ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSKENDERUN'DA BULUNAN TERMİK SANTRALLERİN İSTAVRİT (*Trachurus trachurus)* VE SARDALYA (*Sardina pilchardus*) BALIK DOKULARINDA AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN İNCELENMESİ.

Yavuz Selim BAŞ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Yavuz Selim BAŞ tarafından hazırlanan **"İskenderun'da Bulunan Termik Santrallerin İstavrit (*Trachurus trachurus*) ve Sardalya (*Sardina pilchardus*) Balık Dokularında Ağır Metal Birikimlerinin İncelenmesi"** adlı tez çalışması 09/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Biyoloji Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. Mehmet YILMAZ
Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Biyoloji Bölümü

Üye : Prof. Dr. Sibel ATASAĞUN
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ
Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Özlem YILDIRIM
Enstitü Müdür Vekili

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

09/07/2019

Yavuz SELİM BAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İSKENDERUN'DA BULUNAN TERMİK SANTRALLERİN İSTAVRİT (*Trachurus trachurus)* VE SARDALYA (*Sardina pilchardus)* BALIK DOKULARINDA AĞIR METAL BİRİKİMLERİNİN İNCELENMESİ.

Yavuz SELİM BAŞ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ

Hatay İli/Türkiye, İskenderun Organize Sanayi Bölgesi sınırları içerisinde yer alan dört İstasyonda (su alma-deşarj yapılan alanlarda ve boru hattının etrafında yer alan dört İstasyonda) istavrit (*Trachurus trachurus)* ve sardalya (*Sardina pilchardus)* balık örnekleri yakalanarak dokularında bazı ağır metal birikimleri (Pb, Cd, Fe, Ni, Cu, Zn, Cr, As, Al, ve Mn) araştırılarak mevsimsel değişiklikler incelenmiştir. Balıkların kas ve solungaç dokuları analiz edilmiş, ağır metallerin söz konusu dokulardaki birikim düzeyinin anlamlılığı araştırılmıştır. Bu ağır metaller içerisinde en çok birikenin demir olduğu, en fazla birikimin solungaç dokularında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu iki türde mevsimsel farklılıklarının birikime etkileri incelenmiş, istavrit (*Trachurus trachurus)* ile sardalya'da (*Sardina pilchardus)* kış ve yaz mevsiminde, çalışılan ağır metallerin en çok solungaçta biriktiği tespit edilmiştir. Tüm dokulardaki metal değerleri Türk Gıda Kodeksinde yayınlanmış Avrupa Birliği normlarına uygun olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda balık dokularında tespit edilen ağır metal birikiminin insan sağlığı ve ekosistem açısından tehlikeli boyutlarda olmadığı anlaşılmıştır. Balık dokularındaki ağır metal birikiminin antropojenik etki altında olmadığı tespit edilmiştir.

Temmuz 2019, 52 sayfa

Anahtar Kelimeler: Termik santral, sucul canlı, *Sardina pilchardus* (sardalya), *Trachurus trachurus* (istavrit)

ABSTRACT

Master Thesis

THERMAL POWER PLANTS İN İSKENDERUN AND DETECTİON OF THEİR HEAVY METAL EFFECTS ON PİLCHARD AND HORSE MACKEREL FİSH TİSSUES.

Yavuz Selim BAŞ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biyology

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ

This study was completed in Hatay Province/Turkey, Organized İndustrial Zone at İskenderun Basin, with the four stations which include water drainage regions. Pilchard (*Sardina pilchardus)* and horse mackerel (*Trachurus trachurus)* fish were angled and some of the heavy metal accumulations (Pb, Cd, Fe, Ni, Cu, Zn, Cr, As, Al, ve Mn) in their tissues were detected with seasonal changes. Fish muscles and gills were analyzed for accumulations of heavy metals and compared with the others if significant or not. İron was higher than all of the heavy metals. Most of the accumulations were detected at gills. On the other hand seasonal differences of these two kind of species compared with their accumulations. İt is detected that most of heavy metal acummulation in winter and summer of Horse mackerel's (*Trachurus trachurus)* and Pilchard's (*Sardina pilchardus) tissues* was at gills. The heavy metal levels detected in all fish tissues was lower than Food Codex which is published according to European Union's norms. As a result of this study heavy metal concentration in fish tissue hasn't created threat over people health and ecosystem. İt is detected that heavy metal accumulation over fish tissue is not under the anthropogenic effect.

July 2019, 52 pages

Key Words : Thermal Power Plant, Aquatic Organisms, *Sardina pilchardus* (pilchard), *Trachurus trachurus* (horse mackerel)

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımda beni yanından bir kez ayırmayan her türlü konuda fikir paylaşımı yaptığım, inşallah daha nice seneler beraber büyük projelere imza atmak istediğim zekası ve tecrübeleriyle danışmandan öte güler yüzlü, olgun, çalışmaya okumaya aralıksız devam eden bilim insanı sayın Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ (Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı)'a, her türlü konuda yardımlarını esirgemeyen büyük özveri ve ilham kaynağım, problem çözme konusunda uzman olan annem Nilgün UZ' a, yüksek lisansı yapmamda en büyük çabayı sarfeden kendi bildiklerini hiç tereddüt etmeden paylaşan en kritik zamanlarda yıldız gibi parlayan; evde, işte, okulda başarılı, geleceğin bilim adamı Biyolog Rüstem DUYAR'a, biyoloji bölümünde yaptığı çalışmalar ile ufkumuzu açan hocam sayın Şeyda FİKİRDEŞİCİ'ye en içten duygularımla teşekkür ediyorum.

Yavuz Selim BAŞ

Ankara, Temmuz 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI
ETİK ..... **i**
ÖZET ..... **ii**
ABSTRACT ..... **iii**
TEŞEKKÜR ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
2. AĞIR METALLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ **3**
2.1 Ağır Metallerin Tanım ve Özellikleri **3**
2.2 Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Kaynaklar **4**
2.3 Ağır Metallerin Zehirliliğini Etkileyen Etmenler **5**
2.4 Ağır Metallerin Toksik Etkileri **6**
2.5 Ağır Metallerin Balık Tarafından Alınması **7**
2.6 Ağır Metallerin Balıkta Birikimi **9**
2.7 Çalışılan Ağır Metaller **11**
2.7.1 Kadmiyum **11**
2.7.2 Bakır **12**
2.7.3 Çinko **13**
2.7.4 Kurşun **14**
2.7.5 Mangan **16**
2.7.6 Demir **16**
2.7.7 Nikel **17**
2.7.8 Alüminyum **18**
2.7.9 Arsenik **18**
2.8 Sardina pilchardus Hakkında Genel Bilgiler **19**
2.9 Trachurus trachurus Hakkında Genel Bilgiler **21**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **23**
3.1 Çalışma alanı **23**

3.2 Balık örnekleri **25**
3.3 Analiz için kullanılan araç ve gereçler **26**
3.4 Örneklerin analize hazır hale getirilmesi **26**
3.5 İndüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS **26**
3.6 Örneklerin analizi **27**
3.7 Kullanılan istatistiksel metotlar **27**
4. BULGULAR VE TARTIŞMA **28**
4.1 Deneysel Bulgular **28**
4.1.1 Farklı türlerin aynı dokuda biriken ağır metallerin karşılaştırılmas **36**
4.1.2 Farklı türlerin aynı dokuda biriken ağır metallerin korelasyonu **38**
4.1.3 Mevsimsel farklılıklar ve ağır metal birikim **41**
5. TARTIŞMA VE SONUÇ **44**
KAYNAKLAR **47**
ÖZGEÇMİŞ **52**

SİMGELER DİZİNİ

µg	Mikrogram
kg	Kilogram
mg	Miligram
L	Litre
Zn	Çinko
Cd	Kadmiyum
Pb	Kurşun
Cu	Bakır
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Al	Alüminyum
As	Arsenik
S	Standart sapma
SH	Standart hata
r	Korelasyon katsayısı
$\bar{X}$	Aritmetik ortalama
Min	Minimum
Maks	Maksimum
y.a	Yaş ağırlık
ROT	Reaktif Oksijen Türleri
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
k.a	Kuru ağırlık
As	Arsenik
Co	Kobalt
Fe	Demir
Hg	Civa
HNO3	Nitrik asit
ICP-MS	İndüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi
İ1	İstavrit örnekleri birinci
S1	Sardalya örnekleri birinci
ppm	mg/litre
ppb	µg /litre

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Sardina pilchardus'un yayılış 20
Şekil 2.2 Sardina pilchardus'un genel görünüşü 21
Şekil 2.3 Trachurus trachurus'un yayılışı 22
Şekil 2.4 Trachurus trachurus'un genel görünüşü 22
Şekil 3.1 İskenderun Körfezi 25
Şekil 3.2 Dört istasyonun koordinatları ile uydu görüntüsü 25
Şekil 4.1 Yaz mevsiminde sardalya dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb) 34
Şekil 4.2 Kış mevsiminde sardalya dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb 35
Şekil 4.3 Yaz mevsiminde istavrit dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb) 35
Şekil 4.4 Kış mevsiminde istavrit dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb) 36
Şekil 4.5 Yaz ve kış mevsiminde sardalya kas dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb) 41
Şekil 4.6 Yaz ve kış mevsiminde sardalya solungaç dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb) 42
Şekil 4.7 Yaz ve kış mevsiminde istavrit kas dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb) 42
Şekil 4.8 Yaz ve kış mevsiminde istavrit solungaç dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb) 43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Yaz mevsiminde yakalanan 10 adet Sardina pilchardus' un kas dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri 28
Çizelge 4.2 Yaz mevsiminde yakalanan 10 adet Sardina pilchardus' un Solungaç dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri 29
Çizelge 4.3 Yaz mevsiminde yakalanan 10 adet Trachurus trachurus'un kas dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri 29
Çizelge 4.4 Yaz mevsiminde yakalanan 10 adet Trachurus trachurus'un Solungaç dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri 30
Çizelge 4.5 Kış mevsiminde yakalanan 10 adet Sardina pilchardus' un kas dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri 30
Çizelge 4.6 Kış mevsiminde yakalanan 10 adet Sardina pilchardus' un Solungaç dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri 31
Çizelge 4.7 Kış mevsiminde yakalanan 10 adet Trachurus trachurus'un kas dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri 32
Çizelge 4.8 Kış mevsiminde yakalanan 10 adet Trachurus trachurus'un Solungaç dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri 32
Çizelge 4.9 Yaz ve kış aylarında yakalanan sardalya ve istavrit balık dokularında ölçülen ağır metal değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri 33
Çizelge 4.10 Sardalya ile istavrit kas dokusunda metal birikimi arası farklar (yaz mevsimi) 36
Çizelge 4.11 Sardalya ile İstavrit kas dokusunda metal birikimi arası farklar (kış mevsimi) 37
Çizelge 4.12 Sardalya ile istavrit solungaç dokusunda metal birikimi arası farklar (yaz mevsimi) 37
Çizelge 4.13 Sardalya ile istavrit solungaç dokusunda metal birikimi arası farklar (kış mevsimi) 38
Çizelge 4.14 Sardalya ile istavrit kas dokusunda metal birikimi arası korelasyon (yaz mevsimi) 38
Çizelge 4.15 Sardalya ile istavrit kas dokusunda metal birikimi arası korelasyon (kış mevsimi) 39
Çizelge 4.16 Sardalya ile istavrit solungaç dokusunda metal birikimi arası korelasyon (yaz mevsimi) 40
Çizelge 4.17 Sardalya ile istavrit solungaç dokusunda metal birikimi arası korelasyon (kış mevsimi) 40
Çizelge 5.1 Trachurus trachurus ve Sardina pilchardus'da ölçülen ağır metal seviyeleri ile kabul edilebilir değerlerin karşılaştırılması(Türk Gıda Kodeksi ve WHO/FAO verileri) 45

1. GİRİŞ

Günümüzde çevre kirliliğinin antropojenik etkiler ile gün geçtikçe arttığı gözlenmektedir. Çevrenin kirlenmesi insan ve hayvan sağlığını ekosistemin bozulmasına paralel olarak etkilemektedir. Teknolojik gelişmeler günden güne hızlanırken, nüfusun artması ile tüketimin getirdiği üretim ihtiyacı sanayileşmeyi hızlandırmakta; doğal olarak sanayi atıkları birikmektedir. Kirlenmenin etkileri sanayileşmenin yoğun olduğu bölgelerde daha çok hissedilmektedir. Üretimi istenilen boyutlara ulaştırmak için enerji kaynakları kullanılmakta; fakat yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması çeşitli sebeplerle geri planda tutulduğundan fosil yakıtların kullanıldığı enerji üretim yollarına başvurulmaktadır. Termik santraller de katı, sıvı, gaz formdaki fosil yakıtlar ve biyo kütleden elde edilen ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bu kapsamda kömür santralleri, fuel-oil santralleri ve doğal gaz santralleri yer alır. Bir yakıtın ekzotermik bir reaksiyon sonucunda oksijenle birleşmesine yanma denir. Kömürlü santrallerde yanmayı kolaylaştırabilmek, yani oksijenin karbonla reaksiyonunu hızlandırabilmek için kömür öğütülerek yüzey alanı artırılır.

Kömür, ana bileşeni karbonun yanı sıra hidrojen (H), oksijen (O) ve az miktarda da kükürt (S) ve azot (N) elementlerini içeren, bitki yığışımlarının bataklıklarda bozunmadan ve çürümeden korunarak, kimyasal ve fiziksel değişimler geçiren sedimanter bir kayaçtır. Ülkemizde kömürler; turba, linyit, taş kömürü ve antrasit olarak sınıflandırılmakta, karbon içeriği ve enerji miktarı yüksek kömürler taşkömürü; alt grubu olarak da antrasit ve bitümlü kömür, karbon içeriği ve enerji miktarı düşük olan kömürler ise alt bitümlü kömür ve linyit alt sınıflarına ayrılmıştır (Erarslan 2010).

Hava ve çevre kirliliğinin insan ve toplum yaşamına olumsuz etkilerini azaltmak, iklim değişikliğinin insan yaşamını tehdit eden, kuraklıklar, orman yangınları, beklenmedik zamanlarda yüksek yağışlar ve su baskınları, çok sert geçen kışlar vb. olumsuz etkilerini azaltmak, hızlı sıcaklık artışı eğilimini en çok 1,5-2 derece ile sınırlamak için; enerji tüketiminde fosil yakıtların payını düşürmek gerekmektedir (Türkiye'de Termik Santraller, Oda Raporu 2017).

Türkiye'de elektrik enerjisi üretmek için fosil yakıtların yakılması sonucu açığa çıkan (CO_2, NOx ve SO_2 gibi gazlar), baca gazı olarak atmosfer içinde dağılır, ayrıca uçucu kül ve hidrokarbonları içerirler. Nikel, kadmiyum, kurşun, arsenik gibi zehirli metaller de fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere atılan diğer maddelerdir (Kumbur vd. 2005).

Termik santrallerde kömür yakılması sonucunda her sene milyonlarca ton kül ortaya çıkmakta, bu küllerin çevreye vereceği zararlardan en çok endişe duyulanı As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Se gibi zehirli etkisi olan eser elementler ve çözünebilir tuzların yer altı sularına karışması ihtimalidir (Şengül 2002).

Organizmaya gerekli olmayan ağır metaller (kadmiyum, kurşun, civa gibi) minimum konsantrasyonda dahi canlıya zarar verir (Taylan ve Özkoç 2016).

2. AĞIR METALLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1 Ağır Metallerin Tanım ve Özellikleri

Ağır metal tanımı fizik yoğunluğu 5 g/cm^3 ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba 60 tan fazla metal (kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa, çinko vb.) dahildir. Bu elementler yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde bileşik olarak veya silikatlar içinde bulunurlar. Yüzyıllar boyunca insanlar ağır metalleri etkisini bilmeden takı, silah, su borusu vb çeşitli eşyalar için kullanmışlardır. Ağır metal kirliliğinden kaynaklanan ilk tanımlanan zehirlenmeler Japonya'da ortaya çıkmıştır (Kahvecioğlu vd. 2009).

Bazı metaller, metabolik olarak benzedikleri elementlerin yerine geçerek toksik etki gösterirler. Örneğin kurşunun kalsiyuma benzer metabolizması ile merkezi sinir sistemini etkilemesi, demir ve çinkonun yerini alması hem metabolizmasını etkilemesi ile açıklanır (Vural 2005).

Kurşun, kalsiyum, fosfor, demir ve bakır gibi mineraller, ince bağırsaktan kana hızla emilirler. Organizmada kurşun homojen olarak dağılmaz. Kana geçen kurşunun %90'ı eritrositlerle bağ kurar. Kan dolaşımı sırasında kurşun, hücreler arası sıvı, dalak, kemik iliği ve böbreklere dağılır. Erişkinlerde kurşunun %95'i, çocuklarda ise %74'ü, kemiklerde depolanır (Dündar ve Aslan 2005).

Şengül (2002) tarafından bildirildiğine göre baca külünde bulunan Cr, Ni, Co, Cu, Pb, Zn ayrıca Al, Mg, Fe elementleri asidik ortamda çözünebilmektedir. Yani pH değeri küçüldükçe çözünürlükleri artar.

