNA methylation-a new model for epigenetic carcinogens. *Mol. Cell. Biol.*, 15: 2547-2557.
- Leffa, D.D., Damiani, A.P., da Silva, J., Zocche, J.J., dos Santos, C.E., Boufleur, L.A., Dias, J.F. and de Andrade, V.M. 2010. Evaluation of the genotoxic potential of the mineral coal tailings through the *Helix aspersa* (Müller, 1774). *Environ. Contam. Toxicol.*, 59: 614-621.
- Leita, L., Enne, G., De Nobili, M., Baldini, M. and Sequi, P. 1991. Heavy metal bioaccumulation in lamb and sheep bred in smelting and mining areas of S.W. Sardinia (Italy). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 46: 887-893.
- León, G., Pérez, L.E., Linares, J.C., Hartmann, A. and Quintana, M. 2007. Genotoxic effects in wild rodents (*Rattus rattus* and *Mus musculus*) in an open coal mining area. *Mutat. Res.*, 630: 42-49.
- Leonard, S.S., Harris, G.K. and Shi, X.L. 2004. Metal-induced oxidative stress and signal transduction. *Free Radic. Biol. Med.*, 37: 1921-1942.
- Levengood JM, and Heske EJ. 2008. Heavy metal exposure, reproductive activity, and demographic patterns in white-footed mice (*Peromyscus leucopus*) inhabiting a contaminated floodplain wetland. *Sci. Total Environ.*, 389: 320-328.
- Lewis, L.A., Poppenga, R.J., Davidson, W.R., Fisher, J.R. and Morgan, K.A. 2001. Lead toxicosis and trace element levels in wild birds and mammals at a firearms training facility. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 41: 208-214.
- Lidicker, W.Z, Jr. 1988. Solving the enigma of Microtine cycles. *J. Mammal.*, 69: 225-235.
- Lindgren, A., Vahter, M. and Denker, L. 1982. Autoradio graphic studies on the distribution of arsenic in mice and hamster administered As-arsenite or arsenate. *Acta Pharmacol. Toxicol.*, 51: 253-265.
- Liu, J., Kershaw, W.C., Liu, Y.P. and Klaassen, C.P. 1992. Cadmium-induced hepatic endothelial cell injury in inbred strains of mice. *Toxicology*, 75: 51-62.

- Liu, J., Liu, Y., Goyer, R.A., Achanzar, W. and Waalkes, M.P. 2000. Metallothionein-I/II null mice are more sensitive than wild-type mice to the hepatotoxic and nephrotoxic effects of chronic oral or injected inorganic arsenicals. *Toxicol. Sci.*, 55: 460-467.
- Liu, K.J. and Shi, X.L. 2001. *In vivo* reduction of chromium (VI) and its related free radical generation. *Mol. Cell. Biochem.*, 222: 41-47.
- Liu, Z.P. 2003. Lead poisoning with cadmium in sheep and horses in the vicinity of non-ferrous metal smelters. *Sci. Total Environ.*, 39: 117-126.
- Lodenius, M., Kuusi, T., Laaksovirta, K., Liukkonen-Lilja, H. and Piepponen, S. 1981. Lead, cadmium and mercury content of fungi in Mikkeli, SE Finland. *Ann. Bot. Fennici*, 18: 183-186.
- Lodenius, M., Soltanpour-Gargari, A., Tulisalo, E. and Henttonen, H. 2002. Effects of Ash Application on Cadmium Concentration in Small Mammals. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society. *J. Environ. Qual.*, 31: 188-192.
- Lohmann, R.D. and Beyersmann, D. 1994. Effects of zinc and cadmium on apoptotic DNA fragmentation in isolated bovine liver nuclei. *Environ. Health Perspect.*, 102 (3): 269-271.
- Lopes, P.A., Viegas-Crespo, A.M., Nunes, A.C., Pinheiro, T., Marques, C., Santos, M.C. and Mathias, M.L. 2002. Influence of age, sex, and sexual activity on trace element levels and antioxidant enzyme activities in field mice (*Apodemus sylvaticus* and *Mus spretus*). *Biol. Trace Elem Res.*, 85: 227-239.
- López-Barea, J. 1995. Biomarkers in ecotoxicology: an overview. In: Degen, G.H., Seiler, J.P., Bentley, P. (Eds.), *Toxicology in Transition*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 57-79.
- Lourenço, J., Pereira, R., Gonçalves, F. and Mendo, S. 2013. Metal bioaccumulation, genotoxicity and gene expression in the European wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) inhabiting an abandoned uranium mining area. *Sci. Total Environ.*, 443: 673-680.
- Lourenço, J., Pereira, R., Silva, A., Carvalho, F., Oliveira, J., Malta, M., Paiva, A., Gonçalves, F. and Mendo, S. 2012. Evaluation of the sensitivity of genotoxicity and cytotoxicity endpoints in earthworms exposed *in situ* to uranium mining wastes. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 75:46-54.
- Lourenço, J., Silva, A., Carvalho, F., Oliveira, J., Malta, M., Mendo, S., Gonçalves, F. and Pereira, R. 2011. Histopathological changes in the earthworm *Eisenia andrei* associated with the exposure to metals and radionuclides. *Chemosphere*, 85:

1630-1634.

- Lushchak, V.I. 2011. Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. *Aquat. Toxicol.*, 101: 13-30.
- Lyons, B.P., Stewart, C. and Kirby, M.F. 2000. ³²P-postlabelling analysis of DNA adducts and EROD induction as biomarkers of genotoxin exposure in dab (*Limanda limanda*) from British coastal waters. *Mar. Environ. Res.*, 50: 575-579.
- Ma, W.C., Denneman, W. and Faber, J. 1991. Hazardous exposure of ground living small mammals to cadmium and lead in contaminated terrestrial ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 20: 266-270.
- Mankin, P.C. and Getz, L.L. 1994. Burrow morphology and social organization of *Microtus ochrogaster*. *J. Mammal.*, 75: 492-499.
- Marafante, E., Bertolero, F., Edel, J., Pietra, R. and Sabbioni, E. 1982. Intercellular interaction and biotransformation of arsenite in rats and rabbits. *Sci. Total Environ.*, 24: 27-39.
- Marafante, E., Rade, J., Sabbioni, E., Bertolero, F. and Foa, V. 1981. Intracellular interaction and metabolic fate of arsenite in the rabbit. *Clin. Toxicol.*, 18: 1335-1341.
- Marcheselli, M., Sala, L. and Mauri, M. 2010. Bioaccumulation of PGEs and other trafficrelated metals in populations of the small mammal *Apodemus sylvaticus*. *Chemosphere*, 80: 1247-1254.
- Markov, G. 2012. Residual heavy metal concentrations in the fat dormouse (*Glis glis*) in an agricultural region of Bulgaria. *Peckiana*, 8: 229-233.
- Markov, G.G., Kocheva, M.A., Gospodinova, M.K. and Dimitrov, H.A. 2016. Assessing the Heavy Metal Content in Forest Dormouse (*Dryomys nitedula Pallas, 1778*) from an Agricultural Region in Bulgaria. *Ecol. Balk.*, 8 (1): 1-8.
- Marques, C.C., Sánchez-Chardi, A., Gabriel, S.I., Nadal, J., Viegas-Crespo, A.M. and da Luz Mathias, M. 2007. How does the great white-toothed shrew, *Crocidura russula*, respond to long-term heavy metal contamination?-a case study. *Sci. Total Environ.*, 376: 128-133.
- Martiniaková, M., Omelka, R., Grosskopf, B. and Jančová, A. 2010. Yellow-necked mice (*Apodemus flavicollis*) and bank voles (*Myodes glareolus*) as zoomonitors of environmental contamination at a polluted area in Slovakia. *Acta Vet. Scand.*, 52 (1): 58.

- Mateos, S., Daza, P., Domínguez, I., Cárdenas, J.A. and Cortès, F. 2008. Genotoxicity detected in wild mice living in a highly polluted wetland area in south western Spain. *Environ. Pollut.*, 153: 590-593.
- McBee, K. and Bickham, J.W. 1988. Petrol-chemical related DNA damage in wild rodents detected by flow cytometry. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 40: 343-349.
- McKelvey-Martin, V.J., Green, M.H.L., Schmezer, P., Pool-Zobel, B.L., De Meo, M.P. and Collins, A. 1993. The Single Cell Gel Electrophoresis Assay (Comet Assay). A European Review. *Mutat. Res.*, 288: 47-63.
- McLean, C.M., Koller, C.E., Rodger, J.C. and MacFarlane, G.R. 2009. Mammalian hair as an accumulative bioindicator of metal bioavailability in Australian terrestrial environments. *Sci. Total Environ.*, 407: 3588-3596.
- Meng, S., Zhu, Y., Li, J.F., Wang, X., Liang, Z., Li, S.Q., Xu, X., Chen, H., Liu, B., Zheng, X.Y. and Xie, L.P. 2017. Apigenin inhibits renal cell carcinoma cell proliferation. *Oncotarget*, 8 (12): 19834-19842.
- Metcheva, R., Teodorova, S. and Topashka-Ancheva, M. 2003. A comparative analyses of the heavy metal loading of small mammals in different region of Bulgaria I: monitoring points and bioaccumulation features. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 54: 176-187.
- Millar, J. S. 2003. Deer Mice: Lords of The Wilderness. *WLA*, 11(3): 20.
- Milton, A. and Johnson, M. 1999. Biomonitoring of contaminated mine tailings through age accumulation of trace metals in the bank vole (*Clethrionomys glareolus*). *J. Environ. Monit.*, 1 (3): 219-225.
- Milton, A., Cooke, J.A. and Johnson, M.S. 2003. Accumulation of lead, zinc, and cadmium in a wild population of *Clethrionomys glareolus* from an abandoned lead mine. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 44: 405-411.
- Minami, T., Yamazaki, H. and Ohama, N. 2008. Accumulation of heavy metals in the organs of wild rodents. *Annual Reports by Research Institute for Science and Technology*, 1 (21): 11-17.
- Mingard, F. and Diezi, J. 1992. Cadmium uptake by Brush border membrane vesicles from the rabbit renal external cortex. *J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis.*, 6: 111-115.
- Mitchelmore, C.L. and Chipman, J.K. 1998. DNA strand breakage in aquatic organisms and the potential value of the comet assay in environmental monitoring. *Mutat. Res.*, 399: 135-147.

