

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARGI ÇAYI (FETHİYE-MUĞLA) SU VE
SEDİMENTİNDE AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BERAT YAVUZ YİĞİT

EYLÜL 2014

MUĞLA

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KARGI ÇAYI (FETHİYE-MUĞLA) SU VE
SEDİMENTİNDE AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN
BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BERAT YAVUZ YİĞİT

EYLÜL 2014

MUĞLA

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

BERAT YAVUZ YİĞİT tarafından hazırlanan **KARGI ÇAYI (FETHİYE-MUĞLA) SU VE SEDİMENTİNDE AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ** başlıklı tezinin, 30/09/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JÜRİSİ

Prof. Dr. Murat BARLAS (**Jüri Başkanı**)

İmza:

Biyoloji Anabilim Dalı,

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Yrd. Doç. Dr. Murat YABANLI (**Danışman**)

İmza:

Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı,

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Doç. Dr. Hüseyin ŞAŞI (**Üye**)

İmza:

Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı,

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Doç. Dr. Celal ATEŞ

İmza:

Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı,

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Yrd. Doç. Dr. Murat YABANLI

İmza:

Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı,

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Savunma Tarihi: 30/09/2014

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Berat Yavuz Yigit

30/09/2014

ÖZET

KARGI ÇAYI (FETHİYE-MUĞLA) SU VE SEDİMENTİNDE AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Berat Yavuz YİĞİT

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat YABANLI

Eylül 2014, 60 sayfa

Fethiye Kargı Çayı'ndan alınan su ve sediment örneklerinde ağır metal varlığını mevsimsel olarak incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada, Kargı Çayı üzerinde toplam 5 istasyon belirlenmiştir. Bu istasyonlardan su ve sediment örnekleri alınmıştır. Analizi yapılacak olan örnekler uygun analitik tekniklerle çözüldükten sonra indüktif olarak eşleştirilmiş plazma kütle spektroskopisinde (ICP-MS) Pb, Cr, Mn, Cu, Cd, Zn ve Ni ağır metallerinin konsantrasyonları tespit edilmiştir.

Çalışılan örneklerde en fazla ağır metal birikiminin çoğunlukla sonbahar ve kış mevsimlerinde olduğu belirlenmiştir. Su ve sedimentte tespit edilen ağır metallerin konsantrasyonları sırasıyla 0,04 µg/L, 0,06 mg/kg Pb, 0,04 µg/L- 0,15 mg/kg Zn, 0,02 µg/L-1,15 mg/kg Cr, 0,03 µg/L-3,54 mg/kg Mn, tespit edilmedi-1,08 mg/kg Ni, 0,02 µg/L-0,29 mg/kg Cu'dır. Sonuç olarak Kargı Çayı su ve sedimentinde düşük konsantrasyonlarda ağır metallere rastlanırken, suda Ni ve Cd ağır metalleri, sedimentte ise Cd ağır metali tespit edilmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Sediment, Kontaminasyon, Fethiye, Kargı Çayı.

ABSTRACT
DETERMINATION OF HEAVY METAL ON WATER AND SEDIMENT IN
KARGI RIVER (FETHIYE-MUGLA)

Berat Yavuz YİĞİT

Master of Sciences
Graduate School of Naturel and Applied Sciences
Department of Aquaculture Engineering
Adviser: Asist. Prof. Dr. Murat YABANLI
September 2014, 60 pages

In this study, 5 station include spring water from Kargı River was chosen and water and sadiment were taken to determine the seasonal heavy metal accumulation. Samples were digested through the proper analytical techniques and then Pb, Cr, Mn, Cu, Cd, Zn ve Ni concentrations were determined by inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP-MS).

The most heavy metal accumulation was determined in autumn and winter. Mean heavy metal concentrations detected of Water and sediment were respectively Pb 0,04 µg/L-0,06 mg/kg, Zn 0,04 µg/L- 0,15 mg/kg, ;Cr 0,02 µg/L-1,15 mg/kg, Mn 0,03 µg/L-3,54 mg/kg, Ni not detected-1,08 mg/kg, Cu 0,02 µg/L-0,29 mg/kg. As a result; heavy metals were detected at low concentrations in water and sediment on Kargı River, Ni and Cd heavy metals in water and Cd heavy metal in sediment were not detected on Kargı River.

Keywords: Heavy metal, Sediment, Contamination, Fethiye, Kargı River.

ÖNSÖZ

Bu çalışmam sırasında; yardımlarını gördüğüm, desteğini esirgemeyen, bilimsel anlamda ufkumu açan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Murat YABANLI'ya, deney aşamasında tecrübelerini benimle paylaştığı için Arş. Gör. Aykut YOZUKMAZ'a ve bana olan sonsuz güven ve destekleri için başta aileme ve arkadaşım Reyhan CAN'a sonsuz teşekkürler ederim. Ayrıca bu çalışmaya verdiği destekten dolayı Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (BAP Proje No: 13/134) şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
1.1.Kaynak Özetleri	2
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Suyun Önemi.....	5
2.2. Akarsular ve Özellikleri	5
2.3. Çevre Kirliliği	6
2.3.1. Kirletici Kaynaklar.....	8
2.3.2. Su Yönetimi	10
2.4. Ağır Metaller ve Çevresel Önemleri	12
2.2.1. Ağır metallerin kaynakları	14
2.2.2. Çevre kirliliğinin önemi	15
2.5. İz (Eser) Elementler	16
2.5.1. Kadmiyum.....	16
2.5.2. Krom	17
2.5.3. Mangan.....	18
2.5.4. Nikel.....	18
2.5.5. Bakır.....	19
2.5.5. Çinko	20
2.5.6. Kurşun	20
3. MATERYAL VE METOT	23
3.1. Materyal	23
3.2. Metot	28
3.3. İstatistiksel analizler.....	29
4.BULGULAR	31
4.1. Su ve Sedimetteki Ortalama Ağır Metal Konsantrasyonları.....	31

4.2. Mevsimlere Göre Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması.....	33
4.3. İstasyonlara Göre Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması.....	41
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	44
6. KAYNAKLAR	52
7. ÖZGEÇMİŞ.....	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Metal çeşitleri (Akçelik, 2008).	13
Çizelge 3.1. İstasyonların Özellikleri.....	28
Çizelge 3.2. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği	30
Çizelge 4.1. Kargı Çayı’nda suda belirlenen ortalama ağır metal miktarları (µg/L). 31	
Çizelge 4.2. Kargı Çayı’nda sedimentte belirlenen ortalama ağır metal miktarları (mg/kg).....	32
Çizelge 4.3. Mevsimsel olarak suda belirlenen ağır metal konsantrasyonları (µg/L) 33	
Çizelge 4.4. Mevsimsel olarak sedimentte belirlenen ağır metal konsantrasyonları (mg/kg).....	37
Çizelge 4.5. Suyun istasyonlara göre istatistiksel olarak karşılaştırılması	41
Çizelge 4.6. Sedimentin istasyonlara göre istatistiksel olarak karşılaştırılması	42
Çizelge 4.7. Kargı Çayı’nda Mevsimsel Fiziko-Kimyasal Parametreler (µg/L).	43
Çizelge 5.1. Sediment yönünden literatürlerdeki veriler ile bu çalışma verilerinin karşılaştırılması	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çevre Kanunu Birimleri (Anonim, 2014).....	11
Şekil 2.2. Ağır metallerin doğaya yayılımları (Kahvecioğlu vd., 2003).....	14
Şekil 3.1. Araştırma Alanı ve Örnek Alma İstasyonları	24
Şekil 3.2. Kargı Çayı Sediment Örneği Toplanması.....	25
Şekil 3.3. İstasyon 1	25
Şekil 3.4. İstasyon 2	26
Şekil 3.5. İstasyon 3	26
Şekil 3.6. İstasyon 4	27
Şekil 3.7. İstasyon 5	27
Şekil 4.1. Sudaki krom ağır metalinin mevsimsel dağılımı.	34
Şekil 4.2. Sudaki mangan ağır metalinin mevsimsel dağılımı.	34
Şekil 4.3. Sudaki bakır ağır metalinin mevsimsel dağılımı.	35
Şekil 4.4. Sudaki çinko ağır metalinin mevsimsel dağılımı.	35
Şekil 4.5. Sudaki kurşun ağır metalinin mevsimsel dağılımı.	36
Şekil 4.6. Sedimentteki krom ağır metalinin mevsimsel dağılımı.	38
Şekil 4.7. Sedimentteki mangan ağır metalinin mevsimsel dağılımı.	38
Şekil 4.8. Sedimentteki nikel ağır metalinin mevsimsel dağılımı.....	39
Şekil 4.9. Sedimentteki bakır ağır metalinin mevsimsel dağılımı.	39
Şekil 4.10. Sedimentteki çinko ağır metalinin mevsimsel dağılımı.....	40
Şekil 4.11. Sedimentteki kurşun ağır metalinin mevsimsel dağılımı.....	40

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

t	Zaman
T	Sıcaklık
dk	Dakika
ppm	Milyonda Bir Birime Verilen İsim
Cr	Krom
Cd	Kadmiyum
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Pb	Kurşun
Cr ₂ O ₃	Kromit
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
HF	Hidroflorik Asit
HNO ₃	Nitrik Asit
HClO ₄	Perklorit Asit
D.O.	Doymuş Oksijen
TDS	Çözünmüş Madde Miktarı
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
CF	Kontaminasyon Faktörü

1. GİRİŞ

Çevre kirliliği ve sebep olduğu zararların azaltılması uzun zamandır çalışılan konuların başında gelmektedir. Ülke sanayimizin mevcut su kaynaklarını kirletmesi var olan susuzluk sorununu iyice artırmış ve son yıllarda ülkemiz için en büyük sorunlardan biri haline gelmiştir (Aksoy, 2008). Hızlı kentleşme, sanayi atıklarının kimyasal olarak arıtılmadan su sistemlerine verilmesi, tarım alanlarında yaygın ve aşırı miktarda pestisit kullanımı su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Bu durum öncelikle tatlı su ekosistemlerinin ve dolaylı olarak da kirletilmiş su kullanan tarım alanlarının bozulması sonucunu gündeme getirmektedir. Yıllar boyunca birçok ülkede olduğu gibi ülkemizin çevresel politikaları da bu problemlere kalıcı çözümler üretmeyi başaramamıştır (Kılıç vd., 2009).

Sucul ekosistemlerde özellikle de tatlı su kaynaklarında, ağır metal miktarlarının yüksek olması gerek sucul organizmaların gerekse de insanların hayatlarını olumsuz yönde etkileyerek potansiyel bir tehlike oluşturmaktadır. Endüstriyel veya kentsel atık suları ile kirlenmiş akarsu ve göllerin tarımsal amaçla kullanılması sonucunda, topraklarda önemli düzeyde iz element ve ağır metal birikimi olduğu bilinmektedir. Canlı sisteme giren ağır metaller, besin zinciri ile bir organizmadan diğerine artarak taşınarak canlı sistemlerde yüksek konsantrasyonlara ulaşmakta ve zararlarını yıllarca sürdürebilmektedir. Ağır metallerden kaynaklı kirlilik sorunu son dönemde birçok araştırmaya konu oluşturmıştır (Yücel vd., 2008; Çavuşoğlu vd., 2009).

Çevre kirliliğinin artmasına ve ekolojik dengenin bozulmasına en büyük sebeplerden biri atık sularında ağır metal içeren kuruluşların endüstriyel faaliyetleridir. Endüstri kuruluşlarının atıklarındaki çinko (Zn), civa (Hg), bakır (Cu), demir (Fe), kurşun (Pb), krom (Cr), gümüş (Ag), kadmiyum (Cd), nikel (Ni) gibi metal iyonları, belirli bir sınırı aşınca canlılarda toksik etki göstermektedir. Ağır metaller özellikle sucul ortamlarda ayrışmazlar ve insana kadar ulaşabilecek zararlı etkilere sahiptirler.

Bu tez çalışmasında trafik, tarım, turizm ve su ürünleri yetiştiriciliğinin baskısı altında olan Kargı Çayı'nda belirlediğimiz 5 istasyondan mevsimsel dönemlerde alınan su ve sediment örneklerinde canlılar için toksik olan Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb ağır metallerinin varlığı araştırılmıştır.

1.1. Kaynak Özetleri

Son yıllarda artan endüstrileşmeye paralel olarak su, sediment ve sucul organizmalarda ağır metal varlığının araştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özet halinde sunulmuştur.

Duman (2005), Sapanca ve Abant göllerinden aldığı su ve sedimentler örneklerinde ağır metal miktarlarının mevsimsel değişimini incelemek amacıyla araştırma yapmıştır. Sapanca Gölü su ve sedimentinde ağır metal kirliliğinin tarımsal gübre, fosseptik atık ve trafik, Abant Gölü su ve sedimentinin fosseptik atık ve trafik kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarının sonbahar ve kış mevsiminde daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Özbay vd. (2013) Berdan Çayı (Tarsus-Mersin) sediment örneklerinde mevsimsel olarak kadmiyum, krom, mangan, nikel, çinko, bakır, kurşun, demir ve alüminyum gibi ağır metallerin birikim düzeylerini araştırılmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre sedimentte belirlenen ağır metal konsantrasyon miktarları Fe; 18521,91 mg/kg, Al; 12907,70 mg/kg, Mn; 377,40 mg/kg, Ni; 167,68 mg/kg, Cr; 57,81 mg/kg, Zn; 45,59 mg/kg, Cu; 28,38 mg/kg, Pb; 22,82 mg/kg ve Cd; 4,54 mg/kg olarak tespit edilmiş olup araştırmacılar Berdan Çayı'nın kirlilik tehdidi altında olduğu saptamışlardır.