Birçok metal canlılar için olmazsa olmaz ve dışarıdan alınması gerekmektedir. Bunlardan 8 element (potasyum, magnezyum, kalsiyum, sodyum, metalleri ile silisyum, kükürt, klorür ve fosfor ametalleri) olmaksızın insanın yaşayamayacağı ve bu elementlerin yetişkin bir insan vücudundaki miktarının 1 000 gram (kalsiyum) ile 18

gram (silisyum) arasında olduğu belirtilmiştir. İnsan vücudunda miktarları % 0,02'den az, fakat çeşitli fonksiyonlar için gerekli 54 kadar eser element bulunmaktadır. Bunlar arasında vanadyum, krom, manganez, demir, kobalt, bakır, molibden ve çinko esansiyel eser metallerdir. Selenyum esansiyel eser ayrı metal, iyot ve flor ise esansiyel eser ametallerdir. Vücutta bulunan diğer eser elementlerin (kadmiyum, arsenik, civa, kurşun, berilyum gibi) birçoğunun biyolojik fonksiyonları bilinmemektedir (Vural 2005).

Ağır metaller çok düşük seviyelerde denizel ekosistemin doğal bir parçasıdır. En az 11'i (Fe, Cu, Zn, Co, Mn, Cr, Mo, V, Se, Ni, Sn) biyolojik olarak gerekli görülmektedir. Enzimlerde, metalo proteinlerde, metal protein bileşiklerinde ve solunum pigmentlerinde görev alırlar. İnsan sağlığına en zararlı olduğu bilinen Hg, Cd ve Pb gibi; Cu, Zn, Ag ve Cr'da deniz canlıları için aynı şekilde ve hatta daha da zararlı olabilmektedir (Bryan 1980).

2.2 Ağır Metal Kirliliğine Yol Açan Kaynaklar

Su kaynağının fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi kirlenmedir. "Su kirliliği antropojenik etkiler sonucunda ortaya çıkan, kullanımı kısıtlayan veya engelleyen ve ekonomik dengeleri bozan kalite değişimleridir" (Sönmez vd. 2012).

Çevrede yüzlerce kirletici mevcut olmakla birlikte ağır metaller sucul ortamlar için çok ciddi tehdit kaynağı olmaktadır. Antropojenik olarak ve atmosferik olaylar sonucu serbest kalan çoğu ağır metaller erozyonla sucul ortamlara doğru akmakta; su, sediment ve canlılarda da birikim yapmakta böylelikle besin zincirinde yerini almaktadır. Türkiye'nin batı kesiminde endüstriyel gelişim ve şehirleşme sonucu sucul yaşam tehdit altında kalmaktadır (Altındağ ve Yiğit 2005).

Çağlarırmak ve Hepçimen (2010) tarafından bildirildiğine göre Romanya'da endüstri bölgesi olan; madencilik, metalürji ve kimyasal aktivitelerin yoğun olduğu Elatna bölgesinde Lacatusu ve ark (1999) tarafından asit yağmurları ve ağır metal kirliliğinin

önemli toprak kirliliğine yol açtığı, toprağın %68'inin bu aktiviteler tarafından kirletildiği saptanmış, toprak asitliği pH 3,6 ve 3,9 değerleri arasında bulunmuştur. Toprakta olması gereken değerlerin çok üzerinde Pb (41), Cu (41), Zn (7) ve Cd (4) değerleri belirlenmiş ve toprakta ağır metal kirliliği tespit edilmiştir.

Endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzozları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik hareketler, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile kentsel atıklar ağır metallerin çevreye yayılmasına neden olan etmenlerin en önemlileridir (Asri ve Sönmez 2006).

Ağır metallerin çevresel faktörlerden başka gübre, alet ve ekipmanlardan da gıdalara bulaştıkları bilinmektedir (Çağlarırmak ve Hepçimen 2010).

Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında, nüfus artışındaki hızlanmaya bağlı olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve sonuçta ekosistemin bozulması giderek çok daha ciddi bir hal almıştır (Yarsan vd. 2000).

2.3 Ağır Metallerin Zehirliliğini Etkileyen Etmenler

Termik santral küllerinin toplandığı alanda (kül depolarında) oluşan Radon gazı (Ra_{222}) havaya ulaşmaktadır. Bu küllerin üzeri toprakla örtülse dahi toprağın gözeneklerinden geçen Ra_{222} havaya karışır. Ra_{222} 3,8 günlük bir süre içinde Polonyum'a (Po_{210}) ve aktif kurşuna (Pb_{210}) dönüşebilmektedir ve sucul yaşamı doğrudan tehdit edebilmektedir (Türkiye'de Termik Santraller, Oda Raporu 2017).

Bacadan çıkan uçucu küller havaya yayılarak ağırlık ve atmosferik olaylara göre belli bir mesafeden sonra yere düşerler. Bu esnada içerdikleri Co, Cd, Zn, Pb, Cu gibi metal bileşikleri de baca dumanındaki SO_2 ve NOx gazlarının toksisitesini artırır ve asit yağmurlarına dönüşmede katalizör etkisinde bulunurlar (Akkoyunlu 2006).

Metallerin bulunduğu çeşitli bileşikler ve iyon durumu, metallerin organizmada birikim

düzeyini etkiler. Canlılar üzerine etkilerin değişmesinde tuzluluk, sıcaklık ve bazı çevresel etkiler devreye girer. Aynı zamanda metallerin organizmadan organizmaya birikimleri yaşa göre değişir. Kimi canlılar da bazı metallerin birikimini düzenleyebilirler (Bryan 1980).

Metallerin oksidasyon basamağı ve bileşik şekli toksisitelerini önemli derecede etkiler. Krom-6- (Cr*6) bileşiklerinin Cr*3 den daha toksik olması; organik metal bileşiklerinin (alkil kurşun ve alkil civa bileşikleri gibi), anorganik bileşiklerine göre (kurşun asetat, civa-2- klorür gibi) daha çok toksik olmaları örnek verilebilir. Metallere maruziyet bir metalin toksisitesini değiştirebilir. Çocuklar ve yaşlılar metal toksisitesine daha duyarlıdırlar. Vitamin C, kurşun ve kadmiyum metallerinin absorbsiyonunu ve toksisitesini azaltır. Bakır eksikliği, aşırı miktarda çinkoya maruziyet sonucu görülür. Kadmiyum zehirlenmesinde görülen bağırsak nekrozu, yeterli derecede çinko alımı ile önlenebilir. Kurşun zehirlenmesi, demir, çinko, bakır ve kalsiyum gibi birçok esansiyel elementlerin doku düzeylerini değiştirir (Vural 2005).

2.4 Ağır Metallerin Toksik Etkileri

Metallerin toksik etkileri değişmekle birlikte organ ve sistemleri etkilemektedir. Örneğin civa ve arsenik, sülfidril grubu içeren birçok enzimleri inhibe ederler (enzimlerin bulunduğu hücre membranları ve organeller). Kadmiyuma en duyarlı organ böbrekler olmakla beraber karaciğer ve akciğerlerde de etkisi görülür. Civa ve kurşun, sodyum-potasyum adenozin trifosfataz (Na^+ -K^+ ATP'az) enzimini inhibe ederler (Vural 2005).

Ağır metallerin toksik etkileri birçok faktöre bağlıdır. Doza, maruz kalma şekline, kimyasal hallerine, yaşa, cinsiyete, genetik özelliklere ve maruz kalan insanların beslenme şekillerine göre farklılık gösterir. İnsan sağlığı açısından da en toksik olanlar arsenik, kadmiyum, krom, kurşun ve civadır. Çok az bir maruz kalmayla bile bu metaller toksik çoklu organ hasarına sebep olurlar. Amerika Çevre Koruma Ajansı ve Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından aynı zamanda kanserojenler olarak sınıflandırılmışlardır (Tchounwou vd. 2012).

Sistemik toksik etki gösteren tozlar: Kurşun, kadmiyum, radyum gibi metal tozlar akciğerlerden absorbe olarak etkilerini gösterirler (Vural 2005). Ağır metallere maruz kalmak yaygın çevresel olgudur. Metal zehirlenmeleri sinir sistemi zehirlenmeleri, genleri etkileyen ve kanserojen etkili olanlar olarak literatürde oldukça yaygındır. Ağır metallerin toksik etkilerinin ana etki mekanizmalarından biri oksidatif stres ve doku hasarıdır. Ortaya çıkan birçok veri metallerin hücresel proteinlerle ve DNA ile etkileşerek makromoleküllerin oksidatif olarak bozulmalarına neden olur. Bu hipotezi destekleyen en iyi delil kültüre alınan hücrelerde ve hayvanların DNA'larındaki nükleotit oluşumlarına olan oksijen saldırılarıdır (Flora vd. 2008).

Tarımsal topraklar Cd, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Pb, ve As gibi ağır metal toksisitesi ile kontamine olmuş durumdadır. Bu uzun dönem fosfatlı gübre kullanımından, lağım suları kullanımından, fırın tozlarından, endüsteriyel kirlenmeden ve yanlış sulamadan kaynaklanmaktadır. Bitkilerin bu yüksek ağır metal oluşumlarına ilk olarak cevabı reaktif oksijen türlerini (ROT) oluşturmasıdır. Fazla ROT ise oksidatif strese sebep olmaktadır. Bu mekanizma antioksidan etkileşimleri ile karşılık bulmaktadır. Elektron taşıma zinciri ve gerekli metallerin mekanizmaları bozulmaktadır. Ağır metallerin en büyük zararlarından biri lipit peroksidasyonudur, bu ise hücre zarı hasarı ile sonuçlanmaktadır. Membranın çoklu doymamış yağ asitlerinin bir ayrışma ürünü olan Malondialdehyde (MDA) oksidatif stresin kanıtı olarak gösterilebilir (Yadav 2010).

2.5 Ağır Metallerin Balık Tarafından Alınması

Sucul canlılar ağır metalleri sudan, sedimentten ve besin yolu ile olmak üzere birçok yolla alırlar (Çoğun 2012). Ağır metaller ortamdan solungaçlar, besin, tatlısu balıklarında besinle birlikte alınan su ve deri aracılığı ile alınmakta ve bu ağır metaller taşıyıcı proteinlere bağlı bir şekilde kan yoluyla doku ve organlara taşınarak dokulardaki metal bağlayıcılar vasıtası ile bağlanarak yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir (Sönmez vd. 2016).

Birçok çalışma değişik miktarlarda ağır metallerin farklı balık türlerinde olmasının farklı ekolojik ihtiyaçların, metabolizmaların ve balıkların yediği örneklerin sonucu

olduğunu ortaya koymuştur. Bentik bölgelerdeki balıkların kas dokularındaki Cd, Cu ve Zn miktarlarının pelajik bölgedeki balık türlerine göre daha yüksek olduğu, kaslarda Pb ve Cr birikimlerinin ise türlerle değişmediği, bu da farklı türlerin farklı besin alışkanlıkları, yaş, büyüklük ve yaşam alanlarına bağlı olduğunu göstermektedir (Chi vd. 2007).

Metallerin solungaçtan balığa geçmeleri basit difüzyon ile olur. Aynı zamanda çinko emilimide bu solungaç yüzeyindeki lamelli epitelyum da bulunan klorür hücreleri ile soğurulur. Metallerin solungaçta birikmesinin en önemli nedenlerinden biri solungaçlardaki mukustur. Mukus yüzeyindeki değişimlerden dolayı aç bırakılan balıklarda solungaç üzerinde biriken çinko oranı bağlanma noktalarındaki artışa istinaden artmaktadır. Alabalıkların laboratuar koşullarında mukuslar vasıtası ile civa ve kadmiyum alımını azalttıkları fakat kalsiyuma etki etmediği tespit edilmiştir. Mukus genel olarak metallerin alımını azaltmaktadır. Hafif derecede balıkların oksijensizliğe maruz kalması krom, kurşun ve kadmiyum alımını artırır; fakat çinko alımını azaltmaktadır (Heath 1995).

Talyum bileşikleri, alkil kurşun bileşikleri, nikel, arsenik ve berilyum gibi metallerin deri yolu ile de absorbsiyonları önemlidir (Vural 2005). Balıklar tarafından ağır metallerin, ortamdan alınması başlıca solungaçlar, besin, tatlısu balıklarında besinle birlikte alınan su ve deri aracılığı ile olmaktadır. Vücuda alınan metaller, taşıyıcı proteinlere bağlanarak kan yolu ile doku ve organlara geçer ve dokulardaki metal bağlayan proteinler tarafından bağlanarak yüksek miktarlarda birikir (Cicik 2013).

Organizmalar oksidatif stres gibi sonuçlar doğuran gerekli ve gerekli olmayan ağır metallere ve diğer ksenobiotiklere karşı savunma mekanizması geliştirmişitr (Vinodhini 2008).

Topraktan bitkiye geçiş oranı çok yüksek olan ve toprakta oldukça hareketli olan kadmiyumun çok düşük konsantrasyonlarda bile özellikle çinko noksanlığında bitkiler tarafından kolaylıkla alınması ve bitkinin yenen kısımlarında birikmesi tehlikelidir. Yoğun kimyasal gübreye maruz kalmış alanlarda yetiştirilen ürünlerin insanlar ve

hayvanlar tarafından tüketilmeleri bu alanlardaki zararlı bileşiklerin canlı bünyelerine geçmesine neden olabilecektir (Sönmez 2008).

Solungaç yüzeyi komplekstir, çünkü yüzeyi glikoprotein, mukopolisakkaritler, epitel zarlar, düşük moleküler ağırlıklı içerikler ve sudan oluşmuştur. İlk olarak beklenenin aksine solungaçtan metal emilimi yüzey bağlanma ilgisinin aksiyle orantılıdır. Böylelikle düşük ilgili bakır; kalsiyum ve kadmiyuma göre daha kolayca hücrelere absorbe edilmektedir. Şu bir gerçek ki solungaç epitelinin dış yüzeyine bağlanmak, daha ileri düzeyde alımı kolaylaştırmadığı en çok alimünyumda dikkat çekmektedir. Asidik yumuşak sularda (alimünyum kontaminasyonunun en yaygın olduğu), solungaçlardan su amonyağı alıp uzaklaştırırken pH'nın yükselmesi ile çoğu çöker ve yeri mukus ile örtülür. Kalan ise yüklü olarak solungaç yüzeyine bağlı bir şekilde kalır. Solungaç yüzeyinin bu etkilerinden dolayı ancak göreceli küçük bir miktar çözünmemiş alimunyum balığa geçer (Heath 1995).

2.6 Ağır Metallerin Balıkta Birikimi

Çözünür kadmiyum tuzları insanda birikir ve böbreklerin, karaciğerin, akciğerlerin, beynin, kalbin ve merkezi sinir sisteminin zehirlenmesine sebep olur (Flora vd. 2008).

Doğal ortamlarda metaller tek başlarına bulunmadıklarından, metal karışımlarının etkisinde doku ve organlardaki metal birikiminin incelenmesi, metalin alınım, biyotransformasyonu ve kontaminasyonunun değerlendirilmesi önemlidir. (Sağlamtimur vd. 2004).

Ağır metal birikimin çalışılması açısından katyonları uzaklaştırma suda iyon değişimi sağlama özelliği bulunan Zeolit kimyasalından yararlanılmış Nil Tilapiası balıklarının kurşun ve kurşun + zeolit karışımlarının doku ve organlarda birikimi incelenmiş ve bu süre sonunda etkide kalınan kurşun derişiminin yalnız kurşun etkisi ile karşılaştırıldığında kurşun + zeolit karışımında önemli bir azalma olduğu gözlenmiştir (Çoğun 2012).

Balıkların insan beslenmesindeki faydalarının yanısıra dokularında toksik metalleri biriktirmelerinden dolayı sağlık açısından periyodik kimyasal analizler yapılmalıdır (Yabanlı vd. 2013).

Orkinoslar göçmen balıklardır ve geniş bir beslenme yelpazesine sahip oldukları için bu durumun balıkların kas dokularında ağır metal birikimini etkilediği belirtilmektedir. Denizdeki ağır metal kirliliğini araştırmak için balıkların, organizmaların kas, karaciğer, böbrek, solungaç, deri gibi doku ve organları biyobelirteç olarak kullanılmakla birlikte karaciğer dokusu metal birikiminde büyük öneme sahip olup diğer organlarına göre su kirliliğinin çevresel indikatörü olarak sıklıkla tavsiye edilmektedir (Kayhan vd. 2010).

Balıklar genellikle sucul besin zincirinin en üstünde yer almaktadır ve ortamdaki ağır metaller balıkların çeşitli doku ve organlarında birikmektedirler. Balıklar tatlı su sistemlerindeki en belirgin faktörlerden biridir. Ayrıca ağır metaller, balıkların doku ve organlarındaki birikiminin yanı sıra çeşitli kan parametrelerini, enzim aktivitelerini, büyüme ve gelişmeyi etkilemektedir. Sağlık açısından ticari balıklardaki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi önemlidir (Sönmez vd. 2016).

Ağır metaller sularda zor ayrıştıklarından canlı dokularında büyük konsantrasyonlarda birikirler. Boşaltım sırasında emilmeyen ağır metaller vücuttan atılır. Boşaltım işlemi bunun için yeterli olmadığında ise toksik ağır metaller toksik olmayan bileşikler şeklinde karaciğer ve böbrekte depolanır (Dağdelen 2013).

Değişik yollardan canlı bünyesine giren ağır metaller her organ ve dokuda farklı düzeyde birikir. Canlı bünyesinde çeşitli metabolik yollara katıldıktan sonra vücut dışına atılabilen metallerden fizyolojik öneme sahip olanlar depolanır. Eğer bunlar toksik metallerden biri ise, enzimlerin yapısını bozabilmektedir (Kayhan 2009).