- Mitkovska, V., Chassovnikarova, T., Atanasov, N. and Dimitrov, H. 2012. DNA damage detected by Comet assay in *Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834) from Strandzha Natural Park. *Acta Zoologica Bulgarica*, 4: 155-158.
- Mohallal, E.M.E. and Younes, M.I. 2015. Concentration of Heavy Metals In The Tissues of Spiny Mouse As Bio-Indicators Of Pollution Under Different Environmental Conditions In Egypt. *EJDR*, 65 (1): 63-76.
- Moller, P., Wallin, H., Holst, E. and Knudsen, L.E. 2002. Sunlight-induced DNA damage in human mononuclear cells. *FASEB J.*, 16: 45-53.
- Moore MN. 2002. Biocomplexity: the post-genome challenge in ecotoxicology. *Aquat. Toxicol.*, 59: 1-15.
- Moore, M.N. and Simpson, M.G. 1992. Molecular and cellular pathology in environmental impact assessment. *Aquat. Toxicol.*, 22: 313-322.
- Moore, M.N., Depledge, M.H., Readman, J.W. and Leonard, D.R.P. 2004. An integrated biomarker-based strategy for ecotoxicological evaluation of risk in environmental management. *Mutat. Res.*, 552: 247-268.
- Mughal, A., Vikram, A., Ramarao, P. and Jena, G.B. 2010. Micronucleus and comet assay in the peripheral blood of juvenile rat: Establishment of assay feasibility, time of sampling and the induction of DNA damage. *Mutat. Res.*, 700: 86-94.
- Mugica, V., Amador, M.A., Torres, M. and Figueroa, J.J. 2003. Mercurio y metales tóxicos en cenizas provenientes de procesos de combustión e incineración. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 19: 93-100.
- Nackerdien, Z., Kasprzak, K.S., Rao, G., Halliwell, B. and Dizdaroglu, M. 1991. Nickel(II)-dependent and cobalt(II)-dependent damage by hydrogen-peroxide to the DNA bases in isolated human chromatin. *Cancer Res.*, 51: 5837-5842.
- Nelson, R.L. 1992. Dietary iron and colorectal-cancer risk. *Free Rad. Biol. Med.*, 12: 161-168.
- Nevo, E. 1979. Adaptive convergence and divergence of subterranean mammals. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 10: 269-308.
- Nolan, C.V. and Shaikh, Z.A. 1992. Lead nephrotoxicity and associated disorders: biochemical mechanisms. *Toxicology*, 73: 127-146.
- Nuwaysir, E.F., Bittner, M., Trent, J., Barrett, J.C. and Afshari, C.A. 1999. Microarrays and toxicology: the advent of toxicogenomics. *Mol. Carcinog.*, 24: 153-159.
- Oberleas, D. 1996. Mechanism of zinc homeostasis. *J. Inorg. Biochem.*, 62: 231-241.

- O'Brien, D.J., Kaneene, J.B. and Poppenga, R.H. 1993. The use of mammals as sentinels for human exposure to toxic contaminants in the environment. *Environ. Health Perspect.*, 99: 351-368.
- Ogoshi, K., Yukuo, N. and Moriyama, T. 1992. Decrease in bone strength of cadmium-treated young and old rats. *Arch.Toxicol.*, 66: 315-320.
- Okati, N. and Rezaee, M. 2013. Heavy Metals Concentrations in Different Tissues of Persian Jird (*Meriones persicus*) In Sistan Region. *Int. Res. J. Appl. Basic Sci.*, 5 (10): 1272-1276.
- Olivares, M., Pizarro, F., Speisky, H., Lonnerdal, B. and Uauy, R. 1998. Copper in infant nutrition: safety of World Health Organization provisional guideline value for copper content of drinkingwater. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.*, 26: 251-257.
- Olsson, P.E., Gerpe, M. and Kling, P. 1999. Functional and regulatory aspects of teleost metallothionein. *Metallothionein IV* Springer, pp. 179-185.
- Ong, T., Whong, W.Z., Xu, J., Burchell, B., Green, F.H.Y. and Lewis, T. 1985. Genotoxicity studies of rodents exposed to coal dust and diesel emission particulates. *Environ. Res.*, 37: 399-409.
- O'Shea, T.J. 2001. Impacts of mine related contaminants on bats. In: Vories KC, Throgmorton D, editors. Proceedings of bat conservation and mining: a technical interactive forum held. St. Louis: U.S. Dept. of Interior, Office of Surface Mining, pp. 205-216.
- Oxford University Press. 2000. A dictionary of chemistry. Oxford University Press.
- Özkurt, Ş., Yiğit, N., Çolak, E. ve Sözen, M. 1999. *Microtus guentheri* (Danford ve Alston 1880) (Mammalia: Rodentia)'nın iç Anadolu bölgesindeki tarım alanları üzerine etkisi ve mücadele yöntemleri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12 (4): 907-919.
- Pandey, R. and Srivastava, S.P. 2000. Spermatotoxic effects of nickel in mice. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 64 (2): 161-177.
- Park, J.H. and Park, E. 2011. Influence of iron-overload on DNA damage and its repair in human leukocytes *in vitro*. *Mutat. Res.*, 718: 56-61.
- Pascoe, G.A., Blanchet R.J. and Linder, G. 1994. Bioavailability of metals and arsenic to small mammals at a mining waste-contaminated wetland. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 27: 44-50.
- Pastor, N., Baos, R., López-Lázaro, M., Jovani, R., Tella, J.L., Hajji, N., Hiraldo, F. and

- Cortés, F. 2004. A 4 year follow-up analysis of Genotoxic damage in birds of the Doñana area (south west Spain) in the wake of the 1998 mining waste spill. *Mutagenesis*, 19: 61-65.
- Pastor, N., López-Lázaro, M., Tella, J.L., Baos, R., Forrero, M.G., Hiraldo, F. and Cortés, F. 2001a. DNA damage in birds after the mining waste spill in southwestern Spain: a comet assay evaluation. *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.*, 20: 317-324.
- Pastor, N., López-Lázaro, M., Tella, J.L., Baos, R., Hiraldo, F. and Cortés, F. 2001b. Assessment of genotoxic damage by the comet assay in white storks (*Ciconia ciconia*) after the Donana ecological disaster. *Mutagenesis*, 16, 219-223.
- Paukert, J. and Obrušnik, I. 1986. The hair of the common hare (*Lepus europaeus* Pall.) and of common vole (*Microtus arvalis* Pall.) as an indicator of environmental pollution. *J. Hyg. Epidemiol. Microbiol. Immunol.*, 30:27.
- Pekarkova, I., Parara, S., Holecek, V., Stopka, P., Trefil, L., Racek, J. and Rokyta, R. 2001. Does exogenous melatonin influence the free radicals metabolism and pain sensation in rat?. *Physiol. Res.*, 50: 595-602.
- Pennie, W.D., Tugwood, J.D., Oliver, G.J. and Kimber, I. 2000. The principles and practice of toxicogenomics: applications and opportunities. *Toxicol. Sci.*, 54: 277-283.
- Pereira, R., Pereira, M.L., Ribeiro, R. and Gonçalves, F. 2006. Tissues and hair residues and histopathology in wild rats (*Rattus rattus* L.) and Algerian mice (*Mus spretus* Lataste) from an abandoned mine area (Southeast Portugal). *Environ. Pollut.*, 139: 561-575.
- Persson, S.A., Ahlberg, M., Berghem, L., Konberg, E., Nordberg, G.F. and Bergman, F. 1988. Long-term carcinogenicity study in Syrian golden hamster of particulate emissions from coal- and oil-fired power plants. *Environ. Health Perspect.*, 77: 109-120.
- Piasek, M., Schonwald, N., Blanus, M. and Kostial, K., 1996. Effects of prenatal and postnatal exposure to cadmium on element concentrations in rats. *Toxicol. Lett.*, 88 (S1): 57-58.
- Pokarzhevskij, A.D. 1985. Geochemical ecology of terrestrial animals. Moscow, Nauka, Publ House.
- Pounds, C.A., Pearson, E.F. and Turner, T.D. 1979. Arsenic in fingernails. *J. Forensic Sci. Soc.*, 19: 165-173.
- Pra, D., Rech-Frenke, S.I., Giulian, R., Yoneama, M.L., Ferraz-Diaz, J., Erdtmann, B.