Singh vd. (2005) Hindistan'da 630 km uzunluğundaki Gomti Nehri üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan sediment ve su örneklerinde ağır metal analizleri yapmışlardır. Suda kadmiyuma ve bakıra rastlanılmamış olup belirledikleri en yüksek metal seviyeleri 5,7 µg/L Cr, 5,3 µg/L Mn, 17 µg/L Ni, 32 µg/L Zn, 39 µg/L Pb'dir. Sedimentte belirledikleri en yüksek metal konsantrasyonları ise 8,38 mg/kg

Cd, 19,13 mg/kg Cr, 35,03 mg/kg Cu, 263,10 mg/kg Mn, 29,76 mg/kg Ni, 101,73 mg/kg Zn ve 75,33 mg/kg Pb'dir.

Li vd. (1999) Çin'in güneyinde bulunan Pearl Nehri'nin haliç kısmından sediment örneklerinde ağır metal analizleri yapmışlardır. Elde ettikleri kurşun ve çinko seviyelerini daha önce aynı bölgede yapılan çalışma sonuçları ile karşılaştırdıklarında özellikle kurşunun yüksek miktarda olduğunu gözlemlemişlerdir.

Baggio vd. (2012) Brezilya'da bulunan Furmuse Nehri'nden aldıkları su ve sediment örneklerinde ICP-OES ile ağır metal (Al, Mn, Fe, Cu, Cd, Cr, Ni, Pb ve Zn) düzeylerini belirlemişlerdir. Elde ettikleri verilerin insan sağlığı ve çevre için risk oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

Shikazono vd. (2011) Japonya'da bulunan Buriganga Nehri üzerinde belirlenen istasyonlardan aldıkları su ve sediment örnekleri üzerinde ağır metal miktarlarını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar tarafından özellikle söz konusu nehir için krom ve nikel bakımından çok yüksek seviyede kirlilik bulunduğu belirtilmektedir. Bu kirliliğin kaynağı olarak da endüstriyel atıklar gösterilmektedir.

Longjiang vd. (2011) Kuzey Çin'de Wuding Nehri'nde sedimentte ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Elde ettikleri ortalama ağır metal konsantrasyonları, 60,71 mg/kg Cr, 426,86 mg/kg Mn, 29,64 mg/kg Ni, 19,00 mg/kg Cu, 76,55 mg/kg Zn, 0,30 mg/kg Cd, 15,60 mg/kg Pb'dir. Sedimentin özellikle antropojenik atıklar kaynaklı Cd, Cr ve Ni yönünden kirli olduğu belirtilmiştir.

Öner ve Çelik (2011) Ege Bölgesi'nin ikinci büyük akarsuyu olan Gediz Nehri üzerinde belirledikleri 5 istasyondan aldıkları su ve sediment örneklerinde ağır metal (Pb, Cr, Cd, Cu, Ni, Fe ve Zn) varlığı ile bazı kirlilik parametrelerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, SKKY'ye göre suda bulunan ağır metal konsantrasyonlarının 4. Sınıf su kategorisinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Kır ve Tumantozlu (2012) Karacaören-II Baraj Gölü'nde kirliliği belirlemek amacıyla mevsimsel olarak su, sediment ve sazan (*Cyprinus carpio*) örneklerinde bazı ağır metallerin birikimini incelemişlerdir. Çalışmaya boyunca örneklerde Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Cr, Pb, Cd ve Hg ağır metallerini tespit etmişlerdir. Suda yapılan

analizlerde Cr, Cd ve Hg konsantrasyonlarının bütün mevsimlerde tayin sınırının altında olduğunu belirlemişlerdir. Sedimentte, en fazla birikimi olan ağır metalin Fe olduğu tespit edilmiştir.

Özan vd. (2007) Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimini incelemişlerdir. Suda yapılan analizlerde Fe her mevsimde, Zn ilkbahar ve kış, Al yaz ve Ni sadece ilkbahar mevsiminde belirlenmiştir. Mn, Cd, Cr, Cu ve Pb tüm mevsimlerde analiz limitinin altında çıkmıştır. Kovada Gölü'nün sedimentinde yapılan ağır metal analizinde Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Al ve Ni tüm mevsimlerde belirlenirken Cd tespit limitinin altında kalmıştır.

Cicik (2003) Devlet Su İşleri 6. Bölge Müdürlüğü Adana Su Ürünleri yetiştirme havuzlarından alınan sazanlar (*Cyprinus carpio*) üzerinde bakır-çinko etkileşiminin karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi üzerine etkilerini incelemiştir. Deney süresi sonunda en yüksek bakır ve çinko birikimi karaciğerde olurken, en düşük birikim kas dokusunda meydana gelmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Suyun Önemi

İnsanın yaşam sürecinin her döneminde su, beslenme, dolaşım, solunum, boşaltım ve üreme gibi hayatsal faaliyetlerin gerçekleşebilmesi için gerekli bir maddedir. Öte yandan su, yaşam ortamının oluşmasında temel öğelerden biri olduğu gibi aynı zamanda kendisi bir yaşam ortamıdır. Yaşam için olmazsa olmaz ön koşullardan biri olması nedeniyle su kalitesi son derece önem taşır (Akin, 2007). Türkiye’de kişi başına yıllık su tüketimi 1555 m³’tür. Ülkemizde nüfusun hızlı artışı, hızlı sanayileşme, tarımda gübre ve ilaç kullanımının yaygınlaşması ve çevre bilincinin yeterince yerleşmemesi gibi başlıca nedenlerle bazı yüzey ve yeraltı sularında aşırı kirlenme görülmektedir. Öyle ki bazı havzaların yüzey suları SKKY’ne göre 4.Sınıf su özelliği (kirlenmiş su) göstermektedirler. Bunlardan bazıları Meriç-Ergene, Marmara, Sakarya, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Burdur ve Akarçay havzalarında bulunan çay, nehir ve göllerdir. Bu havzalarda kirlenmeye neden olan başlıca kirleticiler azot, fosfor, organik maddeler, kurşun, çinko ve kromdur. Su azlığı çeken bir ülke konumunda olan Türkiye’nin yüzey ve yeraltı sularında günümüzde gözlenen kirlenmeler, sağlık için büyük sorunlar yarattığı gibi, suyun oluşturduğu yaşam alanlarında canlılığı kısıtlı hale getirmektedir. Ülkemizdeki suların kirlenmesi bu şekilde devam etmesi durumunda 25-30 yıl sonra geri dönüşümü olanaksız sorunlar olacağı düşünülmektedir. Canlılığın devamı için bugünden başlayarak su kirliliğine karşı gerekli önlemleri almak ve çözüm yolları üretmek için tüm insanların var gücüyle çalışması gerekmektedir (Akin, 2007).

2.2. Akarsular ve Özellikleri

Akarsular yeraltında ve yerüstünde, kıyıları az çok biçimlenmiş bir yatak içinde akan doğal su kütesidir. Çağdaş tanımlamada akarsu, belirgin kıyıları olmayan, zaman

zaman yatağını değiştiren ve yer yer kesintiye uğrayan geçici su akıntıları olarak ifade edilmektedir. Akarsuyu tanımlayan temel özellik suyun belirli bir yatak içinde akmasıdır. Akarsu kelimesi aslında akış olgusunu vurgulayan bilimsel bir terimdir. Küçük akarsulara dere, çay, su, öz, büyük akarsulara ise ırmak ya da nehir adı verilir. Akarsular hidrolojik döngünün en önemli halkalarından biridir. Su döngüsünde buharlaşarak atmosfere karışan su, yağış halinde yeniden toprağa döner. Yağışlarla su akarsulara oradan da denizlere dökülür. Ayrıca akarsular yeryüzü biçimlerinin oluşmasında temel rol oynar. Kurak görünümlü çöl bölgeleri bile belirli dönemlerde oluşan sel sularının kurumuş sel yataklarından aşağı doğru akmasıyla akarsuların şekillendirici tesiriyle karşı karşıya kalır.

Ülkemizin akarsular yönünden zengindir. Şehirleşmenin ve sanayileşmenin artması sonucu oluşan çevre kirliliği akarsuları da etkilemektedir. Sanayiden ve şehirleşmeden kaynaklı atık suların arıtılmadan akarsu ve derelere verilmesi sonucu bu su kaynaklarında kirlenme hat safaya ulaşmıştır. Sağlıklı bir akarsuda ekolojik denge söz konusudur. Bu denge, dış ortamdan herhangi bir etki olmadığı sürece doğal olaylar vasıtası ile varlığını sürdürmektedir. Dış ortamlardan gelen evsel ve endüstriyel atık sularla kirlenme, varolan ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Atık su kaynaklı kirlenme ne kadar yoğun ise akarsuyun özelliğinin değişmesi veya yok olması da o kadar hızlı olacaktır. (Anonim, 2013).

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre kıta içi yüzeysel sular 4 ana sınıfa ayrılmışlardır. Yönetmelikte, bu dört kategori "Sınıf I" yüksek kaliteli su, "Sınıf II" az kirlenmiş su, "Sınıf III" kirli su ve "Sınıf IV" çok kirlenmiş su olarak ifade edilmiştir (Anonim, 2004).

2.3. Çevre Kirliliği

Canlıların hayati aktivitelerini olumsuz yönde etkileyen çevre sorunlarına çevre kirliliği adı verilir. Her ne kadar çevre kirliliğinin temel sebebi sanayi devrimine dayandırılrsa da aslında yüzyıllar önceye kadar uzanmaktadır. İnsanoğlu ilk kez milyonlarca yıl önce ateş bulup, farkında olmadan havayı kirletmeye başlamıştır.

Tarım yapmaya başladıktan sonra da çevreyi bilinçsiz bir biçimde değiştirme sürecine girmiştir. Ormanların tahrip edilmesi, aşırı otlatma, yanlış arazi kullanımı, böcek öldürücü ilaçların kullanımı, kentleşme ve sanayileşme gibi değişikliklerle birlikte çevre kirliliği ortaya çıkmıştır. Gittikçe artan çevre kirliliğinin önlenmesi için birçok bilim dalının katkılarıyla yerel ve dünya çapında çalışmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalar çevre kirlenmesini farklı boyutlarda ele almakta ve çözüm yolları önermektedir (Özek, 1994).

Sanayi devriminde sanayi ve enerji üretme tesisleri yoğunlukta olduğu için çevre kirliliği daha fazladır. Tüm sanayi bölgelerinde metalurji ve demir çelik kuruluşları karaları havayı ve suyu kirllettiler. Sonuç olarak her türlü sanayi atıkları, radyoaktif maddelerin radyasyon etkisi, gürültü meydana getiren ses titreşimleri sanayileşmiş ülkelerin çevre sorunları arasındadır (Anonim, 2011).

Kirlilik, genel anlamda toprak kirliliği, hava kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği ve radyoaktif kirlilik olarak gruplara ayrılabilir.

Çevreye atılan zararlı maddelerin toprağın yapısını ve işlevini bozmasına “toprak kirliliği” adı verilir. Mezbahalardan hayvan dışkısı ve her türlü tarımsal faaliyetler sonucunda meydana gelen atıklar, toprak kirlenmesinin en önemli kaynağıdır. Bilinçsiz yapılan ilaçlama ve gübreleme toprak kirliliğini hızlandırmıştır. Yirminci yüzyılın ortalarına doğru hızlı nüfus artışı ile birlikte, tarım ve diğer alanlardaki sanayi ve teknolojinin hızla gelişmesine paralel olarak toprak kirliliği de artmaya başlamıştır.

Atmosferdeki gaz karışım dengesinin bozulmasına “hava kirliliği” denir. Sanayi kuruluşları, termik santraller, yakma tesisleri (endüstriyel atıkların yakılması), motorlu taşıtlar hava kirliliğine neden olan başlıca kaynaklardır. Ülkemizde hava kirliliği Murgul Bakır İşletmesi’nin çevreye yaydığı zararlı gazlarla başlamıştır. Daha sonra Erzurum, İzmit, Kayseri, Konya ve İstanbul’da artan hava kirliliği önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Türkiye’de hava kirliliği çalışmaları ilk olarak 1961 yılında Sağlık Bakanlığı bünyesinde, Ankara’da iki adet yarı otomatik kükürtdioksit ve duman ölçer cihazla başlatılmıştır (Anonim, 2011).

İnsan yaşamı için hayati öneme sahip olan su, en çok kirlenen doğal kaynaktır. Havaya karışan çok sayıda kirletici madde, oksijen, ışık ve ultraviyole ışınlarının etkisi ile parçalanarak toprağa iner. Oradan akarsulara, akarsulardan da denizlere ve göllere ulaşır. Böylece “su kirliliği” oluşur. Su kirliliğinin başlıca nedenleri evsel atıklar, endüstriyel ve kentsel atıklar ile zirai atıklardır.

Gürültü insanlar üzerinde olumsuz etkenler yapan istenmeyen seslerdir. Gürültü kirliliği çevre kirlenmesi içinde önemli bir yere sahiptir. Bu yüzden gürültü ile ilgili kanuni düzenlemeler yapılmıştır. Trafik ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerde gürültü kirliliği daha fazladır. İnsanlar üzerinde çok fazla olumsuz etkisi vardır. Gürültü; dikkati dağıtır, düşünmeyi engeller, uykusuzluğa ve buna bağlı olarak gerginliğe neden olur. Örneğin: 30-40 desibel düzeyindeki gürültü uykusuzluk, sinir, konsantrasyon bozukluğu gibi ruhsal bozukluklara; 60-90 desibel düzeyindeki gürültü baş dönmesi, solunum hızlanması gibi ruhsal ve sinirsel bozukluklara; 90-180 desibel düzeyindeki gürültü ruhsal, sinirsel, işitme ve denge bozukluklarına ayrıca iç kulak ve beyinde tahribatlara; 180 desibelin üstünün kulak zarı patlamalarına yol açtığı saptanmıştır (Anonim, 2011).