2.7 Çalışılan Ağır Metaller

2.7.1 Kadmiyum

Kadmiyum (Cd) gümüş-beyaz renkte, yoğunluğu 8,64 g/mL, atom numarası 48, erime noktası 320,9 °C, kaynama noktası 765 °C olan bir ağır metaldir**.**

Yeni ulaşılan bilgiler geniş toplumların kadmiyumu ağız yolu ile alıyor olduklarını gösteriyor. Bu da kadmiyumun kronik etkilerine ışık tutuyor. İnsanlar ve hayvanlar ikincil derecede havadan kontamine olan gıda ve suyun kurbanı oluyorlar (Friberg 2017). Toprakta 3 mg/kg, bitki kuru maddesinde ise 1 mg/kg'dan fazla kadmiyum toksik etkilidir (Asri ve Sönmez 2006).

Genellikle kadmiyum, oksit, klorür, sülfat veya sülfit formunda bulunur. En çok böbrek ve karaciğerde birikir. Çok düşük miktarlarda dahi her türlü canlı organizma için zehirlidir. Kanser, doğum anomalileri, ve genetik mutasyonlara sebep olabilir. Kadmiyumun doğada yayılması çinko maden işletmeciliği ile başlamıştır. Nikel elementi ile birlikte pillerde, çeliklerin paslanması karşıtı olarak, boyacılıkta, PVC dayanıklılığını artırmada, elektronikte, fosfat gübrelerinde, deterjan ve petrol rafineri ürünlerinde bulunmaktadır. Suların kirlenmesi sonucu buradaki canlılara, oradan da insan ve hayvanlara bulaşmaktadır. Kadmiyum vücuda alındığında karaciğerde altı saat içinde metallothionein adı verilen düşük molekül ağırlığına sahip sisteince zengin bir proteine bağlanarak Cd-metallothionein bileşiği meydana gelir. Bu bileşik başta böbrekler olmak üzere diğer dokularda hasara neden olur. Kadmiyum ayrıca çeşitli yollarla alyuvarlar ile karaciğer, böbrek, beyin ve testis gibi dokuların hücre zarlarında lipit peroksidayonuna sebep olur. Diğer etki mekanizması olarak çinko ve magnezyum iyonlarının fizyolojik görevlerini yarışmalı olarak bozması, hemoglobinin yapısına giren heme'nin sentezini engellemesi, mitokondri görevini bozarak programlı hücre ölümüne yol açması sayılabilir. Akut zehirlenmelerde solunum güçlüğü, kusma, kalınbağırsak sancısı, güçsüzlük ve böbrek yetmezliği meydana gelir. Kronik zehirlenmede bakır yetmezliği oluşur. Tedavide çinko, B vitaminleri ve nikel preparatlarının yararlı olabileceği düşünülmektedir. Bunların yanı sıra selenyumun kadmiyum zehirlenmesinde

karaciğeri koruyucu etkisi vardır. Selenyum yapısına girdiği glutasyon peroksidaz ve tirodoksin redüktaz enzim etkinliklerini artırır. Fitoşelatin ve fitik asit içeren bitkiler kadmiyumu bağlayıcı etki gösterir (Kara vd. 2016).

Kadmiyum insanlar için potansiyel kanserojendir ve akciğer, prostat, pankreas, böbrek kanserleri ile ilişkilendirilir. Kadmiyum diğer ağır metallerin aksine serbest radikaller oluşturamaz ama araştırmalar dolaylı yoldan süperoksit radikalleri, hidroksil radikalleri ve nitrik oksit radikalleri ürettiğini tespit etmişlerdir (Flora vd. 2008).

Kadmiyum son yıllarda mesleki ve çevresel bir kirletici olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan sağlığı açısından bu denli şüphelenilmesi bu elementin biyolojik özelliklerine bakıldığı zaman anlaşılmaktadır. Kadmiyumun insan için toksik özellikte oluşu onun insan organizmasında olağanüstü uzun yarılanma ömründen kaynaklanmaktadır (10-30 yıl). İnsanda bu metalin elimine edilmesi için bir ara yol bulunmamaktadır. Bu metal vücuda girince ömür boyu birikmektedir. Yeni doğanlarda nerdeyse bu metal bulunmamakta 50 yaşlarına gelindiğinde ise kadmiyum vucut yükü 20-30 mg a kadar gelmekte hatta 200-300 mg a kadar da yükselebilmektedir. Ayrıca kadmiyum hayati organlarda birikerek (özellikle böbreklerde) sadece %30-50 oranında böbreklerde bulunur (Bernard ve Lauwerys 1986).

2.7.2 Bakır

Bakır (Cu) atom numarası 29, atom ağırlığı 63,5, yoğunluğu 8,96 g/mL, erime sıcaklığı 1083 °C, kaynama noktası 2595°C olan bir geçiş metalidir.

Bakır yaşam için gerekli birçok enzimin yapısına katılan önemli bir metaldir. Normal olarak proteinlere bağlanır. Cu serbest kalıp yüksek reaktif hidroksil radikali formlarını oluşturabilir. Laboratuvar koşullarında hücre kültürü çalışmalarından elde edilen veriler bakırın oksidatif hasara ve hücresel önemli olaylara sebep olma potansiyelinde olduğunu ortaya koymaktadır. Oksidatif hasarlar aşırı bakır birikimi, iş ortamlarındaki tehlikeler, ve çevresel bakır yoğunluğundan kaynaklanmaktadır. İlave olarak bakır

kaynaklı oksidatif hasarlar bakır metabolizması ve sinir hücre hasarları ile ilişkilidir. İlginç olarak bakır alımının azlığı oksidatif strese karşı hücre hassaslığını da beraberinde getirmektedir. Bir dizi yapı maddesinin de bakırla etkileşerek onun hücre içi etkilerini değiştirdiğini de göstermiştir. E vitaminin de bakır kaynaklı oksidatif hasara karşı koruyucu olduğu. C vitaminin ise bakır kaynaklı oksidatif stresi alevlendirdiği; sonuç olarak hayvan çalışmalarından çıkarımla bileşimin koruyucu olduğu yüksek C vitamini (askorbik asit) alımı ve çinko etkileşiminin bakır alımını azaltarak bakır toksisitesinden koruyabilir. Çinko aynı zamanda bakırın serbest radikal oluşturabilecek bağlanma bölgesinden uzaklaşmasını sağlar. Aynı zamanda beta karoten, alfa lipoik asit ve polifenoller bakır kaynaklı oksidatif hasarı azalttığı tespit edilmiştir (Gaetke ve Chow 2003).

Bakır tüm organizmalar için dışarıdan alınması zorunlu iz elementtir. Bakır bileşikleri fungusit, moluskusit, insektisit ve bakterisit olarak kullanılır. Bakırın yüksek reaktif yapısı vardır. Bu yüzden hücre içinde serbest iyon olarak bulunduğunda zehirli etkisi vardır. Gerek bir (Cu^{+}) gerekse iki (Cu^{+2}) değerli bakır oksidasyon ve redüksiyon tepkimelerine girerek hidroksil radikallerinin artışına neden olabilmektedir. Biriken bakır karaciğer hücrelerinde zehirlenmeye neden olur. Bakır birikimi karaciğerin tolerans düzeyinin üzerine çıktığında kan dolaşımına geçerek alyuvar zarında hasara ve hemoliz sonucu hemoglobinemiye neden olur ve böbreklerde birikir. Karaciğerde 1 g/kg kuru madde yoğunluğuna kadar miktarı artabilir ve bu düzeyde hayvanlarda ani ölüme sebep olabilir. Akut zehirlenmelerde üç gün içinde ölüm meydana gelebilirken; kronik zehirlenmelerde hemolitik krize bağlı olarak halsizlik, durgunluk görülür. Engellemek için ağızdan süt veya tıbbi kömür verilir. Çinko asetat bağırsaklardan bakır emilimini azaltmak için ağızdan 50 mg dozda 12 saat arayla aç karnına verilir. Proton pompası inhibitörleri, mide ülseri durumunda antibiyotikler verilir (Kara vd. 2016).

2.7.3 Çinko

Çinko organizmanın bünyesinde yetersiz miktarlarda bulunduğunda büyümeyi sınırlandırırken, yüksek miktarları ise toksik olabilmektedir (Kayhan vd. 2009). Balıklar için çinko esansiyeldir ve diğer iz elementlerden daha yüksek oranda bulunur. Doğada

sülfit, karbonat formunda ve hidrat silikatlar içerisinde diğer metallerle beraber bulunur. Madencilik faaliyetleriyle suya karışır ve önemli bir çevre kirleticidir. Balıklar üzerinde önemli bir toksik etkiye sahiptir. Enzim aktivitelerinde ve nükleoproteinlerin yapısında bulunur. Balıkta solungaç ve daha çok sindirim kanalı ile alınır. Çinko eksikliğinde; gözde katarakt, cücelik ve deride bozulma görülür. Balık yemindeki yüksek kalsiyum çinko işlevini azaltır. Çinko toksisitesi; balık türü, yaşı, suyun sertliği ve diğer su kalitelerine göre değişir. Sertliğin artışı toksisiteyi azaltır. Sudaki tolere edilebilir çinko düzeyi sazanlar için 0,3-2 mg/l (ppm) olarak belirlenmiştir (Çetinkaya 1998).

Genel olarak suyun pH'ı ile ağır metal toksisitesi arasında ters bir orantı olduğu vurgulanmakta ve yüksek pH değerlerinde ağır metal toksisitesinin azaldığı bildirilmektedir. Özellikle çinko için bu durum çinkonun yüksek pH değerlerinde çökelmesinden kaynaklanmaktadır. Yüksek pH değerlerinde oluşan çinko presipitatlarının nispeten daha az toksik olduğu düşünülmektedir. Ancak araştırıcılar bu noktada fikir birliğine varamamışlardır; Ağır metal toksisitesi üzerinde etkili olan diğer bir parametre ise suyun $CaCO_3$ sertliği ve alkalinitesidir. Suyun kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) sertliği ve alkalinitesi arttıkça divalent ağır metallerin toksisitesinin arttığı birçok çalışmada gösterilmiştir. Kalsiyum karbonatın ağır metal toksisitesine karşı koruyucu etkisinin Ca^{+2} katyonu ile ilgisi olduğu belirtilmektedir. Sudaki Ca^{+2} ve Mg^{+2} gibi divalent katyonlar çinko, bakır ve diğer birçok ağır metal toksisitesinde belirleyici role sahiptir (Ergönül ve Altındağ 2011).

Jones'un (1938) belirttiği üzere 25 ppm kalsiyum sertliğinin çinkonun zehirli etkili seviyelerinde diken balıklarının (*Gasterosteus aculeatus*) yaşam sürelerini uzattığı tespit edilmiştir (Wurts ve Perschbacher 1994).

2.7.4 Kurşun

Atom numarası 82 olan kurşun, (Pbs) madeninden elde edilen, erime derecesi düşük (327 ^{o}C), yumuşak ve işlenmesi kolay bir metaldir tadı ve kokusu olmayan toksik ağır metaller içerisinde yeryüzünde en yaygın olanıdır. Kurşun, genelde metal, metal kaplama sanayi ve madencilik faaliyetleri atık sularında bulunur (Pala 2006).

Doğada kurşun sülfür (galena), kurşun karbonat (seruzit) ve kurşun sülfat (anglezit) içeren mineraller halinde yaygın bulunan bir elementtir. Kurşun canlıların yaşaması için gerekli bir madde değildir. Organik ve inorganik kurşun formları arasında kurşun monoksit, tetraoksit, karbonat, silikat, kromat gibi bileşikleri; atimon alaşımları ile tetra etil, tetra metil ve stereat gibi alkil bileşikleri bulunmaktadır (Kara vd. 2016).

Kurşun çeşitli dokularda birikir. Kurşun vücutta akut ve kronik tipte zehirlenmeye sebep olur. Bunun sonucu geniş çaplı fizyolojik, biyokimyasal ve davranış bozuklukları görülür. Kan proteinlerini sentezleyen enzimlerin baskılanması sonucu anemi meydana gelir. Alyuvar zarı dayanıklılığı azalır. Hücre içi inklüzyon cisimcikleri şekillenir. Kemiklerde kalsiyumun yerine depolanır. Yüksek dozlarda böbrek ve karaciğerde birikir. Klinik olarak motor ve duyu sinirlerin etkilendiği çevre sinir bozukluğuna bağlı belirtiler görülür. Depresyon, kilo kaybı, yutak ve gırtlak felci, yutma güçlüğü ve buna bağlı aspirasyon pnömonisi, ses kısılması, anüs büzgeci ve alt dudak felci, ilerleyen durumlarda koordinasyonun bozulması görülür. Kurşunun kimyasal hali, biyolojik etkisinde çok önemli bir rol oynar. Örneğin kurşun tetraetil deriden ve mukozadan kolaylıkla difüzlenerek vücuda girer. Bu yoldan bir zehirlenme, çoğunluğu değil, kurşun tetraetil üretiminde çalışan küçük bir grubu ilgilendirir. Benzin içinde organik kurşun bileşiği olmasına rağmen, eksoz zehirlenmelerindeki kurşun inorganiktir. Zira benzinin yanması sonucu içindeki organik kurşun bileşiği inorganik kurşun bileşiği haline dönüşür. Böylece atmosfere daha az zehirli kurşun bileşiği verilmiş olur. Pb, toprak partiküllerine yapışır ve topraktaki kurşun asidik ve yumuşak olmadıkça yeraltı ve içme sularına karışmaz (Pala 2006).

Kurşunun geniş bir yelpazede fizyolojik, biyokimyasal ve davranış bozukluklarına sebep olduğu laboratuvar hayvanları ve insanlara etkilerinden bilinir. Kurşun toksisitesinin ana hedeflerinden biri hem sentezi ara yoludur. Bunu hem ve hemoglobin sentezini engelleyerek yapar ve alyuvarların şeklini ve canlılığını etkiler (Flora vd. 2008).

Sindirim sistemine giren kurşunun ancak %5-10'u kana karışır. Buna karşılık solunum yoluyla alınan kurşunun %30-40 kadarı kana karışır. Solunum yoluyla alınan kurşunun

vücutta miktarı, sindirim yoluyla alınanlardan çok daha fazladır. Kan dolaşıma giren kurşunun bir kısmı kemiklerde birikir, bir kısmı da idrarla dışarı atılır. Yalnız Pb^{+2}'nin bazı kimyasal özellikleri Ca^{+2}'kine benzediğinden, kurşun kemiklerde birikir. Kurşun, hemoglobinin çok önemli bir kısmı olan hemin sentezlenmesini önler ve kansızlığa sebep olur (Pala 2006).

2.7.5 Mangan

Mangan veya manganez atom numarası 25 olan, çeliğin dayanımını geliştiren bir alaşım elementidir. Mangan solunumda ve nitrojen metabolizmasının temel taşıdır. Her iki metabolizmada enzim aktivatörü olarak görev alır. Aynı zamanda Mn bitki büyümesini kısıtlayan bir faktördür. Toksik miktarda manganın hücre duvarlarında okside olması bu oluşumu etkilemektedir (Çınar ve Aydemir 2015).

Mangan alımının fazlalığında toksik etki ilk önce merkezi sinir sisteminde görülür. Bununla birlikte karaciğer, akciğer, kalp, damar da etkilenir. Aşırı toksisite ölümcüldür. Mn toksisitesi beyin dokusu sinir hücrelerinde birikim neticesinde ortaya çıkar. Parkinson hastalığına benzeyen etkiler görülür. Sağlıklı bir kan serum konsantrasyonu 0,5-1,2 ppm'dir. Mn zehirlenmesi deve ve sıçanlarda safra akışını engelleyen (khloestatik) bir metaldir. Şelasyon tedavisi; manganın vücut yükünü azaltmak için uygulanan ve halka yapı oluşturarak ağır metalleri bağlamak üzerine kurulmuştur (Crossgrove ve Zheng 2004).

2.7.6 Demir

(Fe) Demir, atom numarası 26 olan ağır metaldir. Yerkabuğunda en çok bulunan metaldir. Erime noktası 1.538 °C dir. Akut (çabuk ilerleyen) demir zehirlenmesi küçük yaşlarda daha yaygın olmasına rağmen, ileri yaşta da görülebilir ve önemli bir klinik durumdur. En sık görülen semptomlar karın ağrısı, kusma ve ishaldir (Erdoğan vd. 2013).

Demir mükemmel bir biyokatalizör olmasının yanında yok edici etkisi de bulunmaktadır. Demir kaynaklı zehirlenmenin sebebi olarak oksijenle tepkimeye girerek serbest radikaller oluşturup makro moleküllere zarar veren ve hücre ölümüne sebep olan Fe (II) görülmektedir. Fakat Fe (III) oksijen bağımsızdır. Demir (III) askorbik asitle indirgenerek demir (II) oluşur (Chamnongpol vd. 2002).

Her türlü demir ürünü denize atıldığında zamanla demir oksit sekline dönüşerek sediment içerisinde çamur ile birlikte birikir. Zamanla çamur içinde yasayan bakteriler tarafından oksitlenen demir, çeşitli oksidasyon kademelerinde parçalanarak değişik organik moleküllere bağlanmaktadır. Şüphesiz balıklarda en önemli demir miktarı, porphyrin, myoglobin formunda mevcuttur. Birçok deniz balığında yapılan çalışmalarda çok farklı demir içerikleri görülmektedir. Bu da muhtemelen analitik metotlarda farklılıklar, balık ürünlerine kemik ve metal kontaminasyonundan dolayıdır. Derinin uzaklaştırılması ile balıklarda demir içeriği de azalmaktadır. Kırmızı etli balıklarda beyaz etli balıklara göre daha fazla demir içeriği mevcuttur (Koca 2009).