- and Pegas-Henriques, J.A. 2008. Genotoxicity and mutagenicity of iron and copper in mice. *Biometals*, 21: 289-297
- Prozialeck, W.C., Edwards, J.R., Vaidya, V.S., and Bonventre, J.V. 2009. Preclinical evaluation of novel urinary biomarkers of cadmium nephrotoxicity. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 238: 301-305.
- Punshon, T., Gaines, K.F. and Jenkins, Jr.R.A. 2003. Bioavailability and trophic transfer of sediment-bound Ni and U in a southeastern wetland system. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 44: 30-35.
- Redman, P., Selman, C. and Speakman, J.R. 1999. Male short-tailed field voles (*Microtus agrestis*) build better insulated nests than females. *J. Comp. Physiol. B*, 169: 581-587.
- Reinecke, A. J., Reinecke, S. A., Musilbono, D. H., and Champan, A. 2000. The transfer of lead (Pb) from earthworms to shrews (*Myosorex varius*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 39: 392-397.
- Reinecke, S.A. and Reinecke, A.J. 2004. The comet assay as biomarker of heavy metal genotoxicity in earthworms. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 46: 208-215.
- Reinhart, B.D. 2003. The use of small mammals as indicators of heavy metal bioavailability in a contaminated riparian zone. Master of Science Thesis, University of South Carolina-Aiken, Athens, Georgia, 50 p.
- Reynolds, K.D. 2004. Heavy metal and arsenic bioaccumulation in small mammals inhabiting the Anaconda smelter superfund site, Montana, August. A Dissertation in Environmental Toxicology, Graduate Faculty of Texas Tech University.
- Rice, J. 2003. Environmental health indicators. *Ocean Coast. Manag.*, 46: 23-259.
- Roberts, R.D. and Johnson, M.S. 1978. Dispersal of heavy metals from abandoned mine workings and their transference through terrestrial food chain. *Environ. Pollut.*, 16: 293-310.
- Rodriguez-Estival, J. and Smits, J.E. 2016. Small mammals as sentinels of oil sands related contaminants and health effects in northeastern Alberta, Canada. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 124: 285-295.
- Roels, H., Bernard, A.M., Cardenas, A., Buchet, J.P., Lauwerys, R.R., Hotter, G., Ramis, I., Mutti, A., Franchini, I., Bundschuh, I., Stolte, H., De Broe, M.E., Nuyts, G.D., Taylor, S.A. and Price, R.G. 1993. Markers of early changes induced by industrial pollutants. III Application to workers exposed to cadmium. *Br. J. Ind. Med.*, 50: 37-48.

- Roney, N., Smith, C., Williams, M., Osier, M. and Paikoff, S. 2005. Toxicological profile for zinc: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Roodberge, M., Klok, C. and Van Der Hout, A. 2008. Transfer of heavy metals in food chain earthworm Black-tailed godwit (*Limosa limosa*): comparison of polluted and reference site in the Netherlands. *Sci. Total Environ.*, 406:407-412.
- Roy, P. and Saha, A. 2002. Metabolism and toxicity of arsenic: a human carcinogen. *Curr. Sci.*, 82: 38-45.
- Salińska, A., Włostowski, T. and Oleńska, E. 2013. Differential susceptibility to cadmium-induced liver and kidney injury in wild and laboratory-bred bank voles *Myodes glareolus*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 65: 324-331.
- Sánchez-Chardi, A. and Nadal, J. 2007. Bioaccumulation of metals and effects of a landfill in small mammals. Part I. The greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*. *Chemosphere*, 68: 703-711.
- Sánchez-Chardi, A. and López-Fuster, M.J. 2009. Metal and metalloid accumulation in shrews (Soricomorpha, Mammalia) from two protected Mediterranean coastal sites. *Environ. Pollut.*, 157 (4): 1243-1248.
- Sánchez-Chardi, A., López-Fuster, M. and Nadal, J. 2007a. Bioaccumulation of lead, mercury, and cadmium in the greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*, from the Elba Delta (NE Spain): sex- and age-dependent variation. *Environ. Pollut.*, 145: 7-14.
- Sánchez-Chardi, A., Marques, C.C., Nadal, J., and da Luz Mathias, M. 2007b. Metal bioaccumulation in the greater whitetoothed shrew, *Crocidura russula*, inhabiting an abandoned pyrite mine site. *Chemosphere*, 67:121-130.
- Sánchez-Chardi, A., Oliveira Riberio, C.A. and Nadal, J. 2009. Metals in liver and kidneys and the effects of chronic exposure to pyrite mine pollution in the shrew *Crocidura russula* inhabiting the protected wetland of Doñana. *Chemosphere*, 76:387-394.
- Sánchez-Chardi, A., Peñarroja-Matutano, C., Oliveira Riberio, C.A. and Nadal, J. 2007c. Bioaccumulation of metals and effects of a landfill in small mammals. Part II. The wood mouse, *Apodemus sylvaticus*. *Chemosphere*, 70: 101-109.
- Sasaki, Y.F., Saga, A., Akasaka, M., Ishibashi, S., Yoshida, K., Su, Y.Q., Matsusaka, N. and Tsuda, S. 1998. Detection of *in vivo* genotoxicity of haloalkanes and haloalkenes carcinogenic to rodents by the alkaline single cell gel electrophoresis comet assay in multiple mouse organs. *Mutat. Res.*, 419: 13-20.
- Saunders, J.R., Knopper, L.D., Koch, I. and Reimer, K.J. 2010. Arsenic transformations

- and biomarkers in meadow voles (*Microtus pennsylvanicus*) living on an abandoned gold mine site in Montague, Nova Scotia, Canada. *Sci. Total Environ.*, 408 (4): 829-835.
- Scheifler, R., Coeurdassier, M., Morilhat, C., Bernard, N., Faivre, B., Flicoteaux, P., Giraudoux, P., Noël, M., Piotte, P., Rieffel, D., de Vaufleury, A. and Badot, P.M. 2006. Lead concentrations in feathers and blood of common blackbirds (*Turdus merula*) and in earthworms inhabiting unpolluted and moderately polluted urban areas. *Sci. Total Environ.*, 371: 197-205.
- Scheirs, J., Coan, A., Covaci, A., Beernaert, J., Kayawe, M., Caturla, M., Wolf, H., Baert, P., Van-Oostveldt, P., Verhagen, R., Blust, R., and Coen, W. 2006. Genotoxicity in wood mice (*Apodemus sylvaticus*) along a pollution gradient: exposure age, and gender-related effects. *Environ. Toxicol. Chem.*, 25: 2154-2162.
- Scheuhammer, A.M. 1991. Effects of acidification on the availability of toxic metals and calcium to wild birds and mammals. *Environ. Pollut.*, 71: 329-375.
- Schleich, C.E., Beltrame, M.O., and Antenucci, C.D. 2010. Heavy metals accumulation in the subterranean rodent *Ctenomys talarum* (Rodentia: Ctenomyidae) from areas with different risk of contamination. *Folia Zool.*, 59 (2): 108-114.
- Schwartz, J. 1994. Low-Level Lead Exposure and Children's IQ: A Metaanalysis and Search for a Threshold. *Environ. Res.*, 65 (1): 42-55.
- Scott Freeman and John C Herron. 2009. Evrimisel Analiz. Palme Yayınları, 838 s.
- Shen, S.W., Lee, J., Weinfeld, M. and Le, X.C. 2008. Attenuation of DNA damage-induced p53 expression by arsenic: a possible mechanism for arsenic co-carcinogenesis. *Mol. Carcinog.*, 47: 508-518.
- Shih, C.M., Ko, W.C., Wu, J.S., Wei, Y.H., Wang, L.F., Chang, E.E., Lo, T.Y., Cheng, H.H. and Chen, C.T. 2004. Mediating of caspase-independent apoptosis by cadmium through the mitochondria-ROS pathway in MRC-5 fibroblasts. *J. Cell Biol.*, 91: 384-397.
- Shila, S., Subathra, M., Devi, M.A. and Panneerselvam, C. 2005. Arsenic intoxication-induced reduction of glutathione level and of the activity of related enzymes in rat brain regions: reversal by DL-alpha-lipoic acid. *Arch. Toxicol.*, 79: 140-146.
- Shore, R.F. and Douben, P.E.T. 1994a. Predicting ecotoxicological impacts of environmental contaminants on terrestrial small mammals. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 134: 49-89.
- Shore, R.F. and Douben, P.E.T. 1994b. The ecotoxicological significance of cadmium