Radyasyon; elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji yayımı ya da aktarımıdır. Radyoaktif maddelerin alfa, beta, gama gibi ışınları yaymasına veya uzayda yayılan herhangi bir elektromanyetik ışını meydana getiren unsurların tamamına da radyasyon denir. Radyoaktif kirlenmenin nedenleri; nükleer enerji santralleri, çeşitli nükleer denemeler, tıbbi içerikli ve çeşitli endüstri tipi üretimlerdir. Radyoaktif yünden kontamine hayvansal ürünler (et, balık, süt, vb.) ve bitkiler, bu zararlı maddeyi besin zinciri ile insanlara ve diğer canlılara taşır. Böylece bağışıklık mekanizması felce uğrar ve kanser gibi tedavisi güç sorunlar ortaya çıkar.

2.3.1. Kirletici kaynaklar

Endüstriyel faaliyetler, konutlarda ısınma amaçlı olarak kullanılan fosil yakıtlar, motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları ve fosil yakıtlara dayalı olarak enerji üreten termik santraller havayı kirletmekte ve kükürtdioksit, azotoksit, partikül madde ve hidrokarbon yaymaktadırlar. 2 ile 7 gün arasında havada asılı kalabilen bu

kirleticiler, atmosferde çeşitli kimyasal ve fiziksel reaksiyonlara uğrayarak, zaman zaman çok uzaklara taşınabilmekte, atmosferdeki su buharı ve diğer bileşenlerle tepkimeye girerek sülfüroz asit (HSO), sülfürik asit (H₂SO₄) ve nitrik asit (HNO₃) gibi kirletici maddeleri oluşturur. Suyun doğal çevrimi sırasında yağmur, kar veya dolu olarak kirli hava tabakalarında bulunan gazları, tozları, radyoaktif serpinterileri alarak yeryüzüne düşer ki buna “asit yağışı/yağmuru” adı verilir (Anonim, 2006). Yaşanılan bu problem her ne kadar günümüzde gelişmiş ülkelerde yoğun olarak yaşansa da tüm dünyayı tehdit etmektedir. Çünkü atmosferde serbest kalan bu kirleticiler rüzgârlarla taşınarak başka bölgeleri de etkilemektedirler. Asit yağmuru toprağın kimyasal yapısını ve biyolojik koşullarını etkilemektedir. Asit yağmurlarının en önemli etkilerinden biri de, göller ve göl ekosistemleri üzerinde görülür. Doğrudan yağışın dışında, karalar üzerine düşen yağış atık su kanalları veya yüzey akışı ile suyunu göllere boşaltır. Ani sıcaklık değişiminden dolayı ilkbaharda hızlı bir şekilde eriyen karlarla birlikte karda bulunan kimyasal kirleticiler, nehirlerle karışarak göllere ulaşır. Göle ulaşan bu kirleticiler aniden gölün pH’ında keskin bir değişime sebep olur ki buna “ilkbahar asit şoku” denir. pH seviyesindeki bu ani değişim su ekosistemlerinde bulunan canlılar üzerinde olumsuz etkiler bırakır (Anonim, 2014). Asitleşmenin çevre üzerinde dolaylı olmakla birlikte yine çok önemli etkilerinden biri de, endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan asit nemidir. Toprağa ya da göl yataklarına inmiş civa, kadmiyum ya da alüminyum gibi zehirli maddelerle tepkimeye girebilmekte ve normal koşullar altında çözünmez sayılan bu maddeler, asidik nemle tepkimenin sonucunda, içme suyu yoluyla insana ulaşır toksik etkiler oluşturmaktadır.

Organik atıklar su kirliliğine neden olurlar. Ayrıca hayvansal atıklar patojen kirlenmenin olası bir kaynağı olabildiği gibi, su içinde potansiyel azot ve fosfor kaynaklarıdır. Küçük hayvancılık işletmelerinde atık sorunu olmayıp ortaya çıkan gübre toprak ıslah edici bir materyal olarak kabul edilmektedir. Sığır ve kümes hayvanlarının yoğun üretiminin başlaması ile birlikte, hayvansal gübrenin dağılımı sorun olmuştur (Özerk, 1994).

Denizlerde tanker ve boru hatlarıyla taşınan petrol ve türevleri, kazalar ve sızmalar sonucu yüzeysel sulara karışabilmekte ve denizel ekosistemlerde büyük çevre problemleri doğurmaktadırlar.

Sudaki kirleticilerden sentetik deterjanlar içerdikleri fosfor tuzları nedeniyle sularda ötrifikasyona neden olmaktadır.

Nükleer atıkların yeraltı ve deniz altında uzun süre saklanması sırasında kaplarda meydana gelen sızmalar sonucu sular radyoaktif kirlenmeye maruz kalmaktadırlar. Özellikle atmosferdeki nükleer silah denemeleri sırasında yağmur sularının kirlenmesi sonucu sularda nükleer kirlilik görülebilir.

Pestisitler yapay organik maddelerdir. Zararlı böcek, bitki ve mantarlarla mücadelelerde kullanılırlar. Yağmurla yıkanan tarım arazilerinden sulara karışmaktadırlar (Anonim, 2006).

2.3.2. Su yönetimi

Su yönetimi; devletlerin bulundukları coğrafi koşulların ve o bölgeye ait çevresel sorunların etkisiyle suda oluşan kirlilik etmenlerini saptamak, bu etmenlere karşı önlem almayı ve kirlenen suyun temizlenme yöntemlerini uygulamayı esas almıştır. Türkiye’de belirlenen esaslar aşağıda belirtilmiştir (Anonim, 2014).

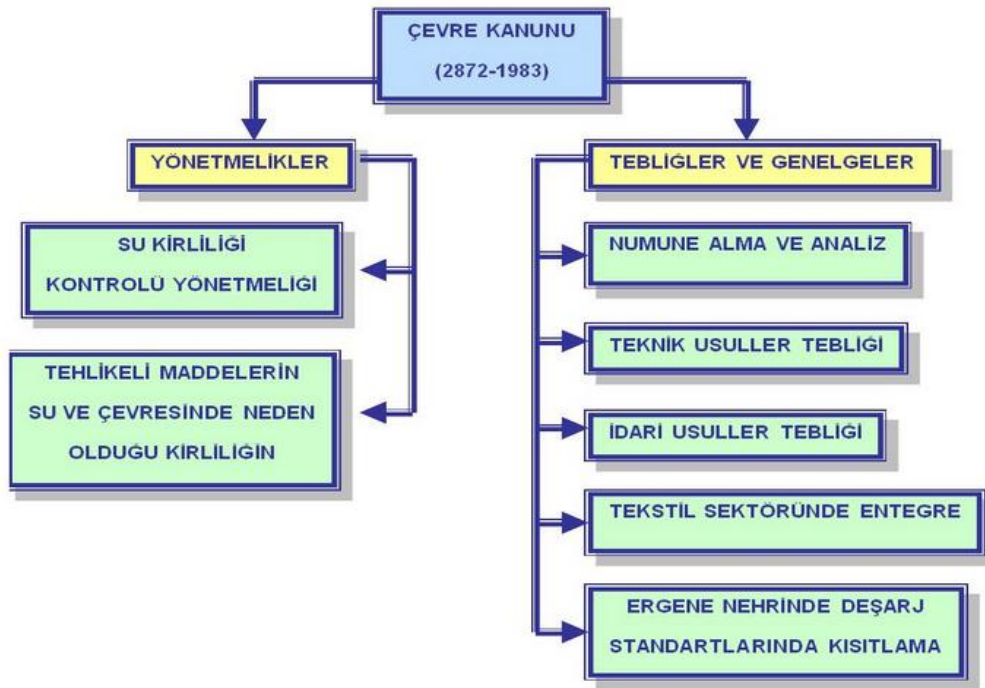
2010 yılında “Boyar Madde İçeren Atık sular İçin Deşarj Renk Standartının Belirlenmesi ve Arıtım Teknolojilerinin Araştırılması” konulu bir TÜBİTAK-KAMAG Projesi başlatılmıştır. Proje çıktılarından faydalanılması suretiyle, 24.04.2011 tarihinde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğindeki deşarj standartları arasına Renk Parametresi eklenmiştir. İşletmelere renk parametresine uyum için 1 yıl süre verilmiş olup; uygulama 24.04.2012 tarihinde başlamıştır.

Ülkemizde atık suların kaynağında azaltılması ve suyun geri kazanımı; sanayi kaynaklı kirliliğin en aza indirilmesi için önemli kazanımlar sağlayacak olan Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Uygulanmasının ilk somut adımlarından biri olarak

“Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği” 14 Aralık 2011 tarih ve 28142 sayılı Resmi Gazete ’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nin 31. Maddesi kapsamında; Yönetmelikte yer almayan endüstri tipleri için işletmede kullanılan hammaddeler, kimyasallar ve benzeri hususlar dikkate alınarak deşarj parametreleri ve bu parametreler için benzer sektörler esas alınarak deşarj standartları, İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü’nce belirlendikten sonra bakanlığın uygun görüşü alınarak uygulanır.

Ülkemizde sanayi kaynaklı atık su kirliliğinin önlenmesi ve kontrolüne yönelik olarak bakanlık tarafından çıkarılan ve uygulanan ilgili mevzuat aşağıda görülmektedir:



Şekil 2.1. Çevre Kanunu Birimleri (Anonim, 2014)

Ergene Havzası Koruma Eylem Planı kapsamında KOİ genelgesi (2011/10) 01.11.2011 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Ayrıca, renk parametresi SKKY kapsamına alınmış, ilgili deşarj tabloları bu çerçevede güncellenmiş ve atık

suların hem kirleticiler yönünden hem de estetik görünüm açısından daha kabul edilebilir seviyelerde arıtılmasının sağlanması hedeflenmiştir.

Buna ilaveten, temiz üretim tebliği yayımlanmış ve havzadaki atık suların kaynağında azalımı ve suyun geri kazanımı konularında ciddi bir aşama kaydedilmiştir.

İçme ve kullanma suyu temin edilen baraj göllerinin havzalarındaki su kalitesi 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği çerçevesinde korunur. Yönetmelik gereği içme suyu temin edilen su kaynağının (göl, gölet, baraj vs.) etrafında Mutlak Koruma Alanı, Kısa Mesafeli Koruma Alanı, Orta Mesafeli Koruma Alanı ve Uzun Mesafeli Koruma Alanı şeklinde koruma alanları oluşturulur. Bu koruma alanlarında hangi faaliyetlerin yapılamayacağı veya hangi şartlar ile yapılabileceği belirlenmiştir.

Büyükşehirlerde içme ve kullanma temin edilen su kaynaklarının (göl, gölet, baraj vs.) korunmasından Büyükşehir Belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdareleri sorumludur. 2560 sayılı İSKİ’nin Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanuna dayanılarak çıkarılan Havza Koruma Yönetmelikleri çerçevesinde ilgili Su ve Kanalizasyon İdarelerince gerekli önlemler alınmaktadır.

Çevre Kanununun 29. maddesi çerçevesinde, Atık su Arıtma Tesislerinde kullanılan elektrik enerjisinin bir kısmı bakanlık tarafından geri ödenir. Geri ödeme belgesi için istenen belgeler Çevre Kanununun 29. Maddesi Uyarınca Atık su Arıtma Tesislerinin Teşvik Tedbirlerinden Faydalanmasında Uyulacak Usul Ve Esaslara Dair Yönetmelik’te yer almaktadır.

2.4. Ağır Metaller ve Çevresel Önemleri

Fiziksel özellikleri bakımından yoğunluğu $5,0 \text{ g cm}^{-3}$ ten daha yüksek olan metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır (Malkoç ve Nuhoğlu, 2006). Ağır metaller genellikle üç kategoride toplanır, bunlar Çizelge 2.1.’de gösterilmiştir (Akçelik, 2008).

Çizelge 2.1. Metal çeşitleri (Akçelik, 2008)

Zehirli metaller	Hg, Cr, Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, As, Co, Sn
Değerli metaller	Pd, Pt, Ag, Au, Ru
Radyonüklitler	U, Th, Ra, Am

Ağır metallerin zehirli karakterleri şu şekilde görülmektedir (Alkorta vd., 2004);

- Zehirlilik, doğada uzun bir süre devam edebilir.
- Bazı ağır metaller, bazı ortamlarda düşük zehirli türlerden daha yüksek zehirli türlere dönüşebilirler.
- Ağır metallerin besin zinciri tarafından biyoakümüasyonu normal fizyolojik aktiviteye zarar verebilir ve sonunda insan yaşamını tehlikeye sokabilir.
- Metaller yalnızca farklı türlere dönüşebilirler, ancak biyoişlemler dahil hiçbir yöntemle bozunamazlar.
- Ağır metallerin zehirlilikleri $1,0 - 10,0 \text{ mg L}^{-1}$ gibi çok düşük derişimlerde olabilir.