Kalıtsal veya vücudun fazla demir almasıyla oluşan Hemokromatoz; kalp hastalığı ve karaciğer sirozuna ve tip 2 diyabete sebep olabilir. Hücre de demir zehirlenmesinden en çok etkilenen organeller mitokondri ve lizozomlardır. Risk altındaki kalp karaciğer ve pankreatik beta hücreleri yüksek aktiflikte mitokondriye sahiplerdir. Aktif oksijen türleri oluşturarak hücre içi demirle toksik etki oluşturur. Uzun zaman etkisi olarak da mitokondriyel genom bozularak mutasyona sebep olabilir (Eaton ve Qian 2002).

2.7.7 Nikel

Nikel, atom numarası 28 olan ve simgesi Ni olan kimyasal bir elementtir. Erime noktası 1.455 °C Atom kütlesi 58,6934 u dir. Doğada Nikel birikimi insan sağlığı için ciddi tehlike kaynağıdır. Nikelin sağlık için bilinen zararları; deri alerjisi, akciğer fibrozisi, böbrek ve kalp damar zehirlenmesidir (Denkhaus ve Salnikow 2002).

Nikelin insan plasentasına geçtiği ve embriyo zehirlenmesi ile teratogeneze (embriyoda

organ uzuv gelişmesinde problem oluşması) sebep olduğu raporlanmıştır. Nikelin plasenta membranında yağ peroksidasyonu hasarı oluşturduğu, toksik olduğu, plasental yaşama zarar verdiği ve zarın geçirgenliğini etkilediği tespit edilmiştir (Lin 1998).

2.7.8 Alüminyum

Al; Gümüş renkte, Atom numarası 13 olan, doğada genellikle boksit cevheri halinde bulunan, oksidasyona karşı üstün dirençli bir metaldir. Bu direncin temelinde pasivasyon özelliği yatar. Erime noktası 660,3 °C dir.

Alüminyum solunum sindirim ve deri yolu ile vücüda alınmaktadır. Vücütta birikim olduğu durumda toksisite ile sonuçlanmaktadır. Bu birikim alüminyum kaplar alüminyum içeren gıdalar, içme suyu ve ilaçlar ile olmaktadır. Alüminyum tuzları tıpta kullanılmakta ve böbrek hastalarında alüminyum hidroksit fosfor bağlayıcı ajan ülserli hastalarda anti asit amacıyla kullanılmaktadır. Alüminyumun vücütta birikimi sonucunda nörolojik bozukluklar, kemik bozuklukları ve anemi ortaya çıkmaktadır. Alzheimer'a sebep olduğu konusunda ise tartışmalar mevcuttur. Çay ve soya fasulyesi yüksek alüminyum içeren gıdalardır (Tayfur vd. 1995). Kalsiyumun *Oreochromis niloticus*'un kas, karaciğer, solungaç ve böbrek dokularında alüminyum birikimi üzerine engelleyici etkileri incelenmiştir. *O.niloticus*'un dokularında alüminyum birikimi kalsiyum varlığında azalmıştır. Denenen tüm karışımlarda (Al+Ca) *O.niloticus*'un böbrek, solungaç ve karaciğer dokularında alüminyum birikimini önemli ölçüde engellemiştir (Çoğun ve Uras 2015)

2.7.9 Arsenik

Arsenik (As) gümüş-gri renkte, kırılgan kristal formunda, atom ağırlığı 74,9, yoğunluğu 5,73 g/mL, kaynama noktası 613°C olan bir yarı metaldir. Arsenik bileşikleri çeşitli amaçlarla üretilmekte olup bunlar arasında yabani ot ilaçları, insektisit, deterjan ve boya yapımında yardımcı madde, deri, kağıt, seramik, cam ve lastik imalatı sayılabilir.

Çevrede arsenoik asit, arsenik asit, arsenit, arsenat, metil arsenik asit, dimetil arsinik asit ve arsin bileşiği halinde bulunur. Arseniğin inoganik bileşikleri organik bileşiklerine göre daha zehirlidirler. Zehirlilik sıralaması çoktan aza doğru inorganik As^{+3} (arsenit), inorganik As^{+5} (arsenat) şeklindedir. Çevreye başlıca su ile yayılır. Canlılarda birikici etki gösterir. Bunun yanı sıra hücre içine glikoz girişini, yağ asitlerinin oksidasyonu ve asetil koenzim A üretimini de engeller. Antioksidan maddelerden olan glutasyonun sentezini durdurduğu için vücut oksidatif hasara yatkın hale gelir. Arsenik süperoksit anyonu oluşumunu da teşvik eder. Arseniğin idrar kesesi, deri ve akciğer kanserine neden olduğu bildirilmiştir (Kara vd. 2016).

Arsenik oksidatif strese sebep olduğu için en çok çalışılan metaldir. Arsenik serbest radikalleri üreterek hücre hasarına sebep olup aynı zamanda oksidatif duyarlı ara yolları aktive ederek ölüme yol açmaktadır. Arsenik sadece reaktif oksijen türlerini üretmekle kalmaz aynı zamanda superoksit (O^{-2}) singlet oksijen (1 O_2), the peroksil radikali (ROO•), nitrik oksit (NO•), hidrojen peroksit (H_2O_2), dimetil arsenik peroxil radikalleri (CH_3) 2 AsOO• üretir (Flora vd. 2008).

Orta şiddette arsenik zehirlenmelerinde sulu ishal, tükürük salgısı artışı, kas titremeleri, hareketlerde koordinasyon bozukluğu ve depresyon görülür. Akut zehirlenme durumunda kedi ve köpeklerde ağızda tahriş, yemi reddetme, mide-bağırsak sancısı, kusma, kanlı ve sulu dışkı, damarların genişlemesi ve kanın sıvı kısmının kaybı sonucu hipovolemi, tükürük salgısının artışı, ağız mukozasında kayıp ve yara meydana gelir. Subakut zehirlenmelerde ise böbrek toplayıcı kanallarında dejenerasyon, böbrek yetmezliği ve kanda azot birikimi görülür. Ağız yolu ile akut zehirlenmede %1 sodyum bikarbonat içeren ılık su ile mide yıkanır (Kara vd. 2016).

2.8 Sardalya (*Sardina pilchardus)* Hakkında Genel Bilgiler

Alem : Animalia
Şube : Chordata
Alt Şube : Vertebrata
Sınıf : Actinopterygii

Takım : Clupeiformes

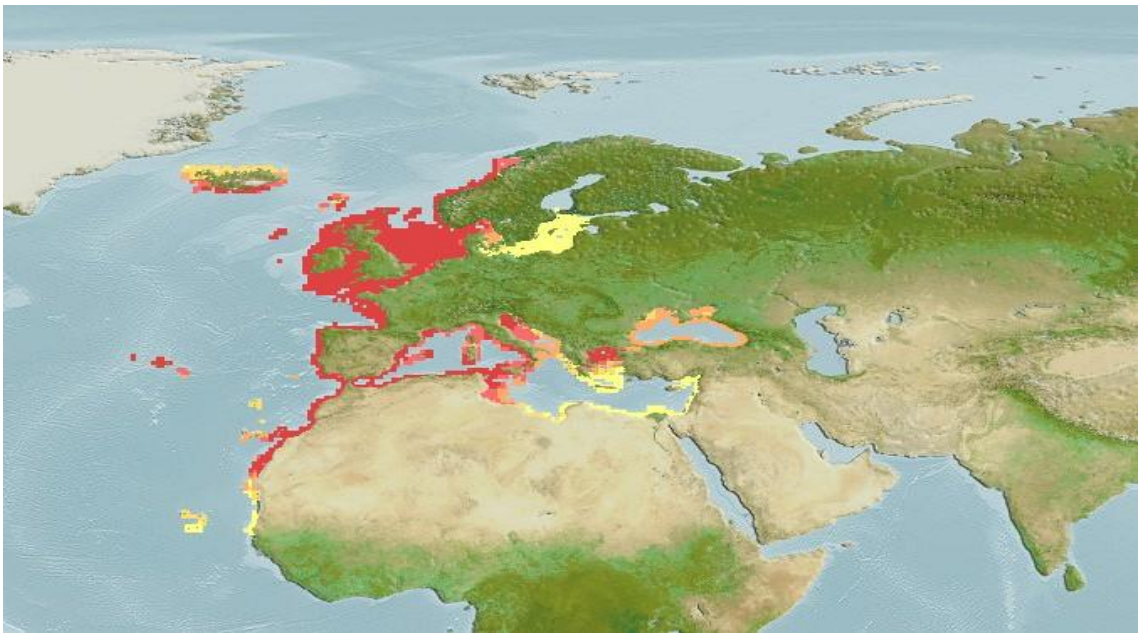
Familya : Clupeidae

Cins : *Sardina*

Tür : *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)

Uzun vücutlu pelajik bir balık türüdür. Pulları kolaylıkla dökülür. Çeneler dişsiz sayılabilecek durumdadır. Sırtı siyaha yakın koyu renktedir. Planktonik organizmaları ve küçük balıkları yer. Etçil bir balık türüdür (Kocakaplan 1998). *Sardina pilchardus* seri bir şekilde yumurta döken bir balıktır. Maksimum yumurta yoğunluğu ocak ve şubat aylarında 500-1500 yumurta/ m^2 dir (Cihangir 1996). Türkiye balıkçılığı açısından Ege Denizi'nin en önemli pelajik balık türlerinden biri olup, Türkiye genelinde 12000 ton yıllık av verimi vardır. Deniz balıklarından avlananlar içerisinde 4. sırada yer almaktadır (Akalın vd. 2006).

İzmir Körfezi'nden sonra sardalya avcılığının en fazla yapıldığı Edremit Körfezi'nde sardalya stoğunun boyutları henüz tam anlamıyla saptanmamıştır. Bir balık stoğunun saptanmasında kullanılan en önemli kriterlerden biri de yumurta ve larvalarından yararlanmak amacı ile yapılan ihtiyoplanktonik çalışmalardır (Gıcılı 2007).



Şekil 2.1 *Sardina pilchardus'un* yayılışı. **(**https://www.fishbase.se/search.php**)**



Şekil 2.2 *Sardina pilchardus'un* genel görünüşü.

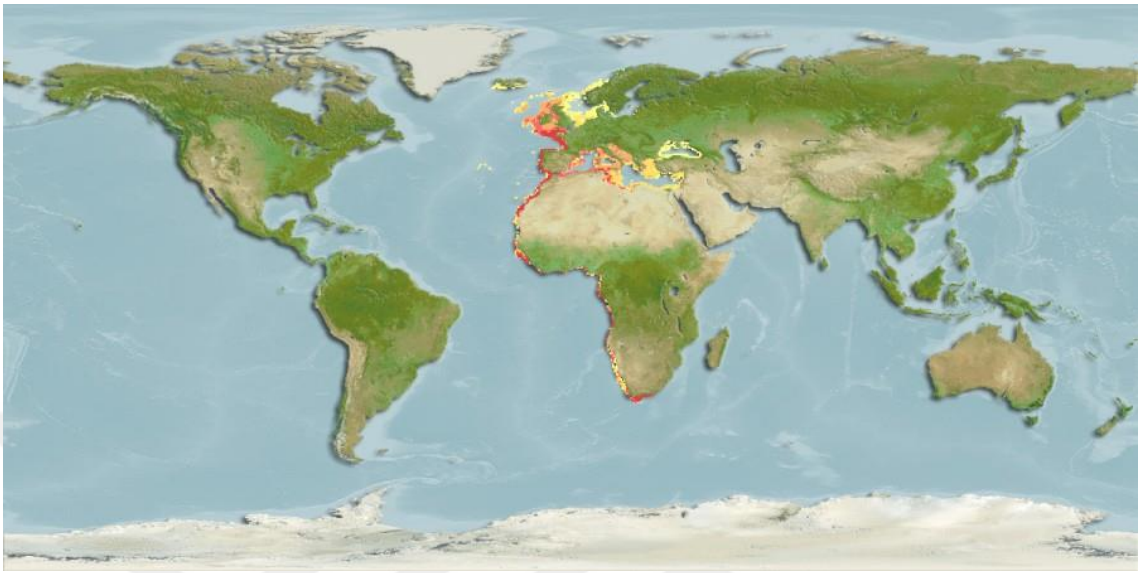
2.9 İstavrit (*Trachurus trachurus)* Hakkında Genel Bilgiler

Alem : Animalia
Şube : Chordata
Alt Şube : Vertebrata
Sınıf : Actinopterygii
Takım : Perciformes
Familya : Carengidae
Cins : *Trachurus*
Tür : *Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758)

Pelajik bir tür olan *Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758) Akdeniz, Karadeniz ve Kuzey-Doğu Atlantik boyunca dağılım göstermektedir. Yapılan çalışma da *Trachurus trachurus*'un ulaşabileceği sonuşmaz boy (L∞) 30-34 cm olarak bulunmuştur (Samsun 2015). İstavritler deniz analarının ovaryumlarından yumurtaları tek tek çekip yiyerek beslenebilirler. İstavrit ekonomik değeri yüksek balıklardandır. Amatör balıkçılar tarafından çaparilerle, ticari olarak ise çevirme ağlarıyla avcılığı yapılmaktadır (Polat ve Ergün 2008). Türkiye'de İstavrit (*Trachurus trachurus*) balığı avcılık bakımından hamsiden sonra ikinci sırayı almaktadır. Dünya istavrit üretiminin % 5'i ülkemiz tarafından karşılanmaktadır. Ülkemizdeki istavrit av miktarının % 80'i ise Karadeniz'den sağlanmaktadır (Yücel ve Erkoyuncu 2000).

İstavrit balıkları uzun ömürlü canlılardır. Kırk yıla kadar yaşayabilen istavritin üreme olgunluk uzunluğu 16 ila 25 cm arasında değişmektedir. En yaygın boy 21 cm dir.

Erkek istavritler dişilerden daha küçük boylarda iken olgunlaşırlar. Dişilerin ilk olgunluk zamanları iki ila dört yıl arasındadır (Abaunza vd. 2003).



Şekil 2.3 *Trachurus trachurus*'un *'un* yayılışı. **(**https://www.fishbase.se/search.php**)**



Şekil 2.4 *Trachurus trachurus*'un genel görünüşü.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma alanı

Çalışma alanı Hatay İli, İskenderun İlçesi, Sarıseki Beldesi'nde bulunan İskenderun Organize Sanayi Bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır.

İskenderun Körfezi Akdeniz'in Hatay ve Adana illeri arasına sokulmuş olan en doğu noktasıdır. Körfez, 65 km uzunluğunda ve 35 km genişliğinde olup Akdeniz'in yaklaşık % 4'ünü kaplamaktadır. Derinlik 20 m ile 100 m arasında değişim göstermekte ve bu değişim güneye doğru artmaktadır. Körfezin tüm su kütlesi ışıklıdır. Körfez, kuzey-kuzeybatısında geniş ve güneydoğusunda ise dar bir düzlükten oluşan sahile sahiptir (Bal ve Demirkol 1987).

Ülkemizin Akdeniz kıyısında yer alan ve bölgenin en önemli balıkçılık alanlarından biri olmasının yanı sıra zengin balık türlerini de barındıran İskenderun Körfezi, etrafında bulunan yerleşim alanları, sanayi kuruluşları ve bundan kaynaklanan deniz trafiğinden dolayı yoğun kirlilik tehdidi altındaki alanlardan biridir. İskenderun Körfezi kuzeydoğu Akdeniz'de karasal girdilerin en yoğun olduğu bölgelerden biridir. Körfez, etrafındaki sanayi kuruluşları, yerleşim birimleri, nehir deşarjları ve gemi trafiğinden dolayı yoğun çevresel etkilere maruz kalmaktadır. Ayrıca son zamanlarda körfezde kafes balıkçılığı çalışmaları yapılmaktadır. Tüm bu aktiviteler, sudaki besin tuzları konsantrasyonunu artırarak, fitoplankton artışları için uygun ortamlar yaratmaktadır (Başusta 1997).

Bununla beraber, körfez çevresinde barındırdığı fabrikalarla yoğun deniz trafiği ile ve yaz döneminde yoğun iç turizm ile kirlilik baskısı altındadır. Körfez aynı zamanda sahip olduğu akıntı sistemleri ile de Doğu Akdeniz ülkelerinin her türlü atıklarına açık bir bölgedir (Avşar, 1999).

Asi havzası içinde kuzey-güney doğrultulu olarak uzanan Amanos dağları Amik ovası ile Akdenizi birbirinden ayırmıştır. Santralin bulunduğu bölge, Amanos dağlarının batı

eteklerinde yer almaktadır. Termik santralin yer aldığı Hatay ilinin en önemli akarsuları Asi, Karasu ve Afrin nehirleridir. Santralin yakın çevresinde Mersin deresi yer almaktadır. Devamlı akışa sahip olan bu dere bataklık düzü mevkiindeki iki ya da daha fazla kaynaktan doğarak İskenderun Körfezine dökülmektedir. Mersin Deresi, santral alanına yaklaşık 750 m mesafede kaynak suyu olarak çıkmakta olup, çıktığı kaynak çevresinde doğal bir sazlık ve bataklık oluşmuş durumdadır.