- intake and residues in terrestrial small mammals. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 29: 101-112.
- Shore, R.F., Rattner, B.A. (Eds.). 2001. *Ecotoxicology of Wild Mammals*. Wiley, Chichester, New York, Weinheim.
- Shugart, L. and Theodorakis, C. 1998. New trends in biological monitoring: application of biomarkers to genetic ecotoxicology. *Biotherapy*, 11: 119-127.
- Shugart, L.R. 2000. DNA damage as a biomarker of exposure. *Ecotoxicology*, 9: 329-340.
- Shukla, R.K., Bajpayee, M. and Dhawan, A. 2009. Detection of DNA damage in different organs of the mouse. *The Comet Assay in Toxicology Second Edition*, Royal Society of Chemistry (Eds. Alok Dhawan and Diana Anderson), pp. 169.
- Siah, C.W., Trinder, D. and Olynyk, J.K. 2005. Iron overload. *Clin. Chim. Acta*, 358: 24-36.
- Singh, M.R. 2007. Impurities-heavy metals: IR prespective. <http://www.usp.org/pdf/EN/meetings/asMeetingIndia/2008Session4track1.pdf>. [Last cited on 2009 Aug 10].
- Singh, N.P. and Stephens, R.E. 1996. Microgel electrophoresis: sensitivity, mechanisms, and DNA electrostretching. *Mutat. Res.*, 383: 167-175.
- Singh, N.P., McCoy, M.T., Tice, R.R. and Schneider, E.L. 1988. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Exp. Cell Res.*, 175 (1): 184-191.
- Singh, R., Gautam, N., Mishra, A. and Gupta, R. 2011. Heavy metals and living systems: An overview. *Indian J. Pharmacol.*, 43(3): 246-253.
- Snape, J.R., Maund, S.J., Pickford, D.B. and Hutchinson, T.H. 2004. Ecotoxicogenomics: the challenge of integrating genomics into aquatic and terrestrial ecotoxicology. *Aquat. Toxicol.*, 67: 143-154.
- Sonne, C., Aspholm, O., Dietz, R., Andersen, S., Berntssen, M.H.G. and Hylland, K. 2009. A study of metal concentrations and metallothionein binding capacity in liver, kidney and brain tissues of three Arctic seal species. *Sci. Total Environ.*, 407 (24): 6166-6172.
- Standstead, H.H. 1977. in Goyer, R.A. and Mehlman, M.A. (eds.), *Toxicology of Trace Elements*, J. Wiley & Sons, New York, pp. 241-256.
- Stansley, W. and Rosce, D.E. 1996. The uptake and effects of lead in small mammals and frogs at a trap and skeet range. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 30: 220-

226.

- Stayner, L.T., Dankovic, D.A. and Lemen, R.A. 1996. Occupational exposure to chrysotile asbestos and cancer risk: a review of the amphibole hypothesis. *Am. J. Public Health*, 86: 179-186.
- Stevens, A. and Lowe, J. 2000. In: Zabel, M. (Ed.), *Histologia*. PZWL, Warsaw.
- Stohs, S.J. and Bagchi, D. 1995. Oxidative mechanisms in the toxicity of metal-ions. *Free Radic. Biol. Med.*, 18: 321-336.
- Šumbera, R., Baruš, V. and Tenora, F. 2003. Heavy metals in the silvery mole-rat, *Heliophobius argenteocinereus* (Bathyergidae, Rodentia) from Malawi. *Folia Zool.*, 52: 149-153.
- Suzuki, N., Yamamoto, M., Watanabe, K., Kambegawa, A. and Hattori, A. 2004. Both mercury and cadmium directly influence calcium homeostasis resulting from the suppression of scale bone cells: the scale is a good model for the evaluation of heavy metals in bone metabolism. *J. Bone Miner. Metab.*, 22: 439-446.
- Swiergosz, R., Zakrzewska, M., Sawicka-Kapusta, K., Bacia, K. and Janowska, I., 1998. Accumulation of cadmium in and its effect on bank vole tissues after chronic exposure. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 41: 130-136.
- Swiergosz-Kowalewska, R. 2001. Cadmium distribution and toxicity in tissues of small rodents. *Microsc. Res. Tech.*, 55: 208-222.
- Swiergosz-Kowalewska, R., Gramatyka, M. and Reczynski, W. 2005. Metals distribution and interactions in tissues of shrews (*Sorex* spp.) from copper- and zinc-contaminated areas in Poland. *J. Environ. Qual.*, 34: 1519-1529.
- Talmage, S.S. and Walton, B.T. 1991. Small mammals as monitors of environmental contaminants. *Environ. Contam. Toxicol.*, 119: 47-108.
- Taverniers, I., De Loose, M. and Bockstaele, E.V. 2004. Trends in quality in the analytical laboratory. II. Analytical method validation and quality assurance. *Trends Analyt. Chem.*, 23 (8): 535-552.
- Tice, R.R. 1995. Applications of the single cell gel assay to environmental biomonitoring for genotoxic pollutants. In: *Biomonitoring and Biomarkers as Indicators of Environmental Change* (Butterworth, B.E., Corkum, L.D. and Guzmán-Rincón, J., eds.). Plenum Press, New York, pp. 69-79.
- Tice, R.R., Agurell, E., Anderson, D., Burlinson, B., Hartmann, A., Kobayashi, H., Miyamae, Y., Rojas, E., Ryu, J.C. and Sasaki, Y.F. 2000. Single cell gel/comet assay: guidelines for *in vitro* and *in vivo* genetic toxicology testing. *Environ.*

Mol. Mutagen., 35: 206-221.

- Tice, R.R., Andrews, P.W. and Singh, N.P. 1990. The single cell gel assay. A sensitive technique for evaluating intercellular differences in DNA damage and repair. In Sutherland, B.M. and Wordhead, A.D. (eds) DNA Damage and Repair in Human Tissues. Plenum, New York, NY, pp. 291-302.
- Tiimub, B.M. Sarkodie, P.A., Monney, I. and Maxwell, O. 2015. Heavy metal contamination of soil by quarry dust at Asonomaso in the Ashanti Region of Ghana. *Chem Mater.*, 7(5): 42-50.
- Tiwary, R.K. 2001. Environmental impact of coal mining on water regime and its management. *Water Air Soil Pollut.*, 132: 185-199.
- Topashka-Ancheva, M., Avramova, F., Simeonova, V., Metcheva, R., Atanasov, N., Angelova, A. and Stambolova, M, 1995. Cytogenetical and biochemical studies on the effect of heavymetals on the organism of *Microtus guentheri* (Microtinae, Rodentia) in an ecologo-toxicological experiment. In: Annuaire de L'Universite de Sofia St. Kliment Ohridski, Faculte de biologie, Vol. 88. Presses Uuniversitaires St. Kliment Ohridski, Sofia, pp. 69-80.
- Topashka-Ancheva, M., Metcheva, R. and Atanasov, N. 1998. Bioaccumulation and clastogenic effects of industrial dust on *Microtus Guentheri* (Microtinae, Rodentia) in an ecologo-toxicological experiment. *Acta Zoologica Bulgarica*, 50: 117-122.
- Topashka-Ancheva, M., Metcheva, R. and Teodorova, S. 2003a. A comparative analysis of the heavy metal loading of small mammals in different regions of Bulgaria II: chromosomal aberrations and blood pathology. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 54: 188-193.
- Topashka-Ancheva, M., Metcheva, R. and Teodorova, S. 2003b. Bioaccumulation and damaging action of polymetal industrial dust on laboratory mice *Mus musculus alba* II. Genetic, cell, and metabolic disturbances. *Environ. Res.*, 92: 152-160.
- Topolska, K., Sawicka-Kapusta, K. and Cieřlik, E. 2004. The effect of contamination of the Kraków region on heavy metals content in the organs of bank voles (*Clethrionomys glareolus*, Schreber, 1780). *Polish J. Environ. Stud.*, 13: 103-109.
- Torres, J., Peig, J., Eira, C. and Borrás, M. 2006. Cadmium and lead concentrations in *Skrjabinotaenia lobata* (Cestoda: Catenotaeniidae) and in its host, *Apodemus sylvaticus* (Rodentia: Muridae) in the urban dumping site of Garraf (Spain). *Environ. Pollut.*, 143: 4-8.
- Torres, K.C. and Johnson, M.L. 2001. Bioaccumulation of metals in plants, arthropods