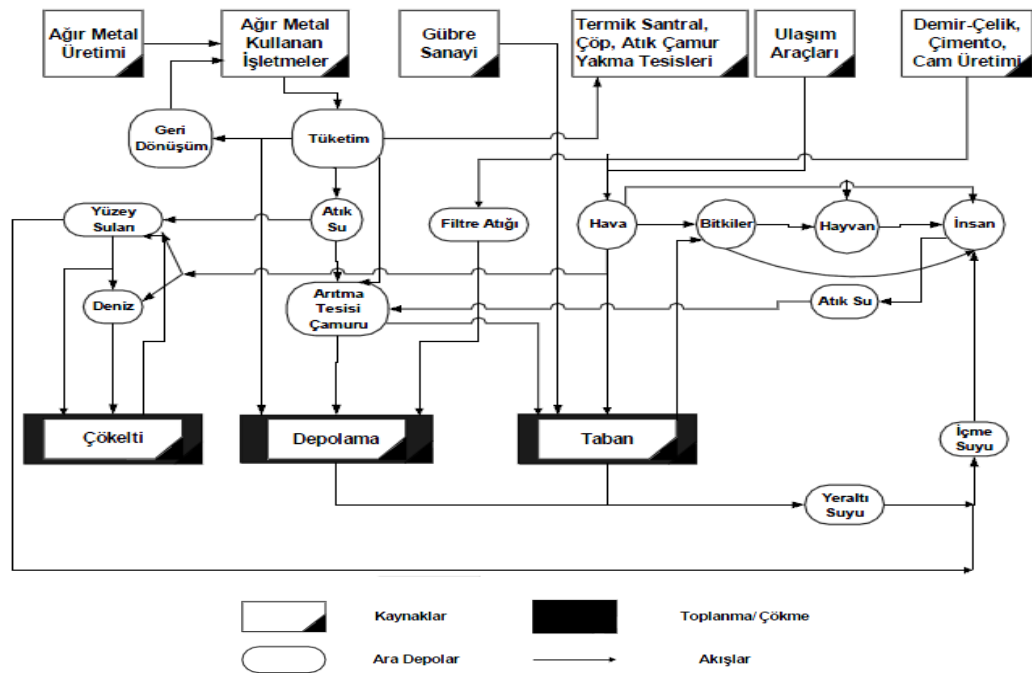
Hg ve Cd gibi bazı kuvvetli zehirli metal iyonları, $0,001 - 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ gibi çok düşük derişimlerde olsalar bile yine de çok zehirlidirler (Alkorta vd.,2004).

Endüstriyel atık sular içerdikleri ağır metal iyonları ile günümüzde en önemli çevre sorunlarından birini oluşturmaktadır. Ağır metaller ile kirletilen atık sular, genellikle BOI_5 değeri düşük ve asidik sulardır. Bu atık suların alıcı ortama ulaşması suda yaşayan canlıları olumsuz etkilemekte ve su kaynaklarının içme suyu amaçlı kullanılması durumunda ise pahalı arıtma tekniklerinin uygulanmasını gerekli kılmaktadır (Malkoç ve Nuhoglu, 2006). Etkili bir arıtım yapılmaması durumunda, bu tür atıkların göl, nehir, deniz, okyanus gibi alıcı ortamlara boşaltılması, suda yaşayan ve bu suyu kullanan canlı sistemleri ve çevresi için zehirli etki yaratmaktadır. Ayrıca, arıtım sistemlerinde hiçbir zaman parçalanmayan bu maddeler, temel arıtımda etkin olan; özellikle biyolojik arıtım süreçlerinde (aktif çamur vb.) önemli görevi bulunan mikroorganizmalar için de çok küçük miktarlarda bile zehirli etki yaptığı için arıtımın gerçekleşmediği görülmektedir (Sağlam ve Cihangir, 1995).

Hemen hemen bütün metaller; su içinde yaşayan organizmalar için ve maruziyet seviyesi yeterince yüksekse insanlar için toksik etki gösterirler. Bu nedenle metal iyonları, insan sağlığı ve sucul ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı çeşitli yöntemlerle su ve atık sulardan giderilmelidir (İlhan vd., 2004). Atık sularda ağır metal bulunması biyolojik arıtma sistemlerinin verimini etkilemekte ve oluşacak çamurun özellikle tarımsal amaçlı kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle ağır metal içeren endüstriyel atık suların alıcı ortamlara ve kanalizasyon sistemine deşarj edilmemesi büyük önem arz etmektedir (Türkman vd.,2001).

2.2.1. Ağır metallerin kaynakları

Ağır metaller, çok çeşitli sektörlerden biyosfere karışmaktadırlar. Şekil 2.1.'de farklı sektörlerden biyosfere ağır metal yayılımı şematik olarak verilmiştir (Kahvecioğlu vd.,2003).



Şekil 2.2. Ağır metallerin doğaya yayılımları (Kahvecioğlu vd.,2003).

2.2.2. Çevre kirliliğinin önemi

Çevre; dünya üzerinde yaşamını sürdüren canlılarının hayatları boyunca ilişkilerini sürdürdüğü dış ortamdır. Diğer bir deyişle “Ekosistem” olarak tanımlanabilir. Hava, su ve toprak bu çevrenin fiziksel unsurlarını, insan, hayvan, bitki ve diğer mikroorganizmalar ise biyolojik unsurlarını teşkil etmektedir (Anonim, 2007). Doğanın temel fiziksel unsurları olan, hava, su ve toprak üzerinde olumsuz etkilerin oluşması ile ortaya çıkan ve canlı öğelerin hayati aktivitelerini olumsuz yönde etkileyen cansız çevre öğeleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayına “Çevre Kirliliği” adı verilmektedir. Hızla artan insan nüfusuna paralel olarak tüketim ihtiyaçları artmakta, buna paralel olarak da insan eliyle oluşturulan kirliliğin tabiata ve çevreye verdiği zararın boyutu da artmaktadır. Yaşamı daha mükemmel hale getirmek, daha sağlıklı ve uzun bir ömür sağlayabilmek amacıyla gerçekleştirilen bazı gelişmeler, kırsal ve kentsel alanlarda doğal kaynakları bozmakta, su, hava, toprak kirlenmesine yol açmakta, bitki ve hayvan varlığına ve sağlığına zarar vermektedir.

Fiziksel kirlenme, çevreyi meydana getiren toprak, su ve havanın fiziksel özelliklerinin tamamının veya bir kısmının insan, hayvan ve bitki sağlığını tehdit edecek, olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulması olayıdır. Üretimde bulunan çeşitli fabrikaların atıklarının akarsu ve göllere boşaltılması, doğal erozyon ile toprakların göl ve denizlere taşınması açık kahverenginden, kırmızı siyaha kadar değişen renk almasına neden olmaktadır. Bu olay suların fiziksel kirlenmesidir. Kimyasal kirlenme, doğal çevreyi oluşturan toprak, su ve havanın kimyasal özelliklerinin canlıların hayati faaliyetlerini ve aktivitelerini olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulmasıdır. Çeşitli fabrika atıklarının akarsulara boşaltılması ile akarsularda ve dolayısı ile de göl ve denizlerde ağır metal kirliliğinin görülmesi örnek olarak verilebilir. Biyolojik kirlenme, doğal ortamı oluşturan toprak, hava ve suyun çeşitli mikroorganizmalarla kirlenmesi ve dolayısıyla da mikrobiyolojik yapının bozulması olarak tanımlanır. Tarım alanlarının kanalizasyon suyu ile sulanması veya kanalizasyon sularının akarsu, göl ve denizlere boşaltılması ile

hastalık yapıcı mikroorganizmalar toprağı ve suyu kontamine etmesi biyolojik kirlenmeye örnek olarak verilebilir (Anonim, 2007).

2.5. İz (Eser) Elementler

İz elementler, organizmada pek çok önemli olayda katalitik, enzimatik ve yapısal faaliyetlere katılan, besin ve su ile dışarıdan alınması gereken anorganik maddelerdir. Organizmaya giren iz elementler çeşitli kan proteinlerine bağlanarak bütün dokulara dağılırlar. Başlıca iz elementler demir, çinko, bakır, mangan, nikel, kobalt, selenyum, krom, iyot, flor, kalay, silisyum, vanadyum ve arseniktir (Underwood, 1977). Vücutta son derece düşük miktarlarda bulunmalarına rağmen organizma için son derece önemli işlevleri olan elementlerdir. Bu elementlerden herhangi birinin organizmanın vücudunda tamamen yok olması onun ölümüne dahi neden olabilmektedir (Kanişkan vd.,1996). İnsanlar için gerekli olan iz element miktarı 50 µg/gün – 18 mg/gün arasında değişmektedir (Mertz, 1981).

2.5.1. Kadmiyum

Kadmiyum çok zararlı bir ağır metaldir ve genellikle çinko ile kompleks oluşturur. Kadmiyumun en çok böbrekte biriktiğı belirtilmiştir (De Conto vd.,1999). En toksik ağır metallerden biri olan kadmiyum düşük konsantrasyonlarda bile sucul organizmalar için son derece zararlı etkilere sahiptir. Kadmiyumun özellikle çevre kirliliğı görülen denizlerdeki canlılarda biriktiğı ve değişik seviyelerde toksik etkiler meydana getirdiğı saptanmıştır (Argese vd.,2005).

Kadmiyumun yıllık doğaya yayılım miktarı 25,000 – 30,000 tondur ve bunun 4,000 – 13,000 tonu insan faaliyetlerine bağılı olarak ortaya çıkar.

İnsan yaşamı için gerekli elementlerden biri olmayan kadmiyum, sudaki yüksek çözünürlüğü nedeniyle bitki ve su ürünleri tarafından biyolojik sistemlere alınarak insanlara kadar ulaşmaktadır.

Ayrıca su boruları, sigara dumanı ve endüstriyel metal üretimi sonucu çıkan fabrika atıkları da önemli kadmiyum kaynaklarıdır. Endüstri bölgelerinde havadaki kadmiyum oranı kırsal alanlara oranla çok daha yüksektir. Kadmiyum içeriği 0,01 mg/m³ havanın 14 günden daha fazla solunması durumunda kronik akciğer rahatsızlıkları ve böbrek yetmezliği ortaya çıkar. Kadmiyumdan kaynaklanan akut zehirlenmede 24 saat içinde halsizlik, baş ağrısı, ateş, terleme, kusma, kaslarda gerilme ve ağrı semptomları ortaya çıkar ve 3. gün en şiddetli belirtileri göstererek bir hafta içinde yeni bir yükleme söz konusu değil ise kaybolmaya başlar. Kronik kadmiyum zehirlenmesinde ortaya çıkan en önemli etki özellikle akciğer ve prostat kanseridir. Kadmiyum zehirlenmesine bağlı olarak kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklarda görülür. Diğer taraftan kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku duyumunun yitirilmesi de önemli etkilerdir (Kahvecioğlu vd.,2003).

II. Dünya Savaşı sırasında Japonya’da madencilik faaliyetleri sonucu Jinzu Nehri kadmiyum ve diğer toksik metallerce kirlenmiştir. Bunun sonucunda nehir boyunca bulunan pirinç tarlalarındaki pirinçlerde kadmiyum birikimi meydana gelmiştir. Kontamine pirinçleri tüketenlerde itai-itai hastalığı görülmüştür. Kadmiyum zehirlenmesine bağlı olduğu saptanan ilk hastalık İtai-itai hastalığıdır. Diğer ismi Ouchi hastalığı olup kemik yada eklem ağrıları nedeniyle hastaların iniltilerine benzetilerek bu hastalığa İtai itai ismi verilmiştir (Nogawa vd.,2004).

2.5.2. Krom

Krom yer kabuğunda ve denizde var olan en yaygın elementlerden birisidir. Krom, vücuttaki şeker düzeyinin normalde tutulmasına yardımcı olmaktadır. Krom eksikliği vakalarında şeker hastalığına benzer belirtilerin gözlenmesinin nedeni de budur. Bira mayası, tahıllar ve karaciğer zengin krom kaynağı besinlerdendir (Kanişkan vd.,1996). Krom derinin tabaklanması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Barnhart (1997)’a göre ekosistemdeki Cr kirliliğinin %40’lık bir kısmı deri endüstrisinden kaynaklanmaktadır. Suda krom birikimine neden olan en önemli kaynaklar plastik atıklar ile fosseptik atıklardır. Tatlı sularda Cr konsantrasyonu 0,1-117 µg/l aralığındadır (Shanker vd.,2005).

2.5.3. Mangan

Mangan, temelde toprak kökenli bir element olmakla birlikte lağımlar, hayvansal gübreler ve pestisit uygulamaları ile metal işletmeciliği gibi çeşitli kaynaklardan da çevreye karışmaktadır. Bu element, çeşitli enzimlerin görevlerini yapabilmeleri için vücutta gereklidir. Mangan hücrede enerjinin üretildiği mitokondride yüksek derişimlerde bulunur. Manganezden mahrum bir organizmada mitokondri yapısında anormallikler kendini gösterir. Manganez aynı zamanda normal tiroid çalışmasının sağlanmasında ve kırık ile kemik gelişiminde de önem taşır. Bu elementin bir başka işlevi de, beyin ve sinir sisteminin normal çalışmasının sağlanmasıdır. Epilepsi hastalığından şikâyetçi çocukların neredeyse üçte birinin kanlarındaki manganez düzeyi düşük bulunmuştur. Yüksek düzeydeki manganez de vücut için tehlike oluşturur. Manganez elementiyle fazlaca teması olan insanlarda, örneğin madencilerde, baş ağrıları, psikozlu davranışlar ve uyusukluk vakaları yaygındır (Kanışkan vd.,1996). Mangan için önerilen güvenli ve yeterli alım miktarı 2.5-5 mg/gündür (Patterson vd.,1984).