Alan Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği'nde belirtilen Sulak Alan tanımına göre sulak alan kapsamında değerlendirilmektedir. Bu alan sazlıklarla kaplı olup, taban suyu seviyesi oldukça yüksektir. Ancak bu alandan herhangi bir su alımı vb. müdahale söz konusu değildir. Termik santralinin yer aldığı Hatay il sınırları içerisinde herhangi bir Ramsar alanı mevcut değildir. Termik santral alanı içerisinde ve yakın çevresinde 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu'na giren ''Milli Parklar'', ''Tabiatı Koruma Alanları'', ''Tabiat Anıtları'', ''Tabiat Parkları'' maddesi altında yer alan özellikte herhangi bir alan bulunmamaktadır.

Yapılan bu çalışma su alma-deşarj yapılacak alanların tümünü en iyi şekilde temsil edebilmesi bakımından daha önceden seçilmiş 4 istasyonda 26-27 Temmuz 2017 (yaz mevsimi) ve 4-5 Şubat 2018 (kış mevsimi) tarihlerinde yürütülmüştür. İstasyonların seçiminde boru hattı denize deşarj noktasından denize doğru yaklaşık 5-20 m arası derinliğe tekabül eden (Şekil 3.1) ve boru hattının etrafında yer alan noktalar seçilmiştir. İstasyonlara ait koordinatlar teknede GPS yardımı ile kaydedilmiş ve harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.1 İskenderun Körfezi



Şekil 3.2 İstasyonlara Ait Koordinatlar

3.2 Balık örnekleri

İskenderun organize sanayi bölgesinde balık dokularında ağır metal birikimini incelemek amacıyla santralin deniz kıyısından olta ile çeşitli balık örnekleri yakalanmış ve bu balıklardan ekonomik öneme sahip ve yöre halkı tarafından tüketilen İki balık

türüne ait (sardalya, istavrit) 10'ar adet balık örneğinin boy ve ağırlıkları ölçülerek kas ve solungaç dokularında ağır metal birikimleri mevsimsel olarak incelenmiştir.

3.3 Analiz için kullanılan araç ve gereçler

Balıkların boy ölçümü için şerit metre, dokuları ayırmak için makas ve bistüri, balık ve dokularını tartmak için hassas terazi, doku örneklerini koymak için kroze kapları, dokuları kurutmak için etüv, dokuları çözmek için nitrik asit, süzmek için ve aktarım için 50 ml lik şırınga, boy ölçümü için şerit metre, kroze kapları kullanılmıştır.

3.4 Örneklerin analize hazır hale getirilmesi

Diseksiyon işlemi ile kas ve solungaç doku örnekleri alınmıştır. Bu doku örnekleri, porselen krozelere konulmuş ve etüvde 80 °C' de 48 saat kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan kurutulmuş örnekler tartılarak dokuların net kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Tüm doku örnekleri krozeler içinde 3 ml nitrik asit ($HNO_{3)}$ (Merck extra pure) ilave edilerek 30 Dakika 100 °C de kaynatılmıştır (Nunez-Nogueira 2013). Daha sonra dokular iyice sindirilmesi için bekletilmiş ve şırınga filtreleri yardımı ile süzülmüştür. Toplamda 15 ml ye tamamlayacak şekilde distile su ilave edilmiş, örnekler süzülmüş, kapakları kapatılarak ICP-OES' de okunmuştur (Nunez-Nogueira 2013. Dokularda birikim çalışması referans materyal (LUTS-1) kullanılarak kontrollü bir şekilde yürütülmüştür.

3.5 İndüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS)

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer) katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, ucuz, hassas ve doğru biçimde, niteliksel, niceliksel ya da yarı-niceliksel olarak ölçülmesine olanak sağlayan ileri teknoloji ürünü bir analiz tekniğidir. Teknik elektromanyetik indüksiyonla 10,000 ^{o}K sıcaklığa ulaştırılan argon plazması tarafından örneğin iyonize edilmesi; iyonize elementlerin kütle spektrometresi tarafından ayrıştırılması ve element derişimlerinin elektron çoklayıcı bir dedektör tarafından

ölçülmesi aşamalarını içerir. Örnekteki tüm elementlerin derişimleri 1 ile 2 dakika arasında değişen oldukça kısa bir sürede ölçülür. ICP-MS ölçüm tekniğinde sıvı örnekler Çözelti ICP-MS, katı örnekler ise çözeltiye alınarak Çözelti ICP-MS ya da doğrudan Lazer Aşındırma ICP-MS teknikleri ile ölçülebilirler. Mevcut "Lazer Aşındırma ICP-MS" sistemi 2005 yılı itibariyle Türkiye'deki tek sistemdir.

3.6 Örneklerin analizi

Sardalya ve istavrit kas ve solungaç dokuları yaz ve kış olmak üzere ICP de analiz edilmiştir.

3.7 Kullanılan istatistiksel metotlar

Vücut ağırlıkları ile dokulardaki metal birikimleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon katsayısı (r) hesaplanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Deneysel Bulgular

Hatay İli, İskenderun İlçesi, Sarıseki Beldesi'nde bulunan İskenderun Organize Sanayi Bölgesi sınırları içerisinde yer alan ilk çalışmada (yaz mevsimi) yakalanan 10 adet (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) sardalyanın kas ve solungaç dokularında belirlenen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn miktarları çizelge 4.1 - 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Yaz mevsiminde yakalanan 10 adet *Sardina pilchardus*'un kas dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri.

İlk çalışma (26-27 Temmuz)									
Metaller	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Derişim	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
S1Kas	19,5	48,0	0,9	6,0	277,5	30,8	18,0	8,1	225,0
S2Kas	22,5	51,0	1,1	7,2	265,5	31,1	20,6	8,7	69,0
S3Kas	70,5	46,5	0,8	7,1	51,0	31,1	20,3	10,4	60,0
S4Kas	15,0	40,5	0,6	7,8	34,5	31,1	20,4	16,8	450,0
S5Kas	25,5	43,5	0,8	5,7	85,5	30,5	21,3	12,5	270,0
S6Kas	105,0	52,5	0,8	2,4	31,5	31,1	18,9	11,4	40,5
S7Kas	63,0	30,9	1,1	7,4	79,5	30,9	20,3	11,7	33,0
S8Kas	105,0	31,1	0,6	6,2	75,0	31,1	21,9	9,3	150,0
S9Kas	24,0	46,5	0,9	6,6	153,0	31,1	18,3	9,8	61,5
S10Kas	10,4	36,0	0,9	7,4	72,0	30,9	20,7	13,4	54,0

Çizelge 4.2 Yaz mevsiminde yakalanan 10 adet *Sardina pilchardus*' un solungaç dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri.

İlk çalışma (26-27 Temmuz)									
Metaller	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Derişim	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
S1Solungaç	194,9	194,9	4,1	27,2	1776,4	98,6	80,3	33,1	1883,9
S2Solungaç	59,9	105,6	2,5	15,8	721,8	58,1	49,6	18,0	288,7
S3Solungaç	84,9	53,5	0,7	5,0	314,8	30,3	25,3	12,9	671,6
S4Solungaç	217,4	69,6	1,5	8,7	350,0	35,4	30,2	23,7	641,3
S5Solungaç	825,0	127,5	2,6	10,5	127,5	63,8	51,0	27,0	116,3
S6Solungaç	435,0	49,5	1,4	4,7	240,2	26,1	19,1	12,0	379,5
S7Solungaç	538,5	61,5	1,0	4,6	477,5	31,9	25,8	17,7	209,0
S8Solungaç	195,0	51,0	0,8	5,3	213,3	26,1	20,4	10,1	286,5
S9Solungaç	240,0	48,0	0,8	3,9	222,0	20,9	19,7	8,4	61,4
S10Solungaç	37,5	40,5	0,9	4,8	194,0	24,9	21,2	7,2	285,0

Aynı bölgede ilk çalışmada (yaz mevsimi) yakalanan 10 adet (*Trachurus trachurus* Linnaeus, 1758) istavritin kas ve solungaç dokularında belirlenen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn miktarları çizelge 4.3 - 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Yaz mevsiminde yakalanan 10 adet *Trachurus trachurus*'un kas dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri

İlk çalışma (26-27 Temmuz)									
Metaller	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Derişim	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
i1Kas	19,5	37,5	0,8	7,1	63,2	31,1	21,3	8,9	135,0
i2Kas	30,0	51,0	0,9	3,0	93,8	31,1	20,9	6,6	91,5
i3Kas	34,7	30,8	0,9	5,4	526,4	30,8	9,9	9,5	42,0
i4Kas	16,5	30,3	0,8	5,6	166,1	31,1	21,0	14,3	66,0
i5Kas	98,4	33,0	0,9	6,3	28,5	31,1	19,2	6,2	270,0
i6Kas	68,0	40,5	0,8	6,0	387,0	30,9	20,1	9,9	55,5
i7Kas	43,4	30,9	0,9	6,3	228,6	31,1	19,8	6,8	49,5
i8Kas	32,6	48,0	1,2	8,7	1095,0	31,1	20,4	3,9	60,0
i9Kas	16,5	60,0	1,1	6,0	54,0	31,1	19,2	14,3	34,5
i10Kas	66,0	45,3	0,9	7,1	62,7	31,1	17,3	16,2	42,0

Çizelge 4.4 Yaz mevsiminde yakalanan 10 adet *Trachurus trachurus*'un solungaç dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri

İlk çalışma (26-27 Temmuz)									
Metaller	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Derişim	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
i1Solungaç	29,0	45,8	0,9	6,5	570,6	28,8	20,4	8,1	267,0
i2Solungaç	69,8	46,5	1,4	4,7	660,9	29,0	19,7	5,1	240,0
i3Solungaç	26,9	52,5	0,8	5,4	670,4	28,2	21,5	5,4	42,6
i4Solungaç	43,4	32,6	0,9	8,0	511,4	28,1	20,6	9,5	30,9
i5Solungaç	119,0	41,1	0,6	5,9	218,9	29,3	18,5	9,8	220,5
i6Solungaç	135,0	113,4	1,8	12,3	266,1	60,9	40,5	15,6	129,0
i7Solungaç	85,4	48,0	0,9	5,1	465,3	29,9	21,5	16,8	178,5
i8Solungaç	68,0	62,9	1,2	7,1	343,5	29,4	20,6	12,3	228,0
i9Solungaç	45,5	47,0	0,8	5,6	476,3	26,6	20,3	9,8	51,8
i10Solungaç	44,6	45,5	0,9	4,8	353,1	28,5	19,5	13,5	346,5

Aynı bölgede ikinci çalışmada (kış mevsimi) yakalanan 10 adet (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) sardalyanın kas ve solungaç dokularında belirlenen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn miktarları çizelge 4.5 - 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5 Kış mevsiminde yakalanan 10 adet *Sardina pilchardus*'un kas dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri

İkinci çalışma (Ocak-Şubat)									
Metaller	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Derişim	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
S1Kas	101,8	79,7	0,0	10,4	232,2	17,0	16,8	6,5	547,5
S2Kas	116,8	37,6	0,0	9,2	287,6	25,8	17,0	24,1	156,9
S3Kas	14,1	9,8	0,0	0,8	22,3	3,1	23,4	4,5	28,3
S4Kas	70,0	27,7	0,0	7,4	332,3	18,8	22,4	12,1	259,3
S5Kas	87,0	45,2	0,0	5,7	163,0	18,7	25,1	1,6	136,5
S6Kas	99,5	70,6	0,0	8,7	214,0	17,5	27,3	16,6	90,3
S7Kas	127,3	87,7	0,0	7,2	258,7	22,3	19,8	16,6	115,1
S8Kas	23,8	77,0	0,0	5,3	188,7	9,8	23,4	12,0	274,4
S9Kas	127,3	104,7	0,0	6,8	334,9	20,8	20,6	10,6	328,7
S10Kas	37,0	29,4	0,0	4,2	193,1	12,6	23,7	12,0	93,7

Çizelge 4.6 Kış mevsiminde yakalanan 10 adet *Sardina pilchardus*'un solungaç dokularında ölçülen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri

İkinci çalışma (Ocak-Şubat)									
Metaller	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Derişim	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
S1Solungaç	483,1	139,5	0,0	11,3	1052,9	168,9	41,7	18,5	572,7
S2Solungaç	277,6	92,6	0,0	12,9	501,7	109,4	37,1	17,2	308,9
S3Solungaç	189,3	73,2	0,0	6,7	531,6	95,5	26,1	5,8	233,6
S4Solungaç	1142,9	218,9	0,6	57,5	2511,4	234,1	47,3	27,1	589,4
S5Solungaç	188,0	125,4	0,0	18,6	994,3	94,1	29,3	6,1	353,8
S6Solungaç	654,8	179,0	0,0	18,8	1444,8	417,7	53,3	2,8	826,3
S7Solungaç	1477,3	409,2	0,5	20,6	3038,3	266,9	97,4	38,2	536,9
S8Solungaç	183,8	78,4	0,2	6,8	524,1	114,8	33,2	2,3	279,8
S9Solungaç	420,9	115,6	0,4	13,4	1222,0	175,5	43,3	15,6	1123,0
S10Solungaç	127,8	139,2	0,3	6,0	380,7	64,4	22,1	3,5	213,6

Aynı bölgede ikinci çalışmada (kış mevsimi) yakalanan 10 adet (*Trachurus trachurus* Linnaeus, 1758) istavritin kas ve solungaç dokularında belirlenen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn miktarları çizelge 4.7 - 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Kış mevsiminde yakalanan 10 adet *(Trachurus trachurus Linnaeus,* 1758*)* istavritin kas dokularında belirlenen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri

İkinci çalışma (Ocak-Şubat)									
Metaller	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Derişim	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
I1Kas	83,4	96,1	0,0	34,2	235,1	47,3	24,2	1,5	226,2
I2Kas	86,4	68,6	0,0	15,3	150,3	33,9	26,1	3,3	110,3
I3Kas	59,3	66,8	0,0	6,8	147,8	38,0	20,7	4,7	186,6
I4Kas	190,5	66,6	0,0	9,9	273,1	37,7	21,3	8,4	121,9
I5Kas	106,6	50,8	0,0	10,7	244,3	41,9	17,1	3,0	182,8
I6Kas	85,7	48,8	0,1	9,4	142,6	75,8	16,4	6,6	135,2
I7Kas	94,8	35,5	0,9	29,9	938,3	56,7	20,7	2,2	214,1
I8Kas	34,3	28,2	0,0	18,8	96,7	24,8	23,4	0,9	120,2
I9Kas	117,5	54,5	0,0	10,1	161,4	48,1	34,7	2,1	126,8
I10Kas	40,1	75,9	0,0	14,0	126,8	30,1	16,8	1,6	164,0

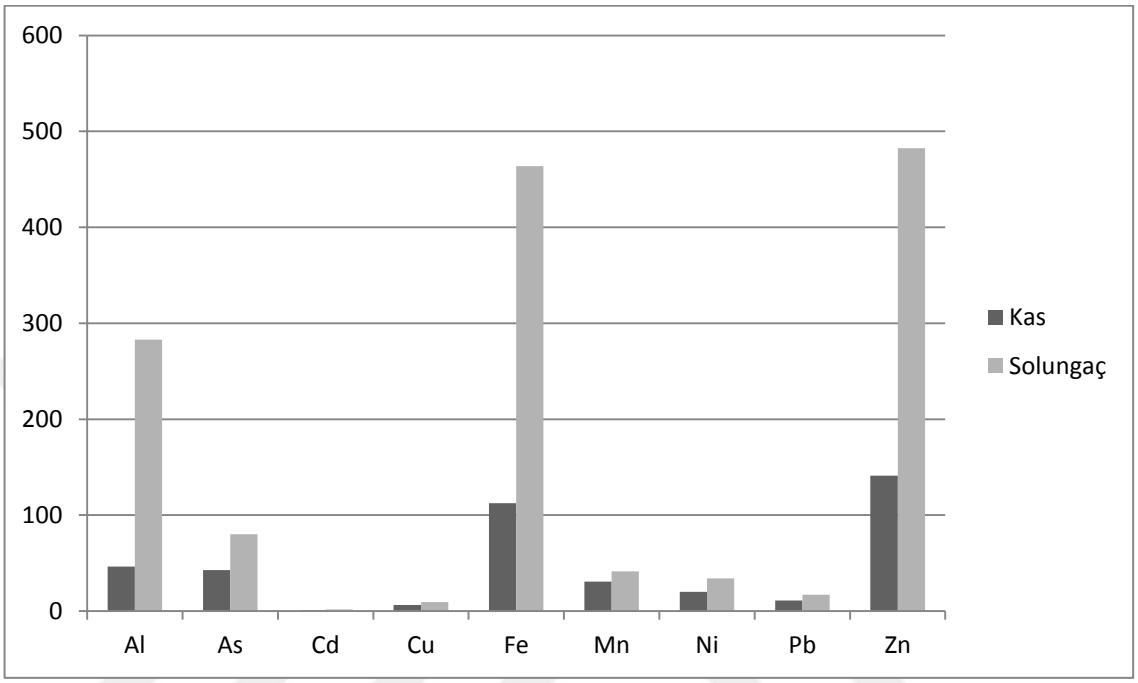
Çizelge 4.8 Kış mevsiminde yakalanan 10 adet *(Trachurus trachurus Linnaeus, 1758)* istavritin solungaç dokularında belirlenen Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri

İkinci çalışma (Ocak-Şubat)									
Metaller	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Derişim	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
i1Solungaç	391,0	136,4	0,0	26,4	1528,5	64,8	89,6	4,9	534,8
i2Solungaç	397,9	181,6	0,0	19,5	1597,0	41,5	78,3	1,7	450,7
i3Solungaç	1559,7	237,2	0,0	56,6	4528,8	142,7	188,9	9,9	804,7
i4Solungaç	1005,3	263,5	0,0	22,1	2261,7	76,1	226,0	56,5	388,6
i5Solungaç	1542,0	226,5	0,0	20,9	3990,2	114,3	33,8	5,0	570,0
i6Solungaç	137,8	100,6	0,1	10,5	620,6	17,7	16,0	3,3	159,9
i7Solungaç	128,8	98,8	0,1	17,5	398,7	23,2	3,6	2,0	155,4
i8Solungaç	99,2	98,8	0,1	10,5	411,8	18,4	16,9	2,1	188,7
i9Solungaç	211,1	59,6	0,0	16,3	887,1	50,7	17,4	3,3	343,5
i10Solungaç	211,1	89,0	0,0	12,1	651,9	25,2	5,3	8,1	253,5

Çizelge 4.9 Yaz ve kış aylarında yakalanan sardalya ve istavrit balık dokularında ölçülen ağır metal değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri

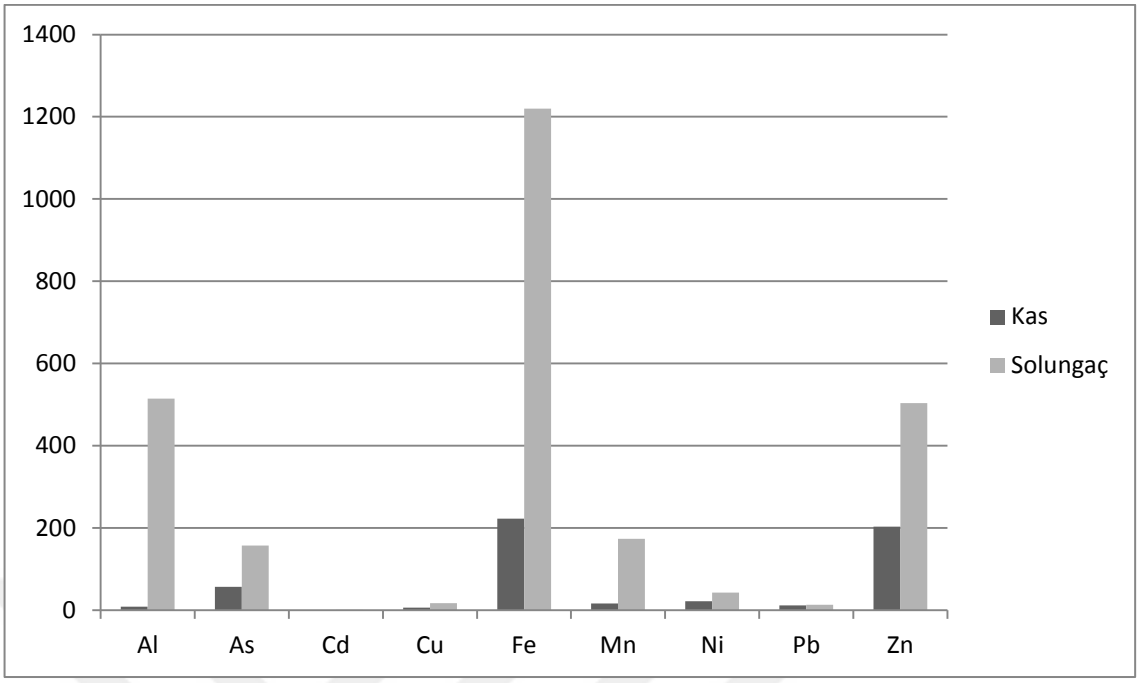
Mevsim	Yaz mevsimi sardalya dokuları						Kış mevsimi sardalya dokuları					
Doku	Kas			Solungaç			Kas			Solungaç		
Metaller	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
Al	15	105	46.4	37.5	825	282.8	14.1	127.3	80.4	127.8	1477.3	514.5
As	31.1	52.5	42.65	40.5	194.9	80.16	9.8	104.7	56.92	73.2	409.2	157.1
Cd	0.6	1.1	0.83	0.7	4.1	1.6	0	0	0	0	0.6	0.19
Cu	2.4	7.8	6.36	3.9	27.2	9.4	0.8	10.4	6.57	6	57.5	17.26
Fe	31.5	277.5	112.5	127.5	1776.4	463.74	22.3	334.3	222.67	380.7	3038.3	1220.18
Mn	30.5	31.1	30.93	24.9	98.6	41.6	3.1	25.8	16.63	64.4	417.7	174.1
Ni	18	21.9	20.06	19.1	80.3	34.25	16.8	27.3	21.93	22.1	97.4	43.08
Pb	8.1	13.4	11.19	7.2	33.1	17	1.6	24.1	11.67	2.3	38.2	13.7
Zn	33	450	141.3	61.4	1883.9	482.31	28.3	547.5	203.07	213.6	1123	503.79
Mevsim	Yaz mevsimi istavrit dokuları						Kış mevsimi istavrit dokuları					
Doku	Kas			Solungaç			Kas			Solungaç		
Metaller	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort	Min	Max	Ort
Al	16.5	98.4	42.54	26.9	135	66.62	34.3	190.5	89.85	99.2	1559.7	568.4
As	30.3	60	40.73	32.6	113.4	53.51	28.2	96.1	59.19	59.6	263.5	149.2
Cd	0.8	1.2	0.9	0.6	1.8	1.01	0	0.9	0.09	0	0.1	0.03
Cu	3	8.7	6.14	4.7	12.3	6.51	6.8	34.2	15.9	10.5	56.6	21.23
Fe	28.5	1095	270.51	218.9	670.4	453.6	96.7	938.3	251.64	398.7	4258.8	1687.6
Mn	30.08	31.1	31.01	28.1	60.9	31.8	24.8	75.8	43.4	18.4	142.7	57.44
Ni	9.9	21.3	18.9	18.5	40.5	22.2	16.4	26.1	22.12	3.6	226	67.58
Pb	3.9	16.2	9.63	5.1	16.8	10.58	0.9	8.4	3.42	1.7	56.5	9.67
Zn	34.5	270	84.6	30.9	346.5	173.4	110.3	226.2	158.8	155.4	804.7	384.9

Çalışılan ağır metallerin yaz mevsiminde sardalyanın solungaç ve kas dokusunda birikimleri karşılaştırıldığında en fazla biriken metalin çinko en az biriken ise kadmiyum olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



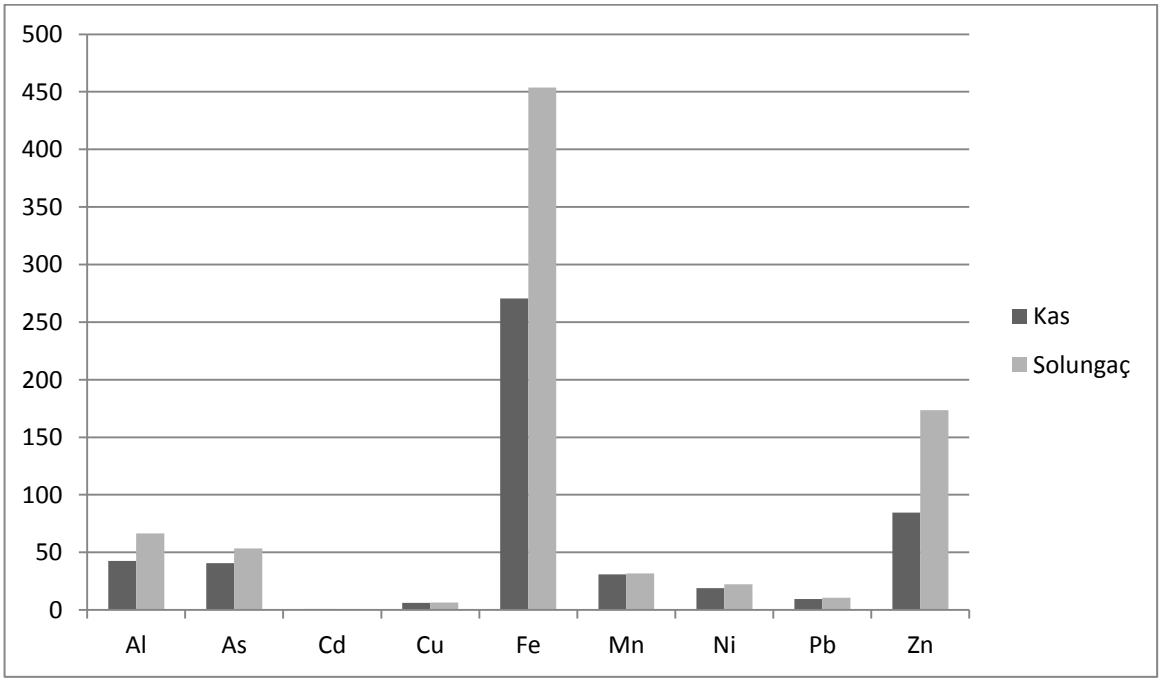
Şekil 4.1 Yaz mevsiminde sardalya dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb)

Çalışılan ağır metallerin kış mevsiminde, sardalyanın solungaç ve kas dokusunda birikimleri karşılaştırıldığında en fazla biriken metalin demir en az biriken ise kadmiyum olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



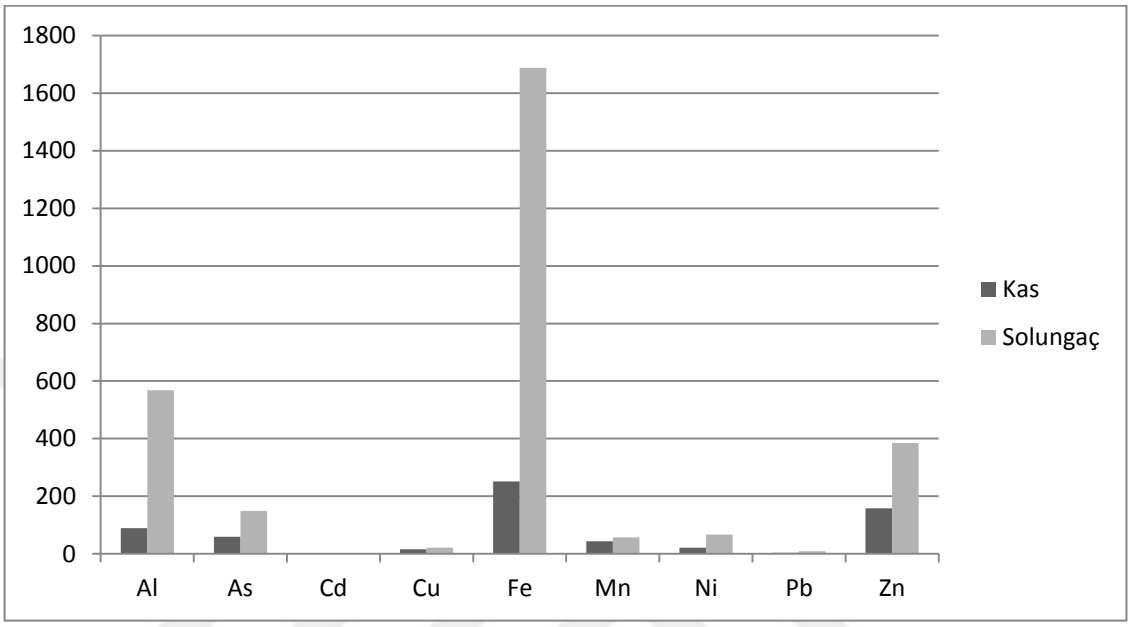
Şekil 4.2 Kış mevsiminde sardalya dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb)

Çalışılan ağır metallerin yaz mevsiminde, istavritin solungaç ve kas dokusunda birikimleri karşılaştırıldığında en fazla biriken metalin demir en az biriken ise kadmiyum olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3Yaz mevsiminde istavrit dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb)

Çalışılan ağır metallerin kış mevsiminde, istavritin solungaç ve kas dokusunda birikimleri karşılaştırıldığında en fazla biriken metalin demir en az biriken ise kadmiyum olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4 Kış mevsiminde istavrit dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb)

4.1.1 Farklı türlerin aynı dokularında biriken ağır metallerin karşılaştırılması

Yaz mevsiminde her iki türün kas dokularındaki metallerin birikiminde anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Çizelge 4.10 Sardalya ile İstavrit Kas dokusunda Metal Birikimi arası farklar (Yaz mevsimi)

Test Statistics[a]									
		Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Most Extreme Differences	Absolute	,300	,200	,200	,300	,300	,200	,300	,400	,300
	Positive	,300	,100	,200	,100	,300	,200	,100	,200	,100
	Negative	-,200	-,200	,000	-,300	-,100	,000	-,300	-,400	-,300
Kolmogorov-Smirnov Z		,671	,447	,447	,671	,671	,447	,671	,894	,671
Asymp. Sig. (2-tailed)		,759	,988	,988	,759	,759	,988	,759	,400	,759

a. Grouping Variable: Dokular

Kış mevsiminde Cu, Mn ve Pb metallerinin her iki türün kas dokularındaki birikim farkı anlamlıdır ($p< 0.05$). Diğer metallerin birikiminde anlamlı bir fark yoktur ($p>0.05$).

Çizelge 4.11 Sardalya ile İstavrit Kas dokusunda Metal Birikimi arası farklar (Kış mevsimi)

Test Statistics[a]

		Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
Most Extreme Differences	Absolute	,200	,300	,200	,800	,500	,900	,200	,700
	Positive	,200	,300	,200	,800	,100	,900	,100	,000
	Negative	-,200	-,300	,000	,000	-,500	,000	-,200	-,700
Kolmogorov-Smirnov Z		,447	,671	,447	1,789	1,118	2,012	,447	1,565
Asymp. Sig. (2-tailed)		,988	,759	,988	,003	,164	,001	,988	,015

a. Grouping Variable: Dokular

Yaz mevsiminde Al metalinin her iki türün solungaç dokularındaki birikim farkı anlamlıdır ($p< 0.05$). Diğer metallerin birikiminde anlamlı bir fark yoktur ($p>0.05$).

Çizelge 4.12 Sardalya ile istavrit solungaç dokusunda metal birikimi arası farklar (Yaz mevsimi)

Test Statistics[a]

		Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Most Extreme Differences	Absolute	,700	,500	,300	,300	,400	,500	,500	,500	,600
	Positive	,000	,000	,000	,300	,400	,400	,000	,000	,000
	Negative	-,700	-,500	-,300	-,300	-,200	-,500	-,500	-,500	-,600
Kolmogorov-Smirnov Z		1,565	1,118	,671	,671	,894	1,118	1,118	1,118	1,342
Asymp. Sig. (2-tailed)		,015	,164	,759	,759	,400	,164	,164	,164	,055

a. Grouping Variable: Dokular

Kış mevsiminde Mn metalinin her iki türün solungaç dokularındaki birikim farkı anlamlıdır ($p< 0.05$). Diğer metallerin birikiminde anlamlı bir fark yoktur ($p>0.05$).

Çizelge 4.13 Sardalya ile istavrit solungaç dokusunda metal birikimi arası farklar (Kış mevsimi)

Test Statistics[a]

		Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Most Extreme Differences	Absolute	,200	,200	,500	,300	,300	,700	,500	,400	,300
	Positive	,200	,200	,000	,300	,300	,000	,300	,100	,000
	Negative	-,200	-,200	-,500	-,100	-,100	-,700	-,500	-,400	-,300
Kolmogorov-Smirnov Z		,447	,447	1,118	,671	,671	1,565	1,118	,894	,671
Asymp. Sig. (2-tailed)		,988	,988	,164	,759	,759	,015	,164	,400	,759

a. Grouping Variable: Dokular

4.1.2 Farklı türlerin aynı dokularındaki ağır metal birikimlerinin korelasyonu

Yaz mevsiminde alınmış sardalya ile istavrit balıklarının kas dokusunda metal birikimi arası korelasyonlar incelendiğinde sadece Zn ile Ni arasında zayıf bir korelasyon olduğu gözlenmektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.14 Sardalya ile istavrit kas dokusunda metal birikimi arası korelasyon (Yaz mevsimi)

	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Al	1,000								
As	-,068	1,000							
Cd	-,147	,266	1,000						
Cu	-,213	-,062	,269	1,000					
Fe	-,145	-,119	,342	-,091	1,000				
Mn	,114	,242	-,039	,188	-,390	1,000			
Ni	-,227	-,168	-,352	,147	-,028	,115	1,000		
Pb	-,295	-,082	-,320	,043	-,410	-,112	-,012	1,000	
Zn	-,206	-,029	-,441	,040	-,062	,049	,461*	-,258	1,000

Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Kış mevsiminde alınmış sardalya ile istavrit balıklarının kas dokusunda metal birikimi arası korelasyonlar incelendiğinde Al-Fe ($p<0,01$), Cd-Mn ($p<0,05$), ve Cu-Mn ($p<0,01$), arasında orta dereceli, Fe-Pb ($p<0,05$) arasında zayıf bir korelasyon olduğu gözlenmektedir. Ayrıca Cu-Pb ($p<0,05$) arasında negatif orta dereceli korelasyon gözlenmiştir.