- and mice at a seasonal wetland. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20: 2617-2626.
- Tovar-Sánchez, E., Cervantes, L.T., Martínez, C., Rojas, E., Valverde, M., Ortiz-Hernández, M.L. and Mussali-Galante, P. 2012. Comparison of two wild rodent species as sentinels of environmental contamination by mine tailings. *Environ. Sci. Pollut. R.*, 19: 1677-1686.
- Tull-Singleton, S., Kimball, S. and McBee, K. 1994. Correlative analysis of heavy metal bioconcentration and genetic damage in white-footed mice (*Peromyscus leucopus*) from hazardous waste site. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 52: 667-672.
- Turna Demir, F. and Yavuz, M. 2017a. Heavy Metal Accumulation in Kidney of *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) From Korkuteli-Antalya, TURKEY. *EIJST*, 6 (9): 18-26.
- Turna Demir, F. and Yavuz, M. 2017b. Heavy Metal Accumulation in Kidney of *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) From Korkuteli-Antalya, TURKEY. *EIJST*, 6 (9): 43-50.
- Turna Demir, F., Aktaş, Ö., Kılıç, M. and Yavuz, M. 2017. Heavy metal accumulation in bone tissue of wild *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) from the Korkuteli-Antalya, TURKEY. International Health and Natural Sciences Conference (INHSC 2017), ss. 249-250, 19-21 October 2017, Antalya.
- Turna Demir, F., Kılıç, M., Aktaş, Ö. and Yavuz, M. 2018. Korkuteli-Antalya, Türkiye'den Yabancı *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) Kürklü Deri Dokusundaki Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. *Tabiat ve İnsan*, 52(201): 22-31.
- Turna, F., Aktaş, Ö., Kılıç, M. and Yavuz, M. 2017. Heavy metal accumulation in liver tissue of wild *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) from the Korkuteli-Antalya, Turkey. VIII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems (ISEEP 2017). Abstract Book, ss. 243, 4-7 October 2017, Çanakkale.
- Turna, F. ve Yavuz, M. 2016. Ağır Metal Kirliliği Olan Alanlarda Genotoksisite Tayini ve Biyoizlem Çalışmalarında Bazı Kemirgenlerin Kullanılması. *Nobel Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 9: 56-64.
- U.S. Environmental Protection Agency 1993. *Wildlife exposure factors handbook*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Health and Environmental Assessment and Office of Research and Development, EPA/600/R-93/187. <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/wefh.cfm>. [Accessed February 2008].
- USDA-NRCS 2000. Heavy metal soil contamination, soil quality - Urban Technical

Note No. 3. pp 1-7.

- Ullen, H., Augustsson, K., Gustavsson, C. and Steineck, G. 1997. Supplementary iron intake and risk of cancer: reversed causality? *Cancer Lett.*, 114: 215-216.
- Underwood, E.J. 1977. Trace Elements in Human and Animal Nutrition, 4th ed. Academic Press, New York, 545 p.
- Usuda, K., Kono, K., Ohnishi, K., Nakayama, S., Sugiura, Y., Kitamura, Y., Kurita, A., Tsuda, Y., Kimura, M. and Yoshida, Y. 2010. Toxicological aspects of cadmium and occupational health activities to prevent workplace exposure in Japan: A narrative review. *Toxicol. Ind. Health*, 27 (3): 225-233.
- Vahter, M. 1981. Biotransformation of trivalent and pentavalent inorganic arsenic in mice and rats. *Environ. Res.*, 25: 286-293.
- Vahter, M. 1983. Metabolism of arsenic. In: Fowler B (ed) Biological and environmental effects of arsenic. Elsevier, London, 198 p.
- Vahter, M. 1994. Species differences in the metabolism of arsenic compounds. *Appl. Organomet. Chem.*, 8: 175-182.
- Vahter, M. and Marafante, E. 1979. *In vivo* methylation and detoxication of arsenic. In: The biological alkylation of heavy elements. Royal Society of Chemistry, London, pp. 105-119.
- Vahter, M. and Norin, H. 1980. Metabolism of ⁷⁴-As labeled trivalent and pentavalent inorganic arsenic in mice. *Environ. Res.*, 21:446-457.
- Valko, M, Morris, H. and Cronin, M.T.D. 2005. Metals, toxicity and oxidative stres. *Curr. Med. Chem.*, 1: 1161-1208.
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M.T.D. and Telser, J. 2006a. Mutual effect of free radicals, redox metals and antioxidants. *FEBS J.*
- Valko, M., Rhodes, C.J., Moncola, J., Izakovic, M. and Mazura. M. 2006b. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem. Biol. Interact.*, 160: 1-40.
- Venugopal, B. and Luckey, T.D. 1978. Metal Toxicity In Mammals. Plenum Press, New York, pp. 185-195.
- Verschaeve, L., Koppen, G., Gorp, U.V., Schoeters, G., Jacobs, G. and Zwijsen, C. 2007. Seasonal variations in spontaneous levels of DNA damage; implication in the risk assessment of environmental chemicals. *J. Appl. Toxicol.*, 27: 612-620.
- Villavicencio, D. 2006. Evaluation of storage conditions for assessing DNA damage

using the Comet Assay. Department of Pharmacology and Toxicology Indiana University.

- Waalkes, M.P. and Perantoni, A. 1988. *In vitro* assessment of target cell specificity in cadmium carcinogenesis: interactions of cadmium and zinc with isolated interstitial cells of the rat testes. *In Vitro Cell. Dev. Biol.*, 24 (6): 558-565.
- Waalkes, M.P., Coogan, T.P. and Barter, R.A. 1992. Toxicological principles of metal carcinogenesis with special emphasis on cadmium. *Critical Rev. Toxicol.*, 22: 175-201.
- Waalkes, M.P., Liu, J., Ward, J.M. and Diwan, L.A. 2004. Mechanisms underlying arsenic carcinogenesis: hypersensitivity of mice exposed to inorganic arsenic during gestation. *Toxicology*, 198: 31-38.
- Waisberg, M., Joseph, P., Hale, B. and Beyersmann, D. 2003. Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. *Toxicology*, 192: 95-117.
- Wanibuchi, H., Salim, E.I., Kinoshita, A., Shen, J., Wei, M., Morimura, K., Yoshida, K., Kuroda, K., Endo, G. and Fukushima, S. 2004. Understanding arsenic carcinogenicity by the use of animal models. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 198: 366-376.
- Watanabe, M., Henmi, K., Ogawa, K. and Suzuki, T. 2003. Cadmium dependent generation of reactive oxygen species and mitochondrial DNA breaks in photosynthetic and non-photosynthetic strains of *Euglena gracilis*. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.*, 134: 227-234.
- Watjen, W. and Beyersmann, D. 2004. Cadmium-induced apoptosis in C6 glioma cells: influence of oxidative stress. *Biometals*, 17: 65-78.
- Webb, J.L. 1966. Enzyme and Metabolic Inhibitors. Vol. III (Iodoacetate; malate; N; E thylmaleinide; Alloxon; Quinones and arsenicals), Academic Press, NY and LN., pp. 595-793.
- Webb, M. 1987. The toxicological significance of metallothionein. *Metallothionein II*, 52: 109-134. Part of the Experientia Supplementum book series (EXS, volume 52)
- Wei, M., Wanibuchi, H., Morimura, K., Iwai, S., Yoshida, K., Endo, G., Nakae, D. and Fukushima, S. 2002. Carcinogenicity of dimethylarsinic acid in male F344 rats and genetic alterations in induced urinary bladder tumors. *Carcinogenesis*, 23: 1387-1397.
- Weigand, E. and Kirchgessner, M. 1980. Total true efficiency of zinc utilization: determination and homeostatic dependence upon the zinc supply status in young

- rats. *J. Nutr.*, 110 (3): 469-480.
- Wenzel, W.W., Adriano, D.C., Salt, D. and Smith, R. 1999. Phytoremediation: A plant-microbe based remediation system. p. 457-508. In D.C. Adriano et al. (ed.) Bioremediation of contaminated soils. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Wijnhoven, S., Leuven, R.S.E.W., Van Der Velde, G. and Eijsackers, H.J.P. 2008. Toxicological risk for small mammals in a diffusely and moderately polluted floodplain. *Sci. Total Environ.*, 406: 401-406.
- Wilson, D.E., and Reeder, M.D. (EDS). 2005. Mammal Species of the World. Johns Hopkins University Press, 2,142 pp. (Available from Johns Hopkins University Press, 1-800-537-5487 or (410) 516-6900).
- Włostowski, T., Krasowska, A. and Bonda, E., 2003. An iron-rich diet protects the liver and kidneys against cadmium-induced injury in the bank vole (*Clethrionomys glareolus*). *Ecotoxicol. Environ. Safe*, 54: 194-198.
- Włostowski, T., Krasowska, A. and Dworakowski, W., 1996. Low ambient temperature decreases cadmium accumulation in the liver and kidneys of the bank vole (*Clethrionomys glareolus*). *Biometals*, 9(4): 363-369.
- World Health Organization (WHO). 1981. Environmental Health Criteria 18. Arsenic. International Programme on Chemical Safety. World Health Organization, Finland.
- Wu, T.J., Sempos, C.T., Freudenheim, J.L., Muti, P. and Smith, E. 2004. Serum iron, copper and zinc concentrations and risk of cancer mortality in US adults. *Ann. Epidemiol.*, 14: 195-201.
- Yamanaka, K., Takabayashi, F., Mizoi, M., An, Y., Hasegawa, A. and Okada, S. 2001. Oral exposure of dimethylarsinic acid, a main metabolite of inorganic arsenics, in mice leads to an increase in 8-oxo-2'-deoxyguanosine level, specifically in the target organs for arsenic carcinogenesis. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 287: 66-70.
- Yavuz, M. 2008. Batı Akdeniz Bölgesi'nde yayılış gösteren *Microtus* (Mammalia: Roentia) cinsi türlerinin biyoekolojisi ve biyotaksonomisi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 203 s.
- Yavuz, M. and Aktaş, Ö. 2018. Heavy Metal Accumulation in the *Microtus guentheri* (Danford and Alston, 1880) Living Near The Mines as a Biomonitor. *Fresen Environ Bull.*, 27: 1104-1121.
- Yavuz, M., Özmen S.F., Tunç, M.R., and Boztosun. I. 2016. *Microtus guentheri*