2.5.4. Nikel

Nikel yer kabuğunda doğal olarak bulunsada, temel olarak metal işletmeciliği ve fosseptik atıklardan çevreye karışmaktadır. Sedimentte genelde karbonatlara bağlı olarak bulunur. Günümüzde mutlak gerekli elementlerden biri olarak kabul edilen nikelin tarım topraklarındaki konsantrasyonu genelde çok azdır (Kacar ve Katkat, 2006). Nikel kömür, petrol, çelik, alaşım üretimi ve elektronik endüstrisinde kullanılmaktadır (Özberk vd.,1995).

İnsanların nikele maruz kalması solunum ve sindirim yoluyla olmaktadır. Kronik olarak nikele maruz kalınması akciğer, kalp-damar, böbrek rahatsızlıklarına ve kansere neden olur (Denkhaus ve Salnikow,2002). Foodpyramid (2014)'e göre nikel, demirin vücut tarafından emiliminde çok önemli bir rol üstlenmektedir. Böylece aneminin önlenmesine katkı sağlamaktadır. Nikel, nükleik asitlerin yapısında da bulunur ve glikozun yıkımına yardım eder. Dünya Sağlık Örgütü (1993), tolere

edilebilen günlük nikel alım miktarını 5 µg/kg vücut ağırlığı (60 kg ağırlığındaki bir insan için 0,3 mg/gün'e eşdeğer) olarak açıklamıştır.

2.5.5. Bakır

Bakır, ekosisteme ev aletleri yapım sanayi, ağaç ve metal işletmeciliği, pestisitler, hayvansal gübreler ve fosseptik atıklar gibi birçok kaynaktan katılmaktadır. Bakırın sulara fazla bulunması özellikle bakteri, deniz yosunları, mantarlar ve balıklar için zehirleyici etki yapar. İnsanlar tarafından alınan fazla miktardaki bakır karaciğerde ve midede rahatsızlıklara neden olur (Duman, 2005). Bakırın vücuttaki rolü 19. yüzyıldan beri bilinmektedir. Bakırın vücudumuzdaki miktarı çok düşük de olsa, bu değer normal vücut işlevleri için son derece önemlidir. Bakır, organizmaya birçok yönden gereklidir. Bu element birçok önemli enzimin bileşimine girer. Bu sayede kanın, damarların, kirişlerin ve kemiklerin yapımında görev alır. Bakırdan yoksun bir beslenme, zayıflık ve kan damarları ile kemiklerde narinliğe yol açar. Bundan başka, sinirleri saran koruyucu kılıfın oluşumu da vücuttaki bakır miktarına bağlıdır. Bakır eksikliği halinde, impulslarının gereği şekilde iletilememesine yol açan bozukluklar ortaya çıkar. Öte yandan, bakır elementi vücudumuzu güneşin zarar verici morötesi ışınlarından korur. Çünkü bakır elementi, rengini koyulaştırarak deriyi mor ötesi ışınlardan koruyan melanin pigmentinin oluşmasını sağlayan enzimin bir parçasını oluşturur. Daha önce de belirtildiği gibi bakırın hemoglobinin oluşumunda önemli bir rolü vardır. Ayrıca, tat duyusu da bakır varlığına bağlıdır. Bakır elementi pek çok enzimin parçası olduğundan, bu elementten yoksunluk ciddi hastalıklara yol açabilmektedir. Aynı şekilde gereğinden yüksek düzeylerde bakır da zehirleyici etki göstermektedir (Kanişkan vd.,1996). Bakırın insanın tolerans limitlerinden fazla alınması durumunda hemoliz, sarılık ve hatta ölüm gibi etkiler görülebilir (Chen vd.,2006). Bakır için önerilen maksimum tolere edilebilen günlük alım miktarı 0,5 mg/kg vücut ağırlığıdır; yani 60 kg ağırlığındaki bir yetişkin için 30 mg/gündür (WHO, 1982a). FAO (1983) tarafından balıklarda önerilen limit bakır değeri 10 mg Cu/kg'dır.

2.5.5. Çinko

Çinko fosil yakıtlar, metal işlemediliği, gübreleme gibi birçok kaynaktan çevreye girmektedir. Çinkonun çevresel riski diğer ağır metallere göre daha azdır. Çinko, pH > 7,7 olduğuunda hidrolize olur, hidrolize olduğuunda ise organik ve inorganik maddelerle bileşik oluşturur (Jain, 2004). Periyodik tabloya bakıldığında çinko, iki toksik metal olan kadmiyum ve civa ile birlikte IIB grubunda bulunmaktadır. Ancak inko insan için nispeten non-toksik olarak düşünölmektedir (Fosmire, 1990). Bununla birlikte, çok yüksek miktarlarda maruz kalınırsa toksik etkilere neden olabilmektedir. Çinko, hücredeki genetik madde olan DNA'nın oluşumu için gereklidir. Bu nedenle de cendeki çinko eksikliği büyüme gecikmesine, vücutta bozuk oluşumlara ve kromozomlarda anormalliklere yol açar. Doğumdan sonra bebekteki çinko eksikliği ise cüceliğe, cinsel gelişmede gecikmeye, saç dökölmesine ve deri problemlerine neden olur. Anne sütü kandakinin neredeyse on katı fazla derişimde çinko içerir. Ayrıca bu çinko bebeğin gereksinimleri için en uygun kimyasal şekilde bulunur. Bu da anne sütünün önemini ayrıca gözler önüne sermektedir (Kanışkan vd.,1996). Dünya Sağlık Örgütü (1982) tarafından önerilen maksimum tolere edilebilen günlük çinko alım miktarı 60 mg/gündür.

2.5.6. Kurşun

Kurşun ve bileşikleri insanlar tarafından yaklaşık 7000 yıldır bilinmektedir. İnsanlar, kurşun zehirlenmesinin en az 2500 yıldır farkındadırlar (Eisler, 1988). Kurşun, zekâ geriliği, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğunu da içeren birçok nörolojik probleme yol açar. Bununla birlikte endüstrinin birçok alanında oldukça yaygın bir kullanımı vardır. İnsanlar genellikle kurşuna solunum ve beslenme yoluyla maruz kalırlar (Järup, 2003).

Nriagu, 1983'e göre, Roma İmparatorluğunun çökme nedenlerinden birisi kurşun zehirlenmesidir. Bazı Roman aristokratlarında görölen çılgınlık, davranış bozuklukları ve gut hastalığı bu teoriye bir delil olarak gösterilebilir. Romalılar su taşımacılığını kurşun borularla yapıyorlardı. Yiyecek ve içeceklerini kurşun kaplarda

saklıyorlardı. Makyaj malzemeleri ve kozmetik ürünleri kurşun içeriyordu. Bazı tarihçiler bu durumun Roma İmparatorluğunun gerilemesinde ve çöküşünde önemli rolü olduğuna inanıyor. Çünkü kurşun zehirlenmesi doğurganlığı azaltmakta ve zihinsel yetileri felce uğratmaktadır. Böylelikle de aristokrat sınıf devleti doğru dürüst yönetemez hale gelmişti. Kurşunlu besinlerle kısırlaşan, yeterince çoğalamayan, üstelik zekâ ortalamaları da giderek azalan Romalılar, güneyde Arapların, doğuda Macarların ve kuzeyde İskandinavların saldırılarına direnememişlerdir.

Toksik etkiler daha çok 1-5 yaşındaki çocuklarda gözlenir; özellikle 18-24 aylık çocuklar yüksek risk altındadırlar. Çünkü bu yaş çocukları toprak, boya ve kurşunla bulaşmış çeşitli materyalleri ağızlarına götürmeye yatkındırlar. Tırnak yiyen çocuklar, tırnak içlerine toplanan, toz ve toprakta doğal olarak bulunan kurşunla ilişkili olarak kurşun zehirlenmesi riski taşımaktadırlar. Kurşun zehirlenmesinin belirtileri erişkinlerde birkaç hafta, çocuklarda ise, birkaç gün içinde ortaya çıkar. Belirtiler çocuklarda daha şiddetli olarak görülür. Önlem alınmayan kurşun zehirlenmelerinde felçler, körlük, hafıza kaybı, mental gecikme, kısırlık ve karaciğer yetmezlikleri hatta koma ve ölüm gelişebilmektedir (Dündar vd.,2005; Denizli ve Yavuz, 2001).

Endüstrinin birçok alanında kullanılan kurşun; boya, pil, kablo, lehim gibi gündelik hayatta sık kullanılan çeşitli araçlar yoluyla çevreye yayılır ve insan vücuduna nüfuz edebilir. Kanda, kemiklerde, beyinde, sinir sisteminde, kaslarda, karaciğerde ve böbreklerde biriken kurşun, insan vücuduna bir kez girdikten sonra 20 yıl kalır (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl). Araştırmalar, özellikle beyinsel gelişimi etkileyen kurşunun, kanda bulunan her 10 mg/dl'sinin çocuğun IQ'sunu 2-4 değer düşürebileceğini belirtiyor.

Besinlerdeki kalsiyum ve fosfor eksikliğinde kurşun daha hızlı emilir ve kemiklerde depolanır. Kemik, kurşunun toksik etkisi için hedef organdır. Çocuklarda alınan kurşunun %73'ü, erişkinlerde ise %94'ü kemikte birikir.

Kurşunun vücutta absorpsiyonu çocuklarda daha yüksek olmakla beraber normalde % 5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir Bu oran dahi kalsiyum ve demir gibi

birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltmaktadır. Kana karışan kurşun buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Kurşun bir nevi nörotoksin olup anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır. Kurşunun çoğu kemiklerde depolanmasına rağmen beyne, anne karnındaki cenine ve anne sütüne de geçebilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (1995) sınıflandırmasına göre kurşun 2. sınıf kanserojenler grubuna dahildir (Kahvecioğlu vd.,2003).

Bu çalışmada trafik, turizm, zirai faaliyetler, su ürünleri yetiştiriciliği ve evsel atıkların baskısı altında olan Kargı Çayı'ndan mevsimsel periyotlarda alınan su ve sediment örneklerinde Cr, Mn, Zn, Ni, Cu, Cd ve Pb ağır metallerinin varlığı araştırılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

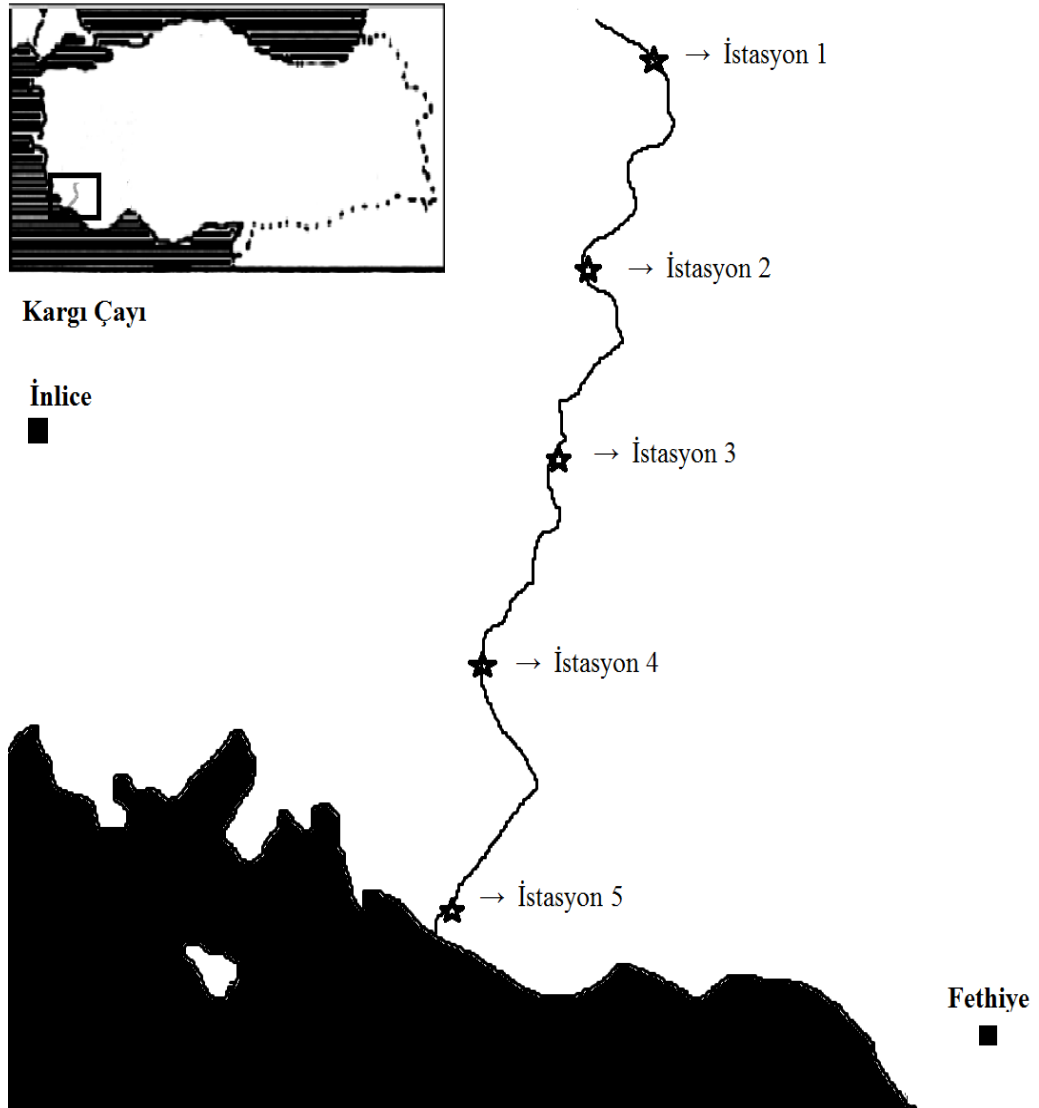
Çalışmanın yapıldığı Kargı Çayı (Şekil 3.1) Muğla'nın Fethiye ilçesine bağlı olan Yanıklar Köyü'nden geçerek denize dökülmektedir. Çayın denize döküldüğü yer baz alındığında Muğla'ya 125 km ve Fethiye'ye 15 km mesafede bulunmaktadır. Kargı Çayı tarımsal sulamada ve balık çiftliklerinde kullanılmaktadır. Çalışma için Kargı Çayı'nın tercih edilmesinde;

- Kargı Çayı'nın denize döküldüğü yer ve kaynak noktası arasında trafik, tarımsal alanlar, oteller ve balık çiftlikleri gibi kirletici etmenlerin bulunması,
- Yanıklar Köyü Muhtarı Rüstem Koyuncu ve Kargı Köyü Muhtarı Mithat Sarı ile yapılan telefon görüşmelerinde balık çiftliklerinin Kargı Çayı'nı kirlettiği yönündeki eleştirileri

gibi etkenler belirleyici olmuştur.