Çizelge 4.15 Sardalya ile istavrit kas dokusunda metal birikimi arası korelasyon (kış mevsimi)

	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Al	1,000								
As	,375	1,000							
Cd	,004	-,235	1,000						
Cu	,187	,146	,271	1,000					
Fe	**,632****	,183	,110	,084	1,000				
Mn	,329	,056	**,518***	**,669****	,089	1,000			
Ni	-,179	-,121	-,322	-,100	-,188	-,193	1,000		
Pb	,266	,077	-,095	**-,549***	**,447***	-,400	-,194	1,000	
Zn	,092	,371	,095	,168	,444	,122	-,414	-,059	1,000

Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Yaz mevsiminde alınmış sardalya ile istavrit balıklarının solungaç dokusunda metal birikimi arası korelasyonlar incelendiğinde Cd-Cu ($p<0,05$) arasında düşük dereceli, Al-As ($p<0,05$), Al-Pb ($p<0,05$), Cd-Mn ($p<0,01$), As-Cd ($p<0,01$), Cd-Ni ($p<0,01$), Cu-Mn ($p<0,01$), Cu-Ni ($p<0,01$) ve Ni-Pb ($p<0,01$) arasında orta dereceli, As-Mn $p<0,01$), As-Ni $p<0,01$), As-Pb $p<0,01$), Mn-Ni $p<0,01$) ve Mn-Pb $p<0,01$) yüksek korelasyonlar gözlenmiştir.

Çizelge 4.16 Sardalya ile istavrit solungaç dokusunda metal birikimi arası korelasyon (yaz mevsimi)

	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Al	1,000								
As	,522*	1,000							
Cd	,326	,618**	1,000						
Cu	-,087	,493*	,484*	1,000					
Fe	-,426	,090	,233	,230	1,000				
Mn	,312	,735**	,626**	,632**	,266	1,000			
Ni	,186	,766**	,580**	,599**	,227	,758**	1,000		
Pb	,561*	,734**	,592**	,479*	,014	,779**	,661**	1,000	
Zn	,155	,235	,264	,038	,024	,235	,102	,370	1,000

Kış mevsiminde alınmış sardalya ile istavrit balıklarının solungaç dokusunda metal birikimi arası korelasyonlar incelendiğinde As-Mn ($p<0,05$), Ni-Pb ($p<0,05$) ve Pb-Zn ($p<0,05$) arasında zayıf, Al-Pb ($p<0,01$), As-Cu ($p<0,01$), Cu-Ni ($p<0,01$), Fe-Mn ($p<0,05$), Mn-Ni ($p<0,01$) ve Mn-Pb ($p<0,05$) arasında orta dereceli, Al-As ($p<0,01$), Al-Cu ($p<0,01$), Al-Mn ($p<0,01$), Al-Ni ($p<0,01$), As-Fe ($p<0,01$), As-Ni ($p<0,01$), Fe-Ni ($p<0,01$) ve Ni-Zn ($p<0,01$) arasında güçlü, Al-Fe ($p<0,01$), Al-Zn ($p<0,01$), Cu-Fe ($p<0,01$), Fe-Zn ($p<0,01$) ve Mn-Zn ($p<0,01$) çok güçlü korelasyonlar gözlenmiştir.

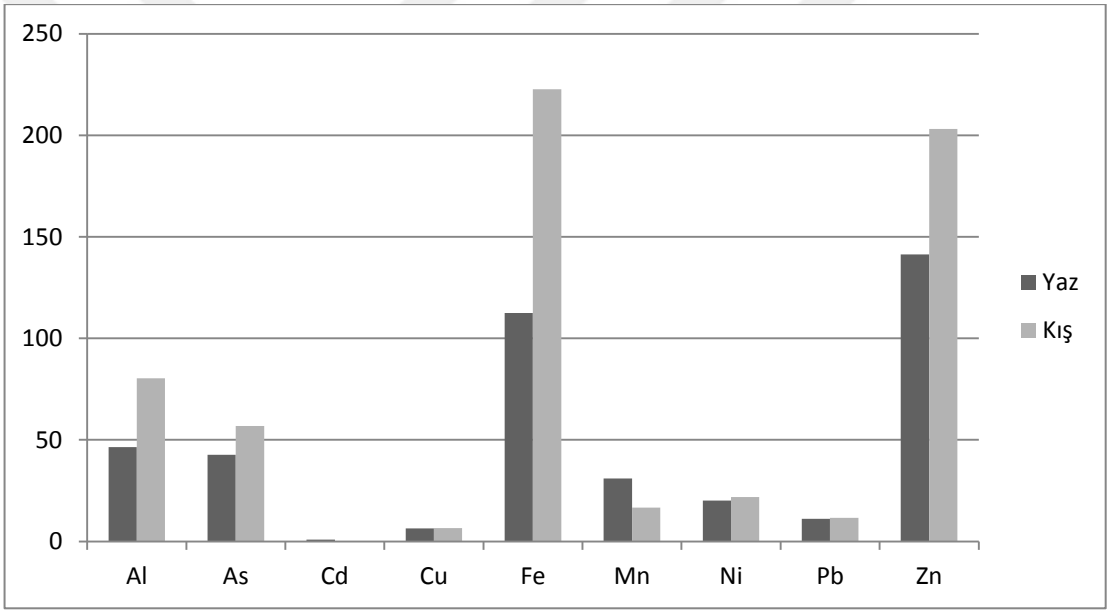
Çizelge 4.17 Sardalya ile istavrit solungaç dokusunda metal birikimi arası korelasyon (kış mevsimi)

	Al	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Al	1,000								
As	,734**	1,000							
Cd	-,183	,071	1,000						
Cu	,761**	,693**	-,153	1,000					
Fe	,924**	,774**	-,169	,841**	1,000				
Mn	,704**	,451*	,149	,347	,537*	1,000			
Ni	,798**	,750**	-,116	,688**	,783**	,635**	1,000		
Pb	,599**	,418	,036	,329	,459*	,539*	,486*	1,000	
Zn	,861**	,611**	-,088	,637**	,808**	,808**	,771**	,464*	1,000

4.1.3 Mevsimsel farklılıklar ile ağır metal birikimi

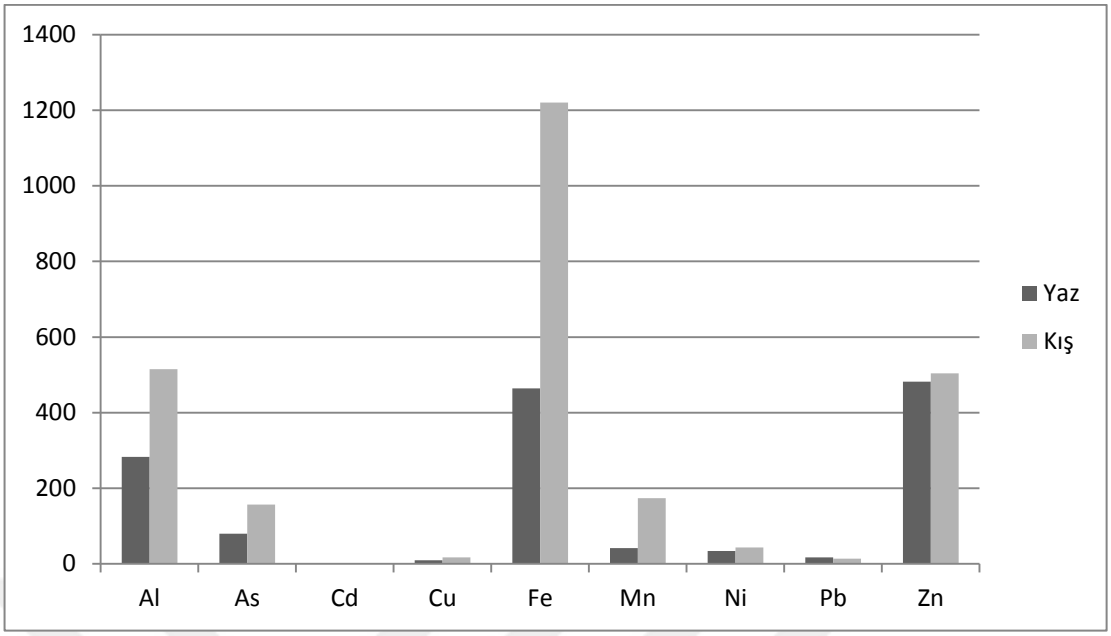
Yaz ve kış aylarında sardalya ve istavrit dokularında ağır metal birikimleri değişmektedir. Yaz mevsiminde yakalanan balık örneklerinde artan ve azalan ağır metaller olduğu gibi kış mevsiminde de artan azalan ağır metaller göze çarpmaktadır aşağıda yer alan grafiklerde bu farklar belirtilmiştir.

Her iki mevsimde sardalya kas dokusunda metal birikimleri incelendiğinde kış mevsiminde demir ve çinko birikimindeki artış şekil 4.5'de görülmektedir. Yaz mevsiminde en çok birikim yapan ağır metal çinko iken, kış mevsiminde demirdir.



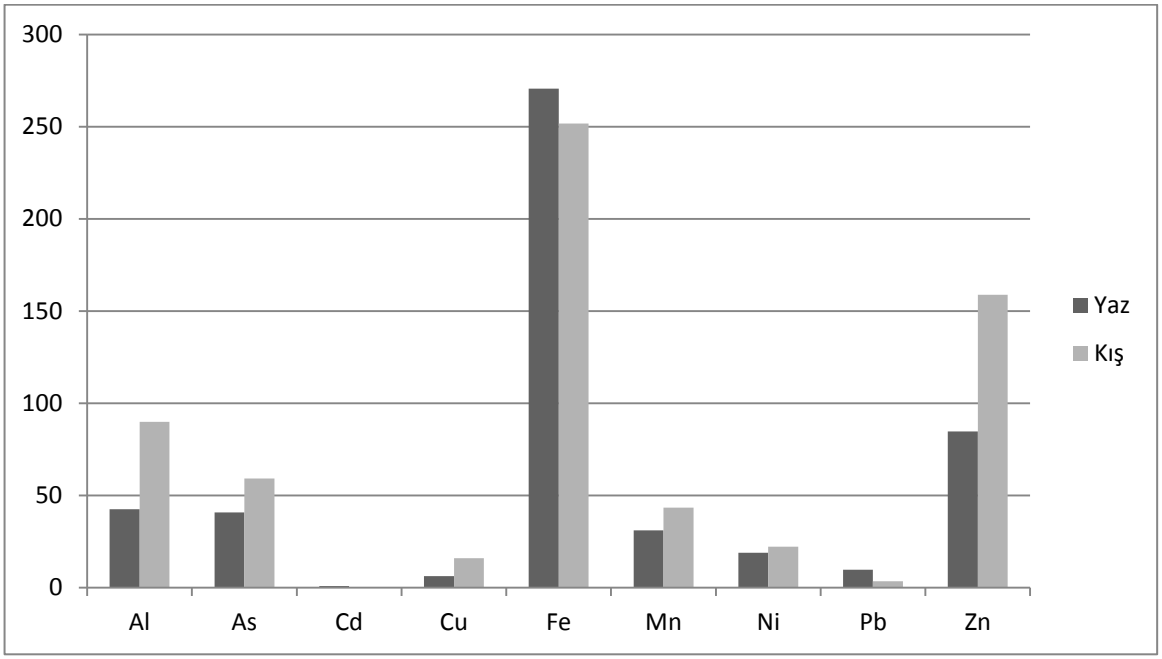
Şekil 4.5 Yaz ve kış mevsiminde sardalya kas dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb)

Her iki mevsimde sardalya solungaç dokusunda metal birikimleri incelendiğinde demir ve çinko birikiminde ki artış şekil 4.6'da görülmektedir. Yaz mevsiminde en çok birikim yapan ağır metal çinko iken; kış mevsiminde demirdir. Ayrıca ortalama alüminyum birikiminde de artış vardır.



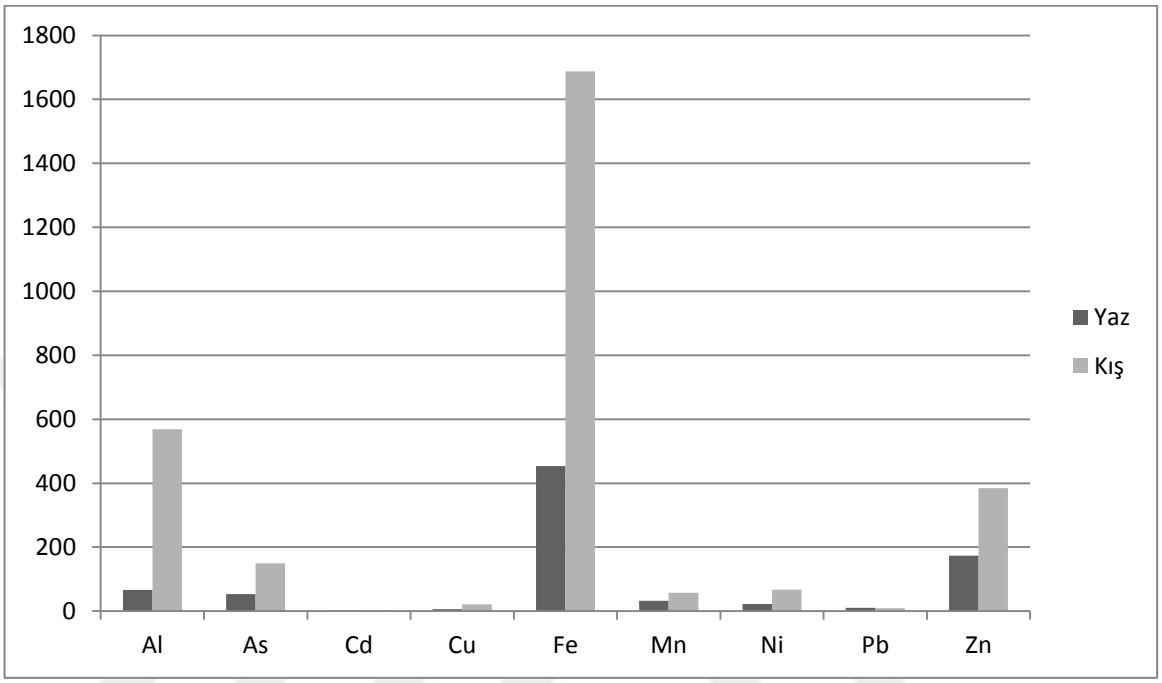
Şekil 4.6 Yaz ve kış mevsiminde sardalya solungaç dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb)

Her iki mevsimde istavrit kas dokusunda metal birikimleri incelendiğinde kış mevsiminde çinko, alüminyum ve arsenik birikiminde ki artış şekil 4.7'de görülmektedir. Yaz ve kış mevsiminde en çok birikim yapan ağır metal demirdir.



Şekil 4.7 Yaz ve kış mevsiminde istavrit kas dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb)

Her iki mevsimde istavrit solungaç dokusunda metal birikimleri incelendiğinde kış mevsiminde çinko, alüminyum, demir ve arsenik birikimindeki artış şekil 4.8'de görülmektedir. Yaz ve kış mevsiminde en çok birikim yapan ağır metal demirdir.



Şekil 4.8 Yaz ve kış mevsiminde istavrit kas dokularında ağır metal birikim düzeyleri (ppb)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada analizi yapılan her iki balık türü için tüm dokular incelendiğinde Al miktarının en düşük değeri 10,4 ppb, maks değeri 1559 ppb. As miktarının min değeri 9,8 ppb, en yüksek değeri 409,2 ppb. Cd miktarının min değeri 0 ppb maks değeri 4,1 ppb. Cu miktarının min değeri 0,8 ppb maks değeri 57,5 ppb. Fe miktarının min değeri 22,3 ppb maks değeri 4528 ppb. Mn miktarının min değeri 3,1 ppb maks değeri 417,7 ppb. Ni miktarının min değeri 3,6 ppb maks değeri 226 ppb. Pb miktarının min değeri 0,9 ppb maks değeri 56,5 ppb. Zn miktarının min değeri 28,3 ppb maks değeri 1883 ppb. olarak tespit edilmiştir.

Çalışılan ağır metallerin kış ve yaz mevsiminde, istavritin solungaç ve kas dokusunda birikimleri karşılaştırıldığında bütün ağır metallerin en çok solungaçta biriktiği tespit edilmiştir. Bu durum su ortamıyla doğrudan temas halinde olan solungaçların suda biriken ağır metal konsantrasyonu ile ilgili olduğunu göstermektedir. Bu durum daha önceki benzer çalışmalarla uymludur.

Besin zincirinin önemli bir halkası olan balıklar tarafından su ortamındaki ağır metallerin alınması; sindirim sistemi, vücut yüzeyi ve solungaçlar üzerinden olmaktadır. En fazla da solungaçlar aracılığı ile olmaktadır. Bunun nedeni ağır metal içeren solunum suyunun, geniş bir yüzey alanına sahip olan solungaç lamelleri ile etkileşmesidir (Kalay vd. 2004).

Her iki mevsimde sardalya kas ve solungaç dokusunda metal birikimleri incelendiğinde kış mevsiminde demir ve çinko birikiminde artış görülmektedir. Yaz mevsiminde en çok birikim yapan ağır metal çinko iken; kış mevsiminde demirdir. Ayrıca solungaç dokuda kış mevsiminde ortalama alüminyum birikiminde de artış vardır.

Her iki mevsimde istavrit kas ve solungaç dokusunda metal birikimleri incelendiğinde kış mevsiminde çinko, alüminyum ve arsenik birikiminde artış görülmektedir. Yaz ve kış mevsiminde en çok birikim yapan ağır metal demirdir.