- (Danford & Alston, 1880) (Rodentia: Cricetidae) as a biomonitor for radionuclides in Mersin Province of Turkey. *Turk J. Biol.* 40:561-573.
- Yavuz, M., Öz, M. and Albayrak, İ. 2010. Levant Vole *Microtus Guentheri* (Danford And Alston 1880) Prefers Southerly-Facing Slopes In Agricultural Sites At Antalya, Turkey. *North-West. J. Zool.*, 6: 36-46.
- Yiğit, N. Çolak, E. Sözen, M. and Özkurt Ş. 1999. Türkiye Kemiricilerinin (Mammalia: Rodentia) Habitatları ve Tarım Alanları Üzerine Etkileri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(4): 885-905.
- Zarrintab, M. and Mirzaei, R. 2017. Evaluation of some factors influencing on variability in bioaccumulation of heavy metals in rodents species: *Rombomys opimus* and *Rattus norvegicus* from central Iran. *Chemosphere*, 169: 194-203.
- Zhitkovich, A. 2005. Importance of chromium-DNA adducts in mutagenicity and toxicity of chromium(VI). *Chem. Res. Toxicol.*, 18(1): 3-11

ÖZGEÇMİŞ

FATMA TURNA DEMİR

fturna@akdeniz.edu.tr



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2010-2012	Fen Fakültesi, Biyoloji, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2005-2010	Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi
2011-2018	Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya
Doktora Sırası Misafir Araştırmacı	U.S. Food and Drug Administration (FDA), National Center for Toxicological Research (NCTR), 3900 NCTR Road, Jefferson, 72079-ARKANSAS, USA (Tübitak 2214/A Bursiyeri olarak)
21 Ocak -21 Temmuz 2016	

ESERLER

A. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler (SCI, En sonuncusu en başta): 10 (On)

A1. Demir E., **Turna F.**, Aksakal S., Emre Y., Emre N., Yağcı A., Kaya B. 2015. The Comet assay using Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) for the detection of nutrient pollution generated from overfed fish farms in the Eşen Stream. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24 (11): 3665-3671.

A2. Demir E., Akça H., **Turna F.**, Aksakal S., Burgucu D., Kaya B., Tokgün O., Vales G., Creus A., Marcos R. 2015. Genotoxic and cell-transforming effects of titanium dioxide nanoparticles. *Environmental Research*, 136: 300-308.

A3. Demir E., Aksakal S., **Turna F.**, Kaya B., Marcos R. 2015. *In vivo* genotoxic effects of four different nano-sizes forms of silica nanoparticles in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Hazardous Materials*, 283: 260-266.

A4. Demir E., **Turna F.**, Aksakal S., Kaya B., Marcos R. 2014. Genotoxicity of different sweeteners in *Drosophila*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23 (12c): 3426-3432.

A5. **Turna F.**, Aksakal S., Demir E., Kaya B. 2014. Antigenotoxic effects of Resveratrol in somatic cells of *Drosophila melanogaster*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23 (9): 2116-2125.

A6. Demir E., Akça H., Kaya B., Burgucu D., Tokgün O., **Turna F.**, Aksakal S., Vales G., Creus A., Marcos R. 2014. Zinc oxide nanoparticles: genotoxicity, interactions with UV-light and cell-transforming potential. *Journal of Hazardous Materials*, 264: 420-429.

A7. Demir E., **Turna F.**, Vales G., Kaya B., Marcos R. 2013. *In vivo* genotoxicity assessment of titanium, zirconium and aluminium nanoparticles, and their microparticulated forms, in *Drosophila*. *Chemosphere*, 93: 2304-2310.

A8. Demir E., Burgucu D., **Turna F.**, Aksakal S., Kaya B. 2013. Determination of TiO₂, ZrO₂, and Al₂O₃ Nanoparticles on Genotoxic Responses in Human Peripheral Blood Lymphocytes and Cultured Embryonic Kidney Cells. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues*, 76 (16): 990-1002.

A9. Demir E., **Turna F.**, Burgucu D., Kılıç Z., Burunkaya E., Kesmez Ö., Yeşil Z., Akarsu M., Kaya B. 2013. Genotoxicity of Different Nano-sizes and Ions of Silica Nanoparticles. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22 (10): 2901-2909.

A10. Demir E., **Turna F.**, Kaya B., Creus A., Marcos R. 2013. Mutagenic/recombinogenic effects of four lipid peroxidation products in *Drosophila*. *Food and Chemical Toxicology*, 53: 221-227.

B. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler (En sonuncusu en başta): 2 (İki)

B.1. Turna Demir F., Yavuz M. 2017. Heavy Metal Accumulation in Kidney of *Microtus guentheri* (Dandford and Alston 1880) From Korkuteli-Antalya, TURKEY. *European International Journal of Science and Technology*, 6(9): 18-26.

B2. Turna Demir F., Yavuz M. 2017. Heavy Metal Accumulation in Muscle Tissue of *Microtus guentheri* (Dandford and Alston 1880) From Korkuteli-Antalya, TURKEY. *European International Journal of Science and Technology*, 6(9): 34-50.

C. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler (En sonuncusu en başta): 2 (İki)

C1. Turna Demir F., Kılıç M., Aktaş Ö., Yavuz M. 2018. Korkuteli-Antalya, Türkiye’den Yabani *Microtus guentheri* (Dandford and Alston 1880) Kürklü Deri Dokusundaki Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. *Tabiat ve İnsan*, Yıl:52, Sayı: 201 Sayfa: 22-31.

C2. Turna F., Yavuz M. 2016. Ağır Metal Kirliliği Olan Alanlarda Genotoksisite Tayini ve Biyoizlem Çalışmalarında Bazı Kemirgenlerin Kullanılması. *Nobel Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 9: 56-64.

D. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler (En sonuncusu en başta): 19 (On dokuz)

D1. Turna Demir F., Aktaş Ö., Yavuz M. 2018. A study of bone heavy metal accumulation in levant vole (*Microtus guentheri* - Dandford and Alonso 1880) sites near marble and stone quarries in Korkuteli, Antalya-Turkey. 1st International Health Science and Life Congress (IHSLC 2018), 02-05 May 2018 Abstract Book - Page **(Poster Presentation)**

D2. Turna Demir F., Yavuz M. 2018. Levant vole (*Microtus guentheri* - Dandford and Alonso 1880), A new biomonitor species for ecogenotoxicity with comet assay : A study in the sites that polluted by marble and stonequarries in Korkuteli, Antalya-Turkey. 1st International Health Science and Life Congress (IHSLC 2018), 02-05 May 2018 Abstract Book - Page **(Oral Presentation)**

D3. Turna Demir F., Aktaş Ö., Yavuz M. 2018. Detection of heavy metal accumulation in skin with fur tissue of *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) collected from polluted sites in Korkuteli, Antalya. 1st International Health Science and Life Congress (IHSLC 2018), 02-05 May 2018 Abstract Book - Page **(Poster Presentation)**

D4. Turna Demir F., Kılıç S., Yavuz M. 2018. Heavy metal content of liver and kidney in levant vole *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) in the polluted regions in Korkuteli, Antalya-Turkey. 1st International Health Science and Life Congress (IHSLC 2018), 02-05 May 2018 Abstract Book - Page **(Poster Presentation)**

D5. Turna Demir F., Yavuz M. 2017. Genotoxicity Detection using Comet Assay in Levant vole (*Microtus guentheri* - Dandford and Alston 1880) from the Korkuteli-Antalya, TURKEY. International Health and Natural Sciences Conference (INHSC 2017), 19-21 October 2017, Abstract Book 213-214 page **(Oral Presentation)**

D6. Turna Demir F., Kılıç M., Aktaş Ö., Yavuz M. 2017. Heavy metal accumulation in skin tissue with fur of wild *Microtus guentheri* (Dandford and Alston 1880) from the Korkuteli-Antalya, TURKEY. International Health and Natural Sciences Conference (INHSC 2017), 19-21 October 2017, Abstract Book 247-248 page **(Poster Presentation)**

D7. Turna Demir F., Aktaş Ö., Kılıç M., Yavuz M. 2017. Heavy metal accumulation in bone tissue of wild *Microtus guentheri* (Dandford and Alston 1880) from the Korkuteli-Antalya, TURKEY. International Health and Natural Sciences Conference (INHSC 2017), 19-21 October 2017, Abstract Book 249-250 page (**Poster Presentation**).

D8. Turna F., Aktaş Ö., Kılıç M., Yavuz M. 2017. Heavy metal accumulation in liver tissue of wild *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) from the Korkuteli-Antalya, Turkey. VIII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems (ISEEP 2017) 4-7 October 2017, Çanakkale-TURKEY. Abstract Book, 243. page (**Poster Presentation**).