3.1. Materyal

Fethiye'ye bağlı Kargı Çayı üzerinde bulunan toplam 5 istasyondan mevsimsel periyotlarda alınan su ve sediment örnekleri çalışma materyalini oluşturmaktadır (Şekil 3.1).



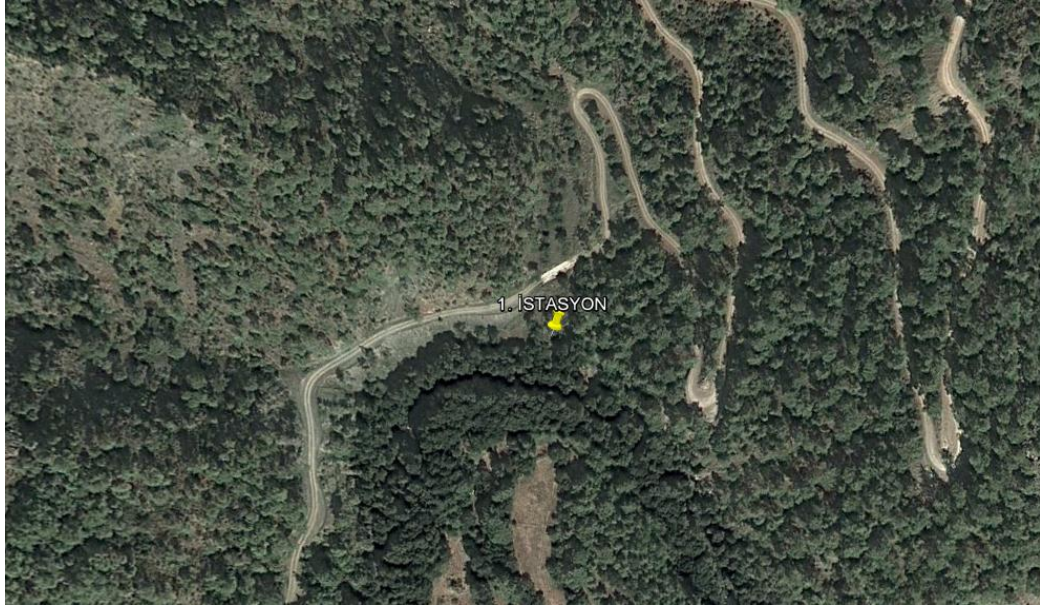
Şekil 3.1. Araştırma Alanı ve Örnek Alma İstasyonları

Kargı Çayı $36^{\circ}41'$ - $36^{\circ}47'$ kuzey enlemleri ve $29^{\circ} 2'$ - $29^{\circ} 4'$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Arazi çalışmaları 12.08.2013, 05.10.2013, 13.02.2014 ve 21.05.2014 tarihlerinde yapılmıştır.



Şekil 3.2. Kargı Çayı Sediment Örneği Toplanması

Seçtiğimiz ilk istasyon Kargı Çayı'nın kaynağına en yakın olan bölgedir. Bu bölgede insan kaynaklı kirlenme yoktur. Çalışma için diğer istasyonlarla karşılaştırma yapmaya en uygun bölge olarak belirlenmiştir. (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. İstasyon 1

İkinci istasyon balık çiftliklerinin sonrası olup çiftlik atıklarının Kargı Çayı'na karıştığı bölgedir. Bu istasyonun seçilme amacı, balık yetiştiriciliği aktivitelerinin (havuzların temizlenmesi, kullanılan ilaçlar, çiftlik atıkları) Kargı Çayı'na ağır metal yönünden etkisini belirlemektir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. İstasyon 2

Üçüncü istasyon olarak Kargı Çayı'nın restorana yakın kenarı seçilmiştir. Bu istasyonunun seçilme nedenleri; etrafında yoğun tarım arazilerinin ve restoranın olmasıdır. (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. İstasyon 3

Dördüncü istasyon olarak Kargı Çayı'nın Muğla-Fethiye karayoluna yakın noktası seçilmiştir (Şekil 3.6). Özellikle yaz aylarında söz konusu karayolunda yoğun trafik görülmektedir.



Şekil 3.6. İstasyon 4

Son istasyon ise Kargı Çayı'nın denize döküldüğü kısım olarak seçilmiştir (Şekil 3.7). İstasyonun belirlenmesindeki asıl sebep Çay'ın yanında büyük bir otel ile yazlıkların olmasıdır.



Şekil 3.7. İstasyon 5

Çizelge 3.1. İstasyonların Özellikleri

	Enlem	Boylam	Özelliği
İstasyon 1	36°45'	29° 4'	Kaynağa yakın bölgedir. Akarsu yatağı yer yer taşlık olup etrafında çam ormanı mevcuttur
İstasyon 2	36°44'	29° 4'	Çay'ın balık çiftliği atıklarının karıştığı kısmıdır. Suyun akış hızı fazla olup kenarlarda az miktarda su bitkileri vardır.
İstasyon 3	36°43'	29° 3'	Çay'ın akış hızı nispeten yavaşlamıştır. Çay'ın etrafında tarım arazileri ve restoran vardır. Su bitkileri sayıca fazladır.
İstasyon 4	36°42'	29° 2'	Çay'ın Muğla-Fethiye karayoluna en yakın olduğu noktadır. Çift kabuklu yumuşakça türleri saptanmıştır. Taşların üzerinde yosunlaşma vardır.
İstasyon 5	36°41'	29° 2'	Çay yatağının en geniş olduğu kısımdır. Akış hızı yavaştır. Kenarlarda sazlıklar bulunmaktadır.

3.2. Metot

Bu çalışmada Kargı Çayı üzerinde belirlenen 5 istasyondan mevsimsel periyotlarda su ve sediment örnekleri alınmıştır. İstasyonlar muhtemel ağır metal kirliliğine neden olabilecek bölgelerden ve kaynağa yakın temiz olduğu düşünülen yerden seçilmiştir. Sediment örnekleri 0-10 cm sediment yüzeyinden plastik bir el malası yardımı ile en az 500 g ağırlığında alınmış ve plastik kaplara konulup soğuk şartlarda laboratuvara taşınmıştır. Su örnekleri önceden nitrik asit çözeltisi ile yıkanmış 500 mL hacimli örnekleme kaplarına alınmış ve pH yaklaşık 1 olacak şekilde nitrik asit ile asitlendirilip soğuk şartlarda laboratuvara ulaştırılmıştır.

Su örnekleri 0.45 µm filtreden süzöldükten sonra ICP-OES'de konsantrasyonları belirlenmiştir.

Sediment örneklerinin mineralizasyonu Sheykhi ve Moore (2013) metoduna göre yapılmıştır. Metot aşağıda açıklanmıştır.

Sediment örnekleri laboratuvara getirildikten sonra kurutulacak ardından havanda ezilmiştir. Havanda ezilen sediment örnekleri 63 µm göz açıklıklı elekten geçirilip altta kalan örnek homojenize edilip mineralizasyon işlemine kadar polipropilen tüplerde +4°C’de buzdolabında saklanmıştır. Homojenize örnek açık bir sistemde asit karışımına (HF + HNO₃ + HClO₄) maruz bırakılmıştır. 1 g sediment örneği üzerine 10 mL HF ile 2 mL HClO₄ eklenmiştir ve kuruyuncaya kadar hot plate üzerinde muamele edilmiştir. Daha sonra kalıntının üzerine önce 5 mL HClO₄ daha sonra 5 mL HNO₃ eklenip karışım tekrar kuruyuncaya kadar hot plate üzerinde bekletilmiştir. Kalıntı son olarak 1:1 HCl ile çözülüp ultra saf su ile seyreltilmiş ve 0.45 µm nitroselüloz membrane filtreden süzölmüştür. Mineralize olan sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonu ICP-OES ile belirlenmiştir. Analiz güvenilirliği sertifikalı referans materyal kullanılarak tespit edilmiştir.

3.3. İstatistiksel Analizler

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde IBM SPSS Statistics V.20 programından yararlanılmıştır. İstasyonlar ve mevsimler arası ilişkilerin belirlenmesinde non-parametrik testlerden Kruskal-Wallis testi ve Mann-Whitney U testleri kullanılmıştır. İstatistiksel önem 0.05 alfa seviyesi ile belirlenmiştir. $p < 0.05$ ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır olarak değerlendirilmiştir.

Su örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’nde (Çizelge 3.2.) belirlenen kıta içi su kaynaklarının sınıflara göre kalite kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Anonim, 2004).

Çizelge 2.2. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği

SKKY	Su Kalite Sınıfları			
	1	2	3	4
Sıcaklık	25	25	30	>30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	<6,0-9,0>
D.O. (mg/L)	8	6	3	<3
%D.O.	90	70	40	<40
TDS	0,5	1,5	5	>5
Cr	20	50	200	>200
Mn	100	500	3000	>3000
Ni	20	50	200	>200
Cu	20	50	200	>200
Zn	200	500	2000	>2000
Cd	3	5	10	>10

Sedimentler ise Martin ve Meybeck (1979) tarafından belirlenen “kontaminasyon faktörü” değerleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Kontaminasyon faktörünün hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

$$CF = \frac{C_{metal}}{C_{background}}$$

CF : Kontaminasyon Faktörü,

C_{metal} : Sedimentte belirlenen metal konsantrasyonu,

C_{background} değeri : Jeokimyasal olarak dünya yüzeyi kaya üzerinde bulunan konsantrasyon, olarak ifade edilmiştir. CF’nin anlamı aşağıda belirtilmiştir.

CF<1 → düşük kontaminasyon

1≤CF≤3 → orta derceli kontaminasyon

3≤CF≤6 → yüksek kontaminasyon

CF>6 → çok yüksek kontaminasyon

4.BULGULAR

Çalışma süresince 5 istasyona ait mevsimsel periyotlarda toplanan 20 sediment ve 20 su örneğinde Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb ağır metallerinin varlığı araştırılmıştır. Ayrıca su örneklerinde fizikokimyasal parametrelerden sıcaklık, pH, TDS, çözülmüş oksijen, doymuş oksijen değerleri ölçülmüştür.

4.1. Su ve Sedimetteki Ortalama Ağır Metal Konsantrasyonları

İstasyonlara göre sularda belirlenen ortalama ağır metal miktarları Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Cr, Mn, Cu, Zn ve Pb konsantrasyonları çok düşük miktarda bulunmuştur. Su örneklerinde tüm istasyonlarda Ni ve Cd ağır metallerine rastlanmamıştır. Elde edilen ağır metal miktarları, Su Kalite Kontrol Yönetmeliği'nde (Anonim, 2004) bulunan kalite standartlarına göre sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.1. Kargı Çayı'nda Suda Belirlenen Ortalama Ağır Metal Miktarları (µg/L).

Su	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	Ortalama±S.S
Cr	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0.02 ± 0.007
Mn	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0.03 ± 0.007
Ni	---	---	---	---	---	---
Cu	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0.02 ± 0.005
Zn	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0.04 ± 0.018
Cd	---	---	---	---	---	---
Pb	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0.04 ± 0.01

İstasyon bazında sediment örneklerinde belirlenen ortalama ağır metal konsantrasyonları Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Kargı Çayı'nda Sedimentte Belirlenen Ortalama Ağır Metal Miktarları (mg/kg).

Sediment	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	Ortalama±S.S
Cr	1,13	1,22	1,22	1,07	1,10	1,15 ± 0.124
Mn	2,86	3,25	3,50	4,00	4,16	3,54 ± 0.590
Ni	1,11	1,14	1,17	0,94	1,06	1,08 ± 0.215
Cu	0,32	0,30	0,32	0,29	0,20	0.29 ± 0.139
Zn	1,12	1,15	1,15	1,17	1,17	0.15 ± 0.029
Cd	---	---	---	---	---	---
Pb	0,06	0,07	0,07	0,08	0,05	0.06 ± 0.017

Elde edilen CF değerleri; Cr için 0,03 Mn için 0,005 Ni için 0,022 Cu için 0,009 Zn için 0,001 Pb için 0,004 olarak bulunmuştur. Tüm istasyonlardan alınan Sediment örneklerinde Cd ağır metale rastlanmamıştır. Elde edilen CF sonuçlarına göre sedimentte düşük kontaminasyon çıkmıştır.