Ağır metallerin balık dokularındaki miktarları ve kabul edilebilir değerler incelendiğinde çizelge 5.1'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.1 *Trachurus trachurus* ve *Sardina pilchardus*'da ölçülen ağır metal seviyeleri ile kabul edilebilir değerlerin karşılaştırılması (Türk Gıda Kodeksi ve WHO/FAO verileri)

Balık türü		Sardalya		Sardalya		İstavrit		İstavrit	
Mevsim		Yaz		Kış		Yaz		Kış	
Ağır Metal	Kabul edilebilir değer (ppm)	Bulunan ortalama değer (ppm)		Bulunan ortalama değer (ppm)		Bulunan ortalama değer (ppm)		Bulunan ortalama değer (ppm)	
		Kas	Solungaç	Kas	Solungaç	Kas	Solungaç	Kas	Solungaç
Al	15	0,046	0,2828	0,0804	0,5145	0,04254	0,06662	0,08985	0,5684
As	1*	0,043	0,08016	0,05692	0,1571	0,04073	0,05351	0,05919	0,1492
Cd	0,1*	0,00083	0,0016	0	0,00019	0,0009	0,00101	0,00009	0.00003
Cu	20*	0,00636	0,009.4	0,00657	0,01726	0,00614	0,00651	0,0159	0,02123
Fe	43**	0,115	0,463	0,22267	1,22018	0,27051	0,4536	0,25164	1,6876
Mn	5.5**	0,03093	0,0416	0,01663	0,1741	0,03101	0,0318	0,0434	0,05744
Ni	0,5-0,6**	0,02006	0,03425	0,02193	0,04308	0,0189	0,0222	0,02212	0,06758
Pb	0,40*	0,01119	0,017	0,01167	0,0137	0,00963	0,01058	0,00342	0,00967
Zn	50*	0,1413	0,48231	0,20307	0,50379	0,0846	0,1734	0,1588	0,3849

* Türk Gıda Kodeksi verileri. TEBLİĞ NO: 2008 / 26.

** WHO/FAO Gıda örneklerinde izin verilen değerler.

Kas ve solungaç dokularında tespit edilen ağır metal konsantrasyonları Türk Gıda Kodeksi ve WHO/FAO değerlerine göre insan tüketimi için, belirtilen kabul edilebilir düzeylerde (Anonymous, 2002; 2011) olduğu saptanmıştır. Balık dokularındaki ağır metal birikimleri sonucunda İskenderun Organize Sanayi Bölgesinde bulunan mevcut

termik santrallerin çalışılmış balıklara herhangi bir zararı olmadığı gözlenmiştir.

Doğal zeolitler, sulardan iyon değiştirme ile katyonları uzaklaştırmaktadır. Klinoptilolit zeoliti Pb^{+2}, Cu^{+2}, Zn^{+2}, Cd^{+2}, Ni^{+2}, Fe^{+2} ve Mn^{+2} gibi ağır metal iyonlarına karşı yüksek seçiciliğe sahiptir. Böylece yapay zeolitler; havadaki oksijen dışındaki bileşenlerin tutulmasıyla oksijence zengin hava akımlarından elde edilmesi, radyoaktif atıklardaki iyonların tutulması ve kazanılması, doğal gazlar içinde bulunan CO_2 ve kükürdün tutulması gibi işlemlerde kullanılmaktadır. Zeolit mineralleri, alkali ve toprak alkali metallerin kristal yapıya sahip sulu alüminyum silikatlarıdır. Asit volkanik toprakların pH'nın yükseltilmesinde yıllardan beri kullanılmaktadır. Pala 2006' ya göre Ouki ve Kavannagh (1999), yaptıkları çalışmada klinoptilolit ve şabazit ile ağır metal gideriminde %99'a ulaşan arıtma verimleri elde etmiştir ve bu çalışmada zeolit türlerinin ağır metaller için seçicilik sıralamasını; Klinoptilolit için; Pb>Cu>Cd>Zn>Cr>Co>Ni Şabazit için; Pb> Cd>Zn>Co>Cu>Ni>Cr'dir. Bu çalışmanın sonuçlarına bakılarak en uygun aktivasyonun 2 ml 1 M HCI çözeltisi / 100 ml saf su içinde 2,0 g klinoptilolit ile elde edildiği görülmüştür. Bu deneylerde doğal şartlarda atmosferden veya topraktan mineralleri çözmüş yağmur suyunun klinoptilolitin yüzeyinde meydana getirdiği etkinin ortadan kaldırılması düşünülmüştür. Asidik ortamda klinoptilolitin yüzeyine tutunmuş olan iyonların ayrıldığı ve adsorpsiyon kapasitesinin de arttığı gözlenmiştir.

Denizlerimizin ve doğal kaynaklarımızın kirlenmemesi doğanın korunması bizlerin ve gelecek nesillerin yegane görevidir. Sanayileşme ve üretimin teşvik edilmesi kadar temiz çevre uygulamaları devam etmeli ve kirlilik başlamadan önce tedbirler alınmalıdır. Ayrıca ileride yapılacak olan araştırmalarda termik santrallerin yoğun olduğu sahalarda yaşayan ekonomik balıklarda, iki yılda bir dokularda ağır metal birikiminin izlenmesi insan sağlığı açısından oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

Abaunza, P., Gordo, L., Karlou-Riga, C., Murta, A., Eltink, A. T. G. W., Santamaría, M. G., & Molloy, J. "Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae)", *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *13*(1), 27-61. (2003).

Akalın, S., Özaydın, O., Uçkun, D., & Toğulga, M. "İzmir Körfezi'nde sardalya (Sardina pilchardus Walbaum, 1792) larvalarının günlük büyümesi üzerine bir ön çalışma.", *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, *23*(3-4), 357-360. (2006).

Akkoyunlu, A. "Türkiye'de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri.", (2006).

Altındağ, A., & Yiğit, S. "Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey." , *Chemosphere*, *60* (4), 552-556. (2005).

Anonymous, "Türk Gıda kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri" Hakkında Tebliğ 17.05.2008- 26879 Tebliğ No: 2008/26 (2002-2011).

Asri, F. Ö., & Sönmez, S. "Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri." , *derim*, *23*(2), 36-45. (2006).

Avşar, D., Çiçek, E., "Yumurtalık Koyu (Adana) Kemikli Balık Yavrularının Yaz Periyodundaki Dağılımı ve Bolluğu.", X. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu. 20-22 Eylül Adana. 664-677. (1999).

Bal, Y., & Demirkol, C. "Coastline changes in Eastern Mediterranean Turkey." , *Earth Sci. Rev. Eng. Fat. Istanbul Univ*, *6*, 69-91. (1987).

Başusta, N., Erdem, Ü., Sarıhan, E., "İskenderun Körfezi'nde bulunan Lessepsiyen Göçmen Balıklar", IX.Su Ürünleri Sempozyumu, 17-19 Eylül, 140-151. S.D.Ü. Eğirdir, (1997).

Bernard, A., & Lauwerys, R." Effects of cadmium exposure in humans. In *Cadmium* " ,(pp. 135-177). Springer, Berlin, Heidelberg. (1986).

Bryan, G. W. "Recent trends in research on heavy-metal contamination in the sea", *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, *33*(1), 6. ; 7-20 (1980).

Chamnongpol, S., Dodson, W., Cromie, M. J., Harris, Z. L., & Groisman, E. A. "Fe (III)-mediated cellular toxicity ", *Molecular microbiology*, *45*(3), 711-719. (2002).

Chi, Q. Q., Zhu, G. W., & Langdon, A. "Bioaccumulation of heavy metals in fishes from Taihu Lake, China", *Journal of Environmental Sciences*, *19*(12), 1500-1504. (2007).

Cicik, B. "Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio L.*)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri", *Ekoloji Çevre Dergisi*, *12*(48), 32-36. (2003).

Cihangir, B. "Ege denizi, Izmir Korfezi'nde 1989-1990 ureme doneminde sardalya baligi, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)'un yumurtalarinin bolluk ve dagilimi (The abundance and distribution of eggs of European sardine, *Sardina*

pilchardus (Walbaum, 1792) in Izmir Bay during the spawning season of 1989-1990)" *Oceanographic Literature Review*, *1*(43), 74. (1996).

Crossgrove, J., & Zheng, W. "Manganese toxicity upon overexposure. *NMR in Biomedicine", An International Journal Devoted to the Development and Application of Magnetic Resonance In Vivo*, *17*(8), 544-553. (2004).

Çağlarırmak, N., & Hepçimen, A. Z. "Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi", *Akademik Gıda*, *8*(2), 31-35. (2010).

Çetinkaya, O. "Balıklarda çinko (Zn) ihtiyacı ve toksisitesi", *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *9*(1), 83-88. (1998).

Çınar, S., & Aydemir, T. "Mangan toksisitesi uygulanmış roka (*Eruca sativa*) bitkisinde bazı antioksidan enzimlerin ve lipid peroksidasyon düzeylerinin incelenmesi" kimya konferansı (2015).

Çoğun H.Y., "Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758)'da kurşun toksisitesinin azaltılmasında zeolitin etkisi" *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *18*(1). (2012).

Çoğun, H. Y., & Uras, G. "Oreochromis niloticus dokularında alüminyum toksisitesi üzerine kalsiyumun koruyucu etkisi" *Su Ürünleri Dergisi*, *29*(1), 41-47. (2015).

Dağdelen, N. "*Gala gölündeki balık türlerinde bulunan arsenik içeriğinin hidrür oluşturmalı atomik absorpsiyon ve grafit fırın atomik absorpsiyon spektrometre ile tayini* ", (Master's thesis). 1-10 (2013).

Denkhaus, E., & Salnikow, K. Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity. *Critical reviews in oncology/hematology*, *42*(1), 35-56. (2002).

Dündar, Y., & Aslan, R. "Yaşamı kuşatan ağır metal kurşunun etkileri." *Kocatepe Tıp Dergisi*, *6*(2). (2005).

Eaton, J. W., & Qian, "M. Molecular bases of cellular iron toxicity", *Free Radical Biology and Medicine*, *32*(9), 833-840. (2002).

Erarslan, C. "*Küçükdoğanca (Keşan-Edirne) bölgesi ve civarındaki kömür yataklarının yüzey ve yer altı sularına etkisi",* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü) (2010).

Erdoğan, M. A., Özgül, Ü., Aydoğan, M. S., Kaçmaz, O., Gedik, E., & Toğal, T. Akut "Demir Zehirlenmesi Olgularına Klinik Yaklaşım", Olgu Serisi. *Journal of Turgut Ozal Medical Center*, *20*(4). (2013).

Ergönül, M. B., & Altındağ, A. "Çinko ve Bakırın Kadife Balığı (*Tinca tinca* L., 1758) için akut toksisitesinin belirlenmesi", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, *14*(3), 19-24. (2011).

Flora, S. J. S., Mittal, M., & Mehta, A. "Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy", *Indian Journal of Medical Research*, *128*(4), 501**.** (2008).

Friberg, L. "*Cadmium in the Environment", 0*. CRC press. (2017).

Gaetke, L. M., & Chow, C. K. "Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant

nutrients", *Toxicology, 189*(1-2), 147-163. (2003).

Gıcılı, S. "Ege Denizi Edremit Körfezi'nde sardalya balığı (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792)'nın biyolojisi üzerine araştırmalar" (2007).

Heath, A. G. "Water pollution and Fish Physiology", CRC. Press. *INC. Boca. Raton, Florida, 359*. (1995).

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., & Timur, S. "Metallerin çevresel etkileri-I.", *Metalurji Dergisi, 136*, 47-53. (2009).

Kara, H., Daş, Y. K., Aksoy, A. "Veteriner Hekimliği Alanında Civa, Kurşun, Kadmiyum, Arsenik ve Bakır Toksikasyonları", *Turkiye Klinikleri J Vet Sci Pharmacol Toxicol-Special Topics, 2*(3), 30-7. (2016).

Kalay, M., Koyuncu, C. E., & Dönmez, A. E. "Mersin Körfezi'nden Yakalanan *Parus aurata* (L. 1758) ve Mullus barbatus (L. 1758)'un Kas ve Karaciğer Dokularındaki Kadmiyum Düzeylerinin Karşılaştırılması." *Ekoloji, 13*(52), 23-27. (2004).

Kayhan, F. E., Muşlu, M. N., & Koç, N. D. "Bazi Ağir Metallerin Sucul Organizmalar Üzerinde Yarattiği Stres Ve Biyolojik Yanitlar", *Journal of FisheriesSciences. com, 3*(2), 153-162. (2009)

Kayhan, F. E., Muşlu, M. N., Çolak, S., Koç, N. D., & Çolak, A. "Antalya Körfezi'nde Yetiştiriciliği Yapılan Mavi Yüzgeçli Orkinosların (*Thunnus thynnus*) Karaciğer ve Kas Dokularında Kurşun (Pb) Düzeyleri", *Ekoloji, 19*(76), 65-70. (2010).

Koca, S. "Evsel atık su deşarjı etkisinde Küçükçekmece lagün gölü sediment matrisinde demir (II) ve bakır (II) metali fraksiyonları". (2009).

Kocakaplan, N. "Marmara Denizi'ndeki Sardalya Balığı (*Sardina pilchardus* Walb. 1792)'nın biyolojisi". (1998).

Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H. D., & Avci, E. D. "Türkiye'de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması", *Yeksem, III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, 19-21 (2005).

Lacatusu, R., Dumitru, M., Risvoneanu, I., Ciobanu, C., Lungu, M., Corstea, S., Kovacsovics, B., Baciu, C., "Soil pollution by acid rains and heavy metals in Zlatna region, Romania" , Pages 817-820. In D.E.Stott, R.H. Mohtar and G.C. Steinhardt (eds). Sustain the Global Farm. Selected papers from the 10th International Soil Conversation Organization Meeting held May 24-29, Purdue Univ., USA. (1999).

Lin, C. Y. C. T. H. "Nickel toxicity to human term placenta: in vitro study on lipid peroxidation", *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A, 54*(1), 37-47. (1998).

Núñez-Nogueira, G., Fernández-Bringas, L., Ordiano-Flores, A., & Gómez-Ponce, A. "Ni accumulation and regulation after experimental exposure to a Cd, Pb, and Zn mixture in the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei*", *Water, Air, & Soil Pollution, 224*(8), (2013).

Pala, A. "Doğal zeolitlerin atıksuda kurşun gideriminde kullanılması*",* (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü). (2006).

Reviewed distribution maps for *Trachurus trachurus* (Atlantic horse mackerel), with modelled year 2100 native range map based on IPCC A2 emissions scenario. www.aquamaps.org, version of Aug. 2016. Web. Accessed 23 Mar. (2019).

Sağlamtimur, B., Cicik, B., & Erdem, C. "Kısa süreli bakır-kadmiyum etkileşiminde Tatlısu Çipurası (*Oreochromis niloticus* L. 1758)'nın karaciğer, böbrek, solungaç ve kas dokularındaki kadmiyum birikimi", *Ekoloji*, *53*, 33-38. (2004).

Sönmez, İ., Kaplan, M., & Sönmez, S. "Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri", *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, *25*(2), 24-34. (2008).

Sönmez, A., Hisar, O., & Yanık, T. "Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması", *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *43*(1), 69-70**.** (2012).

Sönmez, A. Y., Kadak, A. E., Özdemir, R. C., & Bilen, S. "Kastamonu Kıyılarından Yakalanan Bazı Ekonomik Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Tespiti", *Alınteri Zirai Bilimler Dergisi*, *31*(2), 84-90. (2016).

Şengül, Ü. "Kangal termik santrali'nde uçucu kül atımının çevresel etkileri", *Ekoloji ve Çevre Dergisi*. (2002).

Tayfur, M., Ünlüoğlu, İ., & Bener, Ö. "Alüminyum ve sağlık", *Gıda/the Journal of Food*, *27*(4). (1995).

Taylan, Z. S., & Özkoç, H. B. "Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların bio kullanılabilirliliği", *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *9*(2), 17 (2016).

Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. "Heavy metal toxicity and the environment. In *Molecular, clinical and environmental toxicology"* (pp. 133-164). Springer, Basel. (2012).

TMMOB Makine Mühendisleri Odası, "Türkiye'de Temik Santraller" Oda Raporu. Yayın No:668, Ankara. (2017).

Vinodhini, R., & Narayanan, M. "Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp)", *International Journal of Environmental Science & Technology*, *5*(2), 179-182. (2008).

Vural, N. "Toksikoloji", *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları*, *73*, 381. 504-520 (2005).

Wurts, W. A., & Perschbacher, P. W. "Effects of bicarbonate alkalinity and calcium on the acute toxicity of copper to juvenile channel catfish (*Ictalurus punctatus*)", *Aquaculture*, *125*(1-2), 73-79. (1994).

Yabanli, M. "Assessment of the heavy metal contents of *Sardina pilchardus* sold in Izmir", Turkey. *Ekoloji*, *22*(87), 10-15. (2013).

Yadav, S. K. "Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants", *South African Journal of Botany*, *76*(2), 167-179. (2010).

Yarsan, E., Bilgili, A., & Türel, İ. "Heavy metal levels in mussels (*Unio stevenianus krynicki*) obtained from Van Lake", *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *24*(1), 93-96. (2000).

Yücel, Ş., & Erkoyuncu, İ. "Orta Karadeniz Bölgesinde Avlanan İstavrit (*Trachurus trachurus* L. 1758)'in Populasyon Dinamiği. (2000).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yavuz Selim BAŞ
Doğum Yeri : Keçiören Ankara
Doğum Tarihi : 04.02.1987
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dil : İngilizce Rusça

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : İzmir Maltepe Askeri Lisesi
Lisans : Kara Harp Okulu (2009)
Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji A.B.D. (2015)
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı (2019)

Çalıştığı Kurum/Unvan

Bio Aquatic (sucul sistemler) kurucu.