D9. Turna F., Yavuz M. 2017. Genotoxic effects in levant vole (*Microtus guentheri* - Danford and Alston 1880) from the Korkuteli-Antalya, Turkey. VIII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems (ISEEP 2017) 4-7 October 2017, Çanakkale-TURKEY. Abstract Book, 106. page (**Oral Presentation**).

D10. Turna F., Yavuz M. 2017. Heavy metal accumulation in muscle tissue of wild *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) from the Korkuteli-Antalya, Turkey. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity (SEAB 2017), 5-8 July 2017, Minsk-BELARUS. Abstract Book 396. page (**Poster Presentation**).

D11. Turna F., Yavuz M. 2017. Heavy metal accumulation in kidney of wild *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) from The Korkuteli-Antalya, Turkey. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity (SEAB 2017), 5-8 July 2017, Minsk- BELARUS. Abstract Book 395. page (**Poster Presentation**).

D12. Turna F., Yan J., Xiaoqing G., Yavuz M., Chen T. 2016. Genotoxicity of cadmium selenide quantum dots evaluated using different *in vitro* assays. 8. International Nanotoxicology Congress, (2016) 1-4 June 2016, Boston-USA Abstract Book 279. page (**Poster Presentation**).

D13. Turna F., Aksakal S., Demir E., Kaya B. 2013. Antigenotoxic effects of melatonin against genotoxicity induced by EMS and 4-NQO in the *in vivo* Comet assay using somatic cells of *Drosophila melanogaster*. VII. International Symposium on

Ecology and Environmental Problems (ISEEP 2013). 18-21 December 2013, Antalya-TURKEY. Abstract Book, ISEEP_012, 75. page (**Poster Presentation**).

D14. Aksakal S., **Turna F.**, Demir E., Kaya B. 2013. Study on the genotoxic properties of Cobalt nanoparticle and ionic form in the *in vivo* Comet assay using haemocytes of *Drosophila melanogaster*. VII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems (ISEEP 2013). 18-21 December 2013, Antalya-TURKEY. Abstract Book, ISEEP_013, 76. page (**Poster Presentation**).

D15. Kaya B., **Turna F.**, Aksakal S., Demir E., Emre Y., Emre N., Yağcı A. 2013. The Comet assay using rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) for the detection of nutrient pollution generated from overfed fish farms in the Eşen Stream. VII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems (ISEEP 2013). 18-21 December 2013, Antalya-TURKEY. Abstract Book, ISEEP_010, 73. page (**Poster Presentation**).

D16. Demir E., Aksakal S., **Turna F.**, Kaya B. 2013. Genotoxic effects of Silicium dioxide nanoparticles and ionic form in the *Drosophila* Comet assay. VII. International Symposium on Ecology and Environmental Problems (ISEEP 2013). 18-21 December 2013, Antalya-TURKEY. Abstract Book, ISEEP_011, 74. page (**Poster Presentation**).

D17. **Turna F.**, Demir E., Kaya B. 2012. An investigation of the genotoxic potential of titanium dioxide nanoparticles and ions in human peripheral lymphocytes using the Comet assay. Nanosafety Congress-Turkey, 26-28 April, Kemer-Antalya, TURKEY, Abstract Book, P-04, 46. page, (**Poster Presentation**).

D18. Demir E., **Turna F.**, Akça H., Kaya B. 2012. Genotoxicity of titanium dioxide nanoparticles and ions in cultured human embryonic kidney (HEK293) cells and mouse embryonic fibroblast (NIH/3T3) cells using the alkaline Comet assay. Nanosafety Congress-Turkey, 26-28 April, Kemer-Antalya, TURKEY, Abstract Book, S2-O1, 41. page, (**Oral Presentation**).

D19. Kaya B., Demir E., **Turna F.** 2012. *In vivo* genotoxicity assessment of titanium dioxide, zirconium oxide and aluminium oxide nanoparticles and ions in *Drosophila*. Nanosafety Congress-Turkey, 26-28 April, Kemer-Antalya, TURKEY, Abstract Book, P-02, 44. page, (**Poster Presentation**).

E. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler
(En sonuncusu en başta): 16 (On altı)

E1. Turna F., Yavuz M. 2016. Ağır Metal Kirliliği Olan Bölgelerde Genetik Hasar Tayini ve Biyoizlem Çalışmalarında Kemirgenlerin Kullanılması. 3. Ulusal Çevre Kongres, 24-28 Eylül 2016, Muğla-TÜRKİYE, Özet Kitabı, 94. Sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E2. Turna F., Aksakal S., Burgucu D., Demir E. 2014. Farklı Nanoboyutlardaki Çinko oksit Nanopartikülünün Genotoksisite ve Fare Lenfoblastoid Hücrelerinde DNA Tamir Sürecine Etkisinin Araştırılması. 22. Ulusal Biyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı), 23-27 Haziran, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir-TÜRKİYE, Özet Kitabı, MBG-P4-17, 1318. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E3. Demir E., Turna F., Aksakal S., Creus A., Marcos R. 2014. Titanyum dioksit ve Çinko oksit Nanopartiküllerinin Genotoksik Etkilerinin Fare Lenfoma Testi ile Araştırılması. 22. Ulusal Biyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı), 23-27 Haziran, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir-TÜRKİYE, Özet Kitabı, MBG-P4-13, 1315. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E4. Aksakal S., Turna F., Kaya B. 2014. Gümüş ve Kobalt Nanopartiküllerinin ve İyonik Formlarının Genotoksik Etkilerinin *In Vivo Drosophila* Komet Testi ile Araştırılması. 22. Ulusal Biyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı), 23-27 Haziran, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir-TÜRKİYE, Özet Kitabı, MBG-P3-26, 1292. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E5. Kaya B., Karadeniz H., Turna F., Aksakal S., Demir E. 2014. Kobalt klorür'ün Oluşturduğu DNA Hasarına Karşı Resveratrol'ün Koruyucu Etkisi. 22. Ulusal Biyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı), 23-27 Haziran, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir-TÜRKİYE, Özet Kitabı, BİY-P2-18, 680. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E6. Turna F., Aksakal S., Demir E., Kaya B. 2013. Potasyum Dikromat ve Etil Metan Sülfonat'ın Genotoksisitesine Karşı Resveratrol'ün *In Vivo* Antigenotoksik Potansiyelinin *Drosophila* SMART ve KOMET Yöntemleriyle Araştırılması. II. Toksikoloji Sempozyumu: Toksikolojide Güncel Konular, Türk Toksikoloji Derneği, 3-

4 Mayıs 2013, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (P1), 6. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E7. Aksakal S., **Turna F.**, Demir E., Kaya B. 2013. Gümüş Nanopartikülünün ve İyon Formunun Genotoksik Potansiyelinin *In Vivo Drosophila* KOMET Yöntemi ile Araştırılması. II. Toksikoloji Sempozyumu: Toksikolojide Güncel Konular, Türk Toksikoloji Derneği, 3-4 Mayıs 2013, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (P5), 7. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E8. Karadeniz H., **Turna F.**, Aksakal S., Demir E., Kaya B. 2013. Etil Metan Sülfonat ve 4-Nitrokinolin Oksit'in Genotoksitesine Karşı Melatonin'in *In Vivo* Antigenotoksik Potansiyelinin *Drosophila* SMART Yöntemi İle Araştırılması. II. Toksikoloji Sempozyumu: Toksikolojide Güncel Konular, Türk Toksikoloji Derneği, 3-4 Mayıs 2013, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (P4), 7. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E9. Çakmak I., **Turna F.**, Aksakal S., Demir E., Kaya B. 2013. *Drosophila* Hemositlerinde Silisyum Dioksit Nanopartikülünün *In Vivo* DNA Hasarının Araştırılması. II. Toksikoloji Sempozyumu: Toksikolojide Güncel Konular, Türk Toksikoloji Derneği, 3-4 Mayıs 2013, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (P2), 6. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E10. Şenli Ş., Burgucu D., **Turna F.**, Aksakal S., Demir E., Kaya B. 2013. Titanyum Dioksit Nanopartikülünün ve İyonik Formunun İnsan Embriyonik Böbrek Epitelyum Hücrelerinde (HEK293) Genotoksik Analizi. II. Toksikoloji Sempozyumu: Toksikolojide Güncel Konular, Türk Toksikoloji Derneği, 3-4 Mayıs 2013, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (P3), 6. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E11. Demir E., **Turna F.**, Burgucu D., Tokgün O., Akça H., Kaya B. 2012. Titanyum Dioksit ve Çinko Oksit Nanopartiküllerinin UV-B Radyasyonu ile Birlikte Memeli Hücre Hatlarında Genotoksik Potansiyellerinin Araştırılması. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı). 3-7 Eylül, Ege Üniversitesi, Prof. Dr. Yusuf VARDAR-MÖTBE Kongre Kültür Merkezi, İZMİR-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (SH-007), 290. sayfa, **("Sözlü Bildiri" olarak sunulmuştur)**.