4.2. Mevsimlere Göre Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

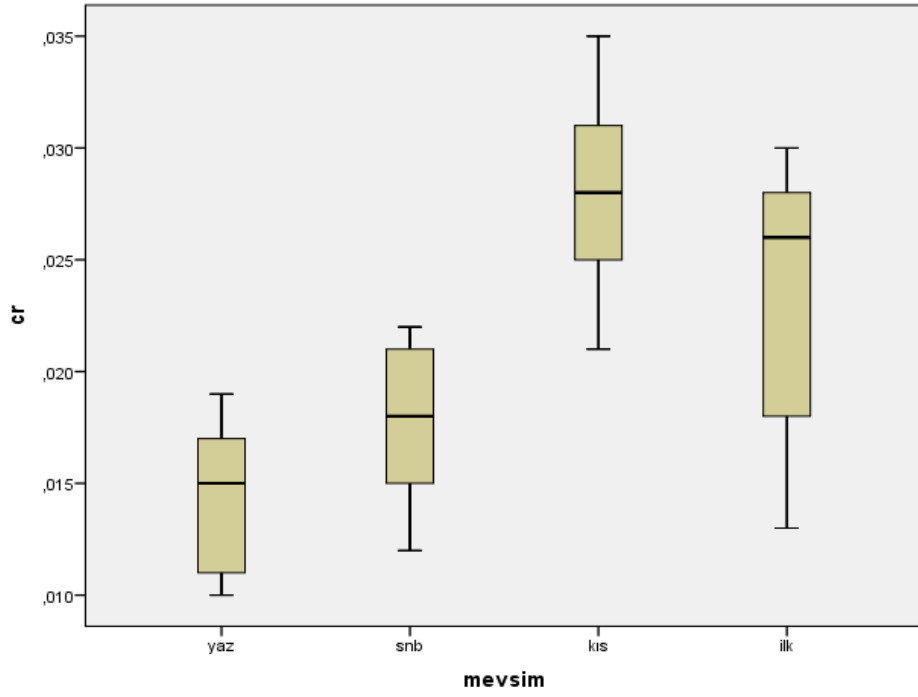
Kargı Çayı'ndan alınan su örneklerindeki ortalama ağır metal konsantrasyonları mevsimlere göre Çizelge 4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Mevsimsel Olarak Suda Belirlenen Ağır Metal Konsantrasyonları (µg/L)

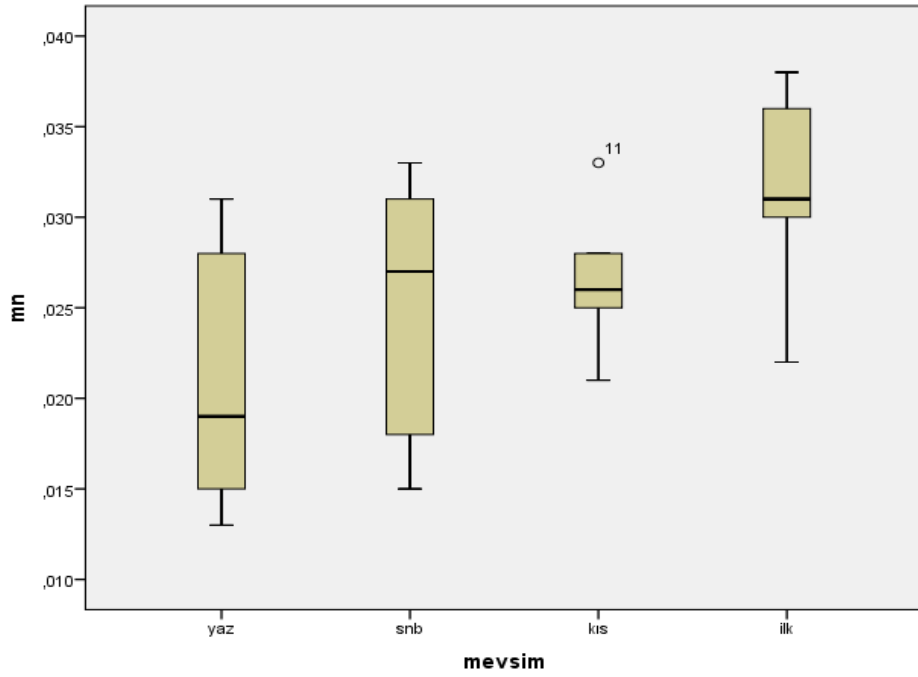
Mevsim		Cr	Mn	Cu	Zn	Pb
Yaz	min	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03
	maks	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06
	ort ± ss	0,01 ± 0,004	0,02 ± 0,008	0,02 ± 0,007	0,03 ± 0,003	0,05 ± 0,02
Snb	min	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
	maks	0,02	0,03	0,02	0,05	0,06
	ort ± ss	0,02 ± 0,004	0,02 ± 0,008	0,02 ± 0,004	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,02
Kış	min	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02
	maks	0,04	0,03	0,02	0,08	0,06
	ort ± ss	0,03 ± 0,005	0,03 ± 0,004	0,02 ± 0,004	0,04 ± 0,02	0,04 ± 0,02
İlk	min	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02
	maks	0,03	0,04	0,02	0,05	0,05
	ort ± ss	0,02 ± 0,007	0,03 ± 0,006	0,02 ± 0,003	0,05 ± 0,02	0,03 ± 0,01

Snb: Sonbahar, İlk: İlbahar, min: Minimum, maks: maksimum, ss: standart sapma

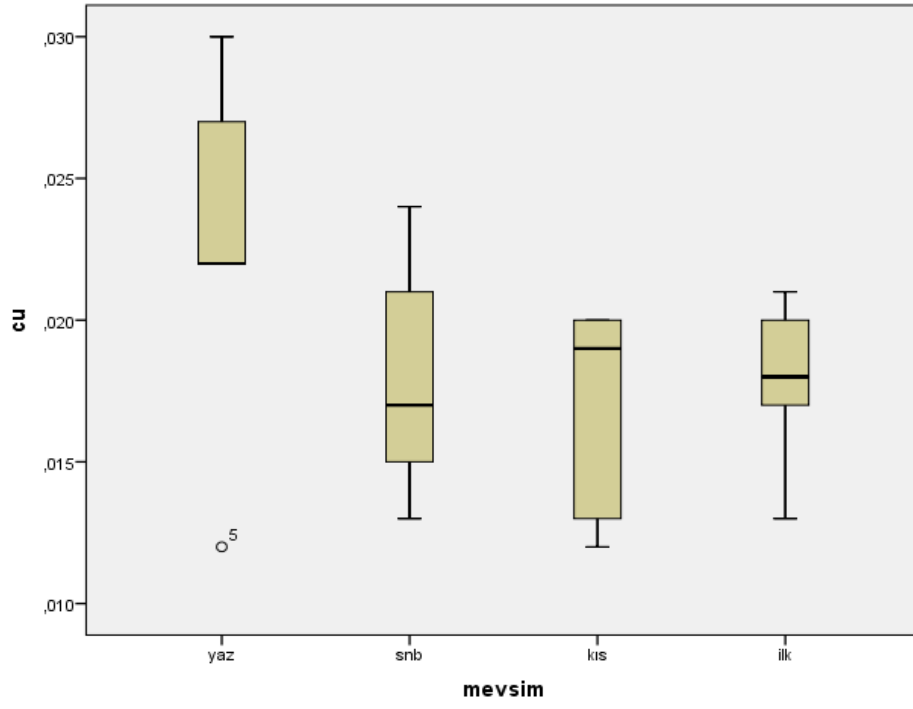
Suda tespit edilen ağır metal konsantrasyonlarının (µg/L) mevsimsel dağılımları Tablo 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5'te verilmiştir.



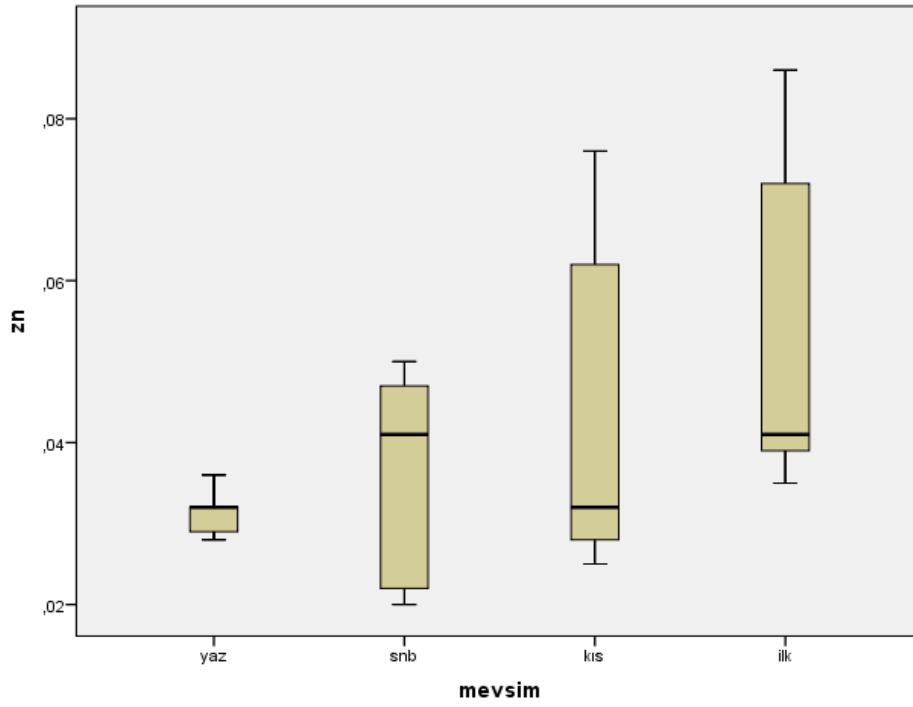
Şekil 4.1. Sudaki Krom Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı



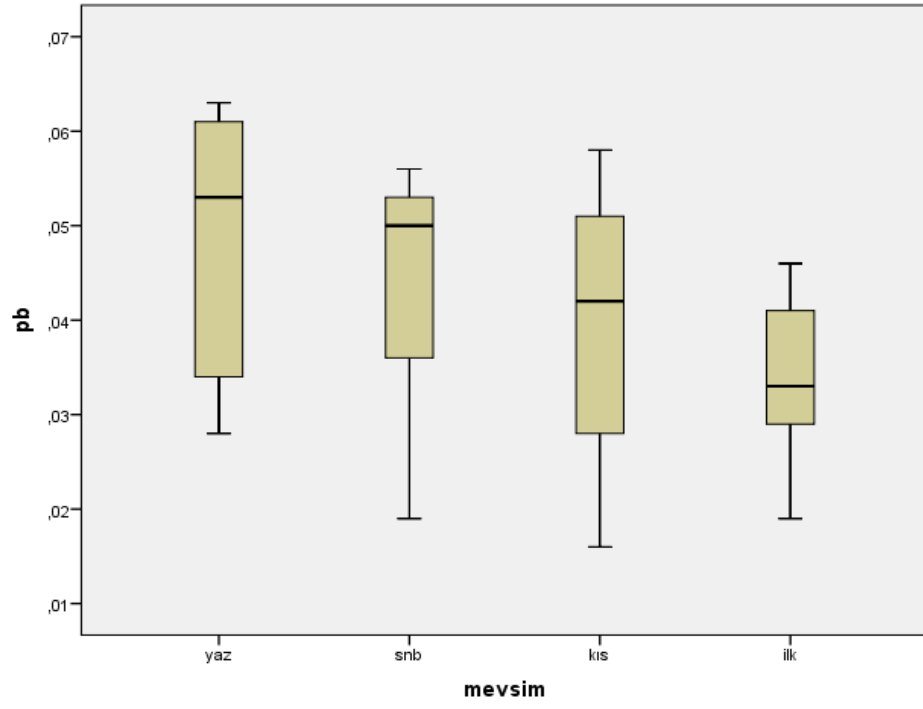
Şekil 4. Sudaki Mangan Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı



Şekil 4.3. Sudaki Bakır Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı



Şekil 4.4. Sudaki Çinko Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı



Şekil 4.5. Sudaki Kurşun Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı

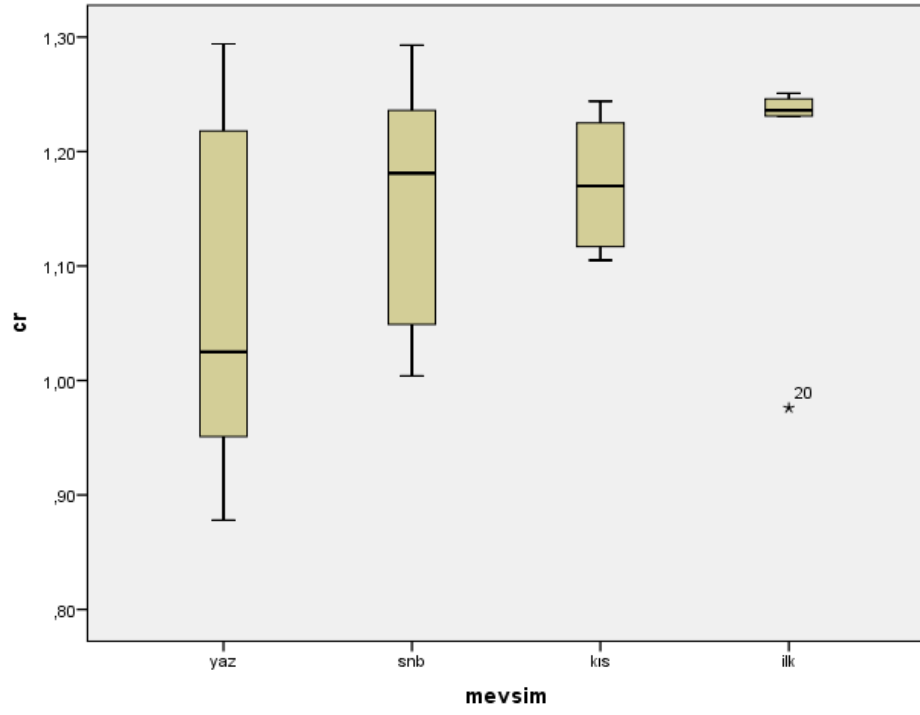
Kargı Çayı'ndan alınan sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları mevsimlere göre Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Mevsimsel Olarak Sedimentte Belirlenen Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg)