E12. Kaya B., **Turna F.**, Demir E., Marcos R. 2012. Dört Yapay Tatlandırıcının Genotoksik Etkilerinin *Drosophila melanogaster*'in Somatik Hücrelerinde KOMET ve SMART Yöntemleriyle Araştırılması. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı). 3-7 Eylül, Ege Üniversitesi, Prof. Dr. Yusuf VARDAR-MÖTBE Kongre Kültür Merkezi, İZMİR-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (PH-061), 1371. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E13. Kaya N., **Turna F.**, Demir E., Kaya B. 2012. Çinko Oksit ve Titanyum Dioksit Nanopartiküllerinin *Allium cepa* Kök Meristem Hücrelerindeki Genotoksik Etkilerinin KOMET Yöntemi İle Araştırılması. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı). 3-7 Eylül, Ege Üniversitesi, Prof. Dr. Yusuf VARDAR-MÖTBE Kongre Kültür Merkezi, İZMİR-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (PH-062), 1372. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E14. **Turna F.**, Demir E., Kaya B. 2012. Potasyum Dikromat ve Etil Metan Sülfonat'ın Genotoksitesine Karşı Resveratrol'ün *In Vivo* Antigenotoksik Potansiyelinin *Drosophila* SMART Yöntemiyle Araştırılması. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı). 3-7 Eylül, Ege Üniversitesi, Prof. Dr. Yusuf VARDAR-MÖTBE Kongre Kültür Merkezi, İZMİR-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (PH-103), 1409. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E15. Aksakal S., **Turna F.**, Demir E., Kaya B. 2012. Potasyum Dikromat'ın Genotoksitesine Karşı Melatonin'in *In Vivo* Antigenotoksik Potansiyelinin *Drosophila* KOMET ve SMART Yöntemleriyle Araştırılması. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı). 3-7 Eylül, Ege Üniversitesi, Prof. Dr. Yusuf VARDAR-MÖTBE Kongre Kültür Merkezi, İZMİR-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (PH-002), 1318. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

E16. Güney A., **Turna F.**, Burgucu D., Burunkaya E., Kesmez Ö., Yeşil Z., Demir E., Kaya B. 2012. Silisyum Dioksit Nanopartikülünün *In Vitro* Genotoksik Potansiyelinin KOMET Yöntemi ile Araştırılması. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi (Uluslararası katılımlı). 3-7 Eylül, Ege Üniversitesi, Prof. Dr. Yusuf VARDAR-MÖTBE Kongre Kültür Merkezi, İZMİR-TÜRKİYE, Bildiri Kitabı, (PH-053), 1364. sayfa, **(Poster Bildiri)**.

PROJELERDE YAPTIĞI GÖREVLER

- ✓ Farklı Kirlilik Potansiyellerine Sahip Lokalitelerde Yaşayan *Microtus guentheri* Örneklerindeki Ağır Metal Birikim Seviyelerinin ve Genetik Hasarın Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (2016 - 2018), (**Yardımcı Araştırmacı - Doktora Tez Projesi**).
- ✓ Investigation of potential genotoxic and cytotoxic effects of Cadmium Selenide Quantum Dots (CdSe QDs) that widely used in various industrial application nanomaterials with the Mutational Spectrum Analysis of Mouse Lymphoma Assay, Comet and Micronucleus tests. TÜBİTAK- BİDEB 2214/AYurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı, [21 Ocak 2016 - 21 Temmuz 2016, 6 Ay, U.S. Food and Drug Administration (FDA), National Center for Toxicological Research (NCTR), Division of Genetic and Molecular Toxicology, (**Bursiyer**).
- ✓ Alüminyum Oksit, Titanyum Dioksit Ve Zirkonyum Oksit Nanopartiküllerinin *Drosophila* Smart Yöntemi İle Mutajenik Ve Rekombinojenik Etkilerinin Araştırılması, TÜBİTAK (**Bursiyer**).
- ✓ Resveratrol'ün Antigenotoksik Etkilerinin *Drosophila* SMAR Testi ile Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, (**Yardımcı Araştırmacı -Yüksek Lisans Tez Projesi**).
- ✓ Farklı Nanoboyuttaki Silisyum Dioksit Nanopartikülünün *In Vitro* Genotoksik Potansiyelinin *Drosophila* SMART ve COMET Yöntemleri ile Araştırılması, TÜBİTAK (**Bursiyer**).
- ✓ Melatonin'in farklı Mutajenlere Karşı Antigenotoksik Etkisinin *Drosophila* SMART ve KOMET Yöntemleriyle Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (**Yardımcı Araştırmacı**).

KAZANDIĞI BURSLAR ve ÖDÜLLER

- ✓ “En iyi poster ikincilik ödülü” International Natural and Health Science Conference, (Ekim 2017).
- ✓ Antalya 3. Bilim Festivali Teşekkür Belgesi (Festivalde Görevli Olarak Verilen Katkı Nedeniyle Verilmiştir - Antalya Büyükşehir Belediyesi, Nisan 2017).

- ✓ TÜBİTAK 2214-A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı (21 Ocak 2016-21 Temmuz 2016 tarihleri arasında 6 ay süre ile kullanılmıştır).
- ✓ TÜBİTAK 2211- Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı (2012- Devam Ediyor).
- ✓ TÜBİTAK 2228-Son Sınıf Lisans Öğrencileri İçin Yurt İçi Lisansüstü (Yüksek Lisans/Doktora) Burs Programı (2010-2012).
- ✓ Biyoloji Bölümü Lisans Dördüncülüğü, Onur Öğrencisi (2010, Akdeniz Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü).

AKADEMİK TEŞVİK (Yüksek Öğretim Kurumu tarafından verilen)

- ✓ 2016 Yılı Akademik Teşvik (42 puan)
- ✓ 2017 Yılı Akademik Teşvik (91.5 puan)

TÜBİTAK Uluslararası Bilimsel Yayınları Teşvik Ödülü (UBYT): 5 (Beş)

- ✓ Demir E., Akça H., **Turna F.**, Aksakal S., Burgucu D., Kaya B., Tokgün O., Vales G., Creus A., Marcos R. 2015. Genotoxic and cell-transforming effects of titanium dioxide nanoparticles. *Environmental Research*, 136: 300-308.
- ✓ Demir E., Aksakal S., **Turna F.**, Kaya B., Marcos R. 2015. *In vivo* genotoxic effects of four different nano-sizes forms of silica nanoparticles in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Hazardous Materials*, 283: 260-266.
- ✓ Demir E., Akça H., Kaya B., Burgucu D., Tokgün O., **Turna F.**, Aksakal S., Vales G., Creus A., Marcos R. 2014. Zinc oxide nanoparticles: genotoxicity, interactions with UV-light and cell-transforming potential. *Journal of Hazardous Materials*, 264: 420-429.
- ✓ Demir E., **Turna F.**, Vales G., Kaya B., Creus A., Marcos R. 2013. *In vivo* genotoxicity assessment of titanium, zirconium and aluminium nanoparticles, and their microparticulated forms, in *Drosophila*. *Chemosphere*, 93 (10): 2304-2310.
- ✓ Demir E., **Turna F.**, Kaya B., Creus A., Marcos R. 2013. Mutagenic/recombinogenic effects of four lipid peroxidation products in *Drosophila*. *Food and Chemical Toxicology*, 53: 221-227.

KATILDIĞI KURSLAR ve SEMİNERLER

- ✓ Neuroscience Graduate Summer Workshop and Practical Training, 25-29 June 2018, Ankara.
- ✓ Uygulamalı Biyokimyada Güncel Konular -2 Biyokimya Lisansüstü Yaz Okulu 20-23 Ağustos 2015, Aksaray.
- ✓ TÜBİTAK-ULAKBİM - Editör ve Yazar 3. Eğitim Semineri, 6 Nisan 2015, Antalya.
- ✓ Sosyal ve Sağlıklı Yaşam Derneği SOSAYDER-Uygulamalı İstatistik ve SPSS Kursu 17-18-24-25 Ekim 2014, Antalya.
- ✓ Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Hayvan Bakım-Kullanım ve Hayvan Deneyleri Etik Kurulu Eğitim Sertifikası Programı, "Deney Hayvanları Kullanım Sertifikası" Kursu 26 Ekim - 05 Kasım 2010, Antalya.

YÜKSEK ÖĞRETİM KURUMLARI YABANCI DİL SINAVI (YÖKDİL) ve YDS BELGESİ

- ✓ **YÖKDİL:** 92.5 (Fen Bilimleri - 2018)
- ✓ **YDS** : 83.75 (2018)

YAYINLARA ALINAN TOPLAM ATIF SAYISI

- ✓ *Google scholar*'a göre: **188 (Yüz seksen sekiz)**
- ✓ *Web of Science*'a göre: **101 (Yüz bir)**
- ✓ H-İndeksi: **6**
- ✓ *Web of Science*'a göre kendisi tarafından makalelerde yapılan atıflar: **4**
- ✓ *Web of Science*'a göre başkaları tarafından makalelerde yapılan atıflar: **97**