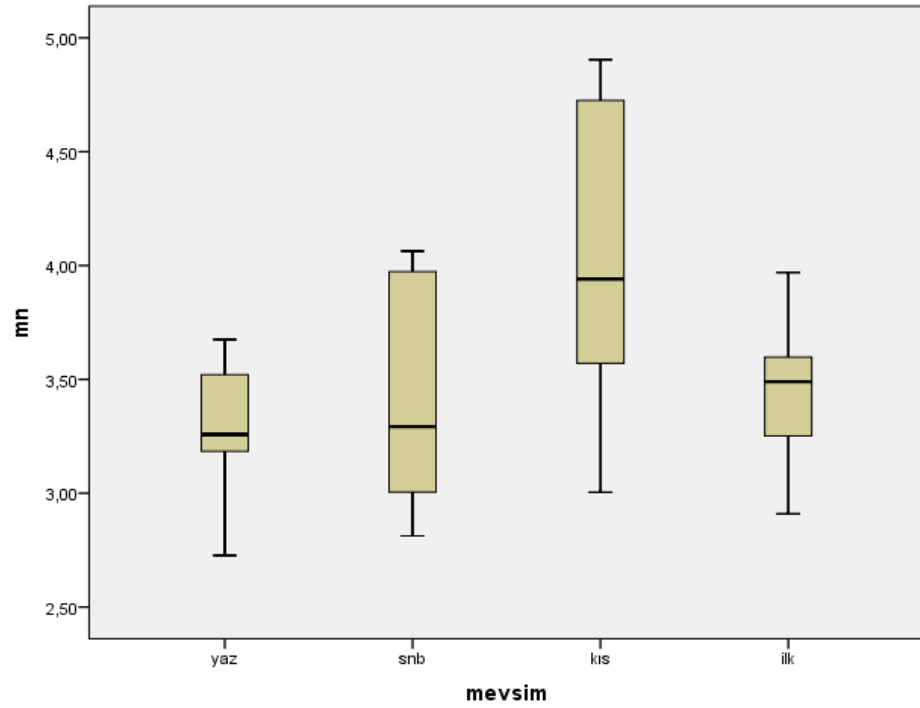
Mevsim		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Pb
Yaz	min	0,88	2,73	0,90	0,17	1,15	0,03
	maks	1,29	3,68	1,07	0,24	1,17	0,09
	ort $\pm$ ss	1,07 $\pm$ 0,18	3,27 $\pm$ 0,36	0,98 $\pm$ 0,06	0,19 $\pm$ 0,03	1,16 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,03
Snb	min	1,00	2,81	0,75	0,14	1,08	0,05
	maks	1,29	4,06	1,26	0,25	1,19	0,09
	ort $\pm$ ss	1,15 $\pm$ 0,12	3,43 $\pm$ 0,56	1,03 $\pm$ 0,20	0,20 $\pm$ 0,04	1,15 $\pm$ 0,05	0,07 $\pm$ 0,02
Kış	min	1,11	3,00	0,81	0,23	1,10	0,05
	maks	1,24	4,90	1,11	0,34	1,17	0,05
	ort $\pm$ ss	1,17 $\pm$ 0,06	4,04 $\pm$ 0,79	0,96 $\pm$ 0,13	0,29 $\pm$ 0,04	1,13 $\pm$ 0,03	0,07 $\pm$ 0,01
İlk	min	0,98	2,91	1,18	0,28	1,15	0,05
	maks	1,25	3,97	1,57	0,64	1,18	0,06
	ort $\pm$ ss	1,19 $\pm$ 0,12	3,44 $\pm$ 0,39	1,36 $\pm$ 0,18	0,48 $\pm$ 0,14	1,17 $\pm$ 0,01	0,05 $\pm$ 0,004

Snb: Sonbahar, İlk: İlkbahar, min: Minimum, maks: maksimum, ss: standart sapma

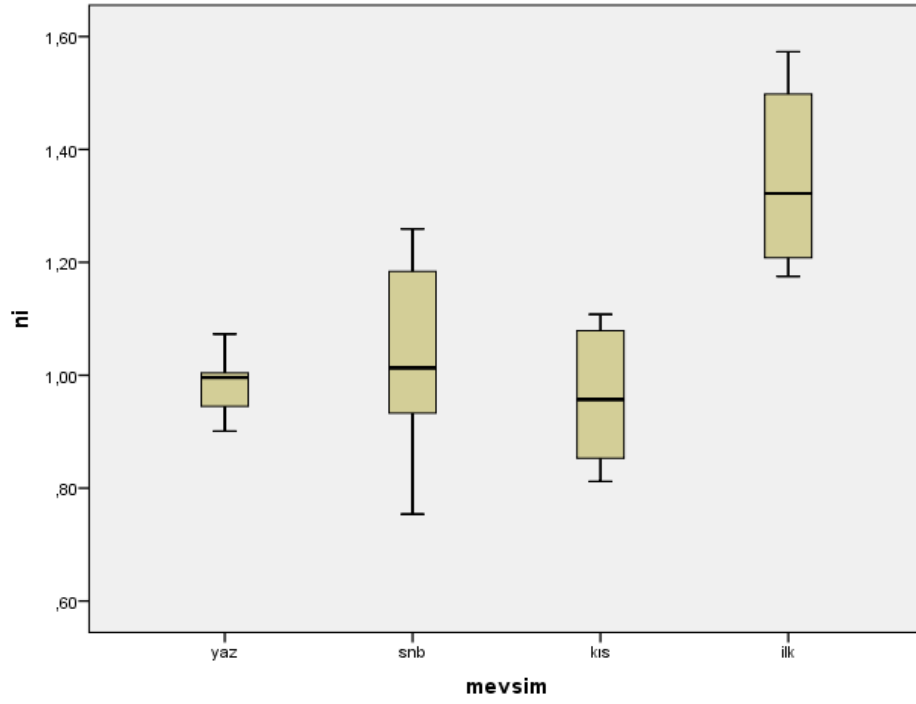
Sedimentte tespit edilen herbir ağır metal konsantrasyonlarının (mg/kg) mevsimsel dağılımları Tablo 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 ve 4.11'de verilmiştir.



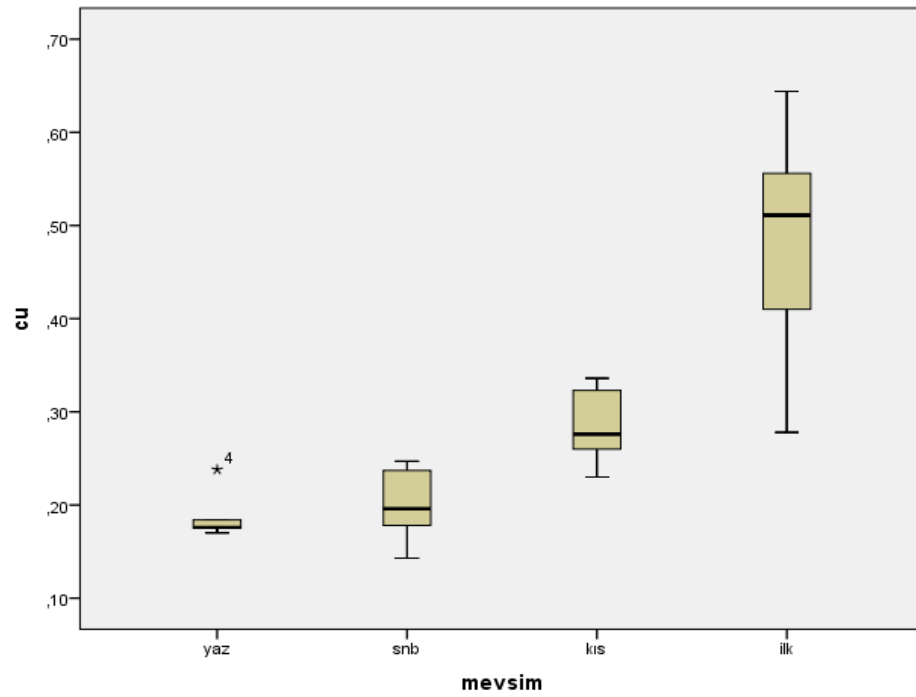
Şekil 4.6. Sedimentteki Krom Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı



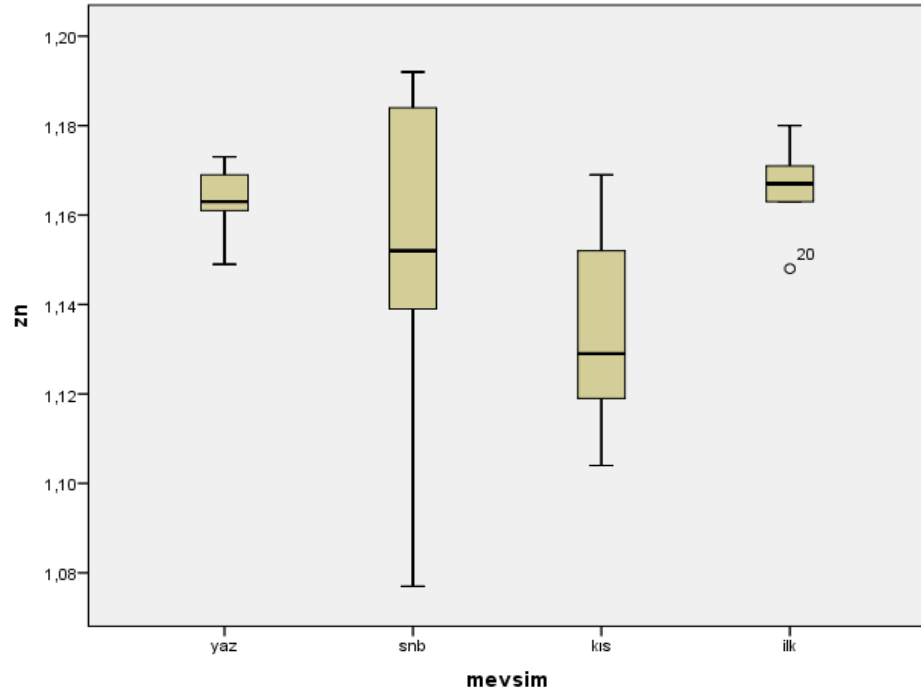
Şekil 4.7. Sedimentteki Mangan Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı



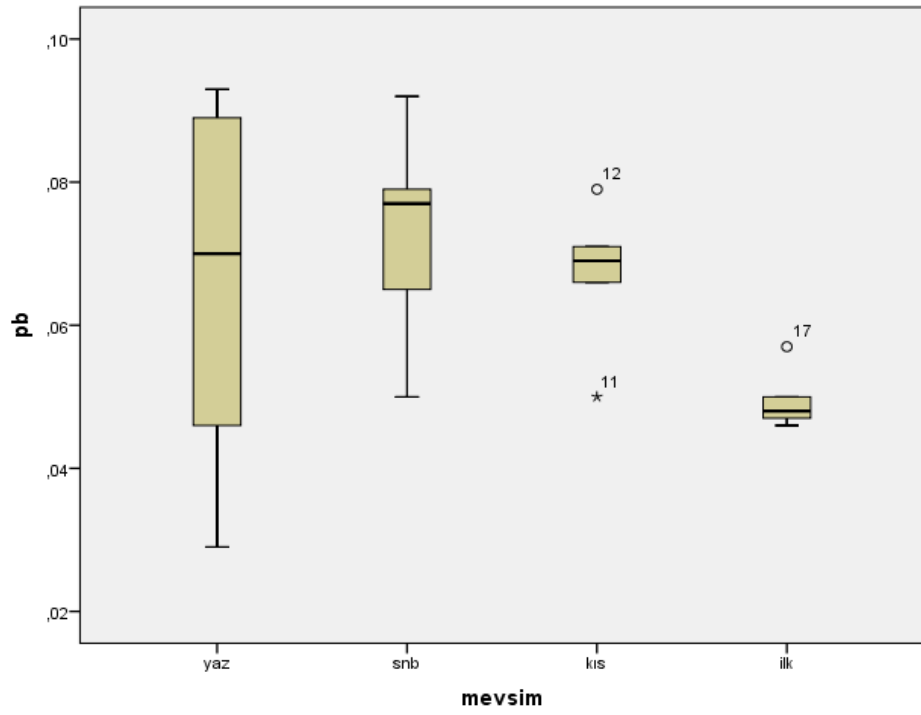
Şekil 5 Sedimentteki Nikel Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı



Şekil 4.9. Sedimentteki Bakır Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı



Şekil 4.10. Sedimentteki Çinko Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı



Şekil 4.11. Sedimentteki Kurşun Ağır Metalinin Mevsimsel Dağılımı

4.3. İstasyonlara Göre Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

Bakır, çinko ve kadmiyum bakımından istasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Diğer elementler yönünden özellikle 1. İstasyon ile 5. İstasyon arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Suda bulunan ağır metal konsantrasyonları yönünden istasyonlar arasındaki istatistiksel anlamlılık düzeyleri Çizelge 4.5.'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Suyun İstasyonlara Göre İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması

SU	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5
Cr	İstasyon 1	---	---	***
	İstasyon 2	---	---	***
	İstasyon 3		---	---
	İstasyon 4			---
	İstasyon 5			
Mn	İstasyon 1	---	***	***
	İstasyon 2	---	***	***
	İstasyon 3		---	---
	İstasyon 4			---
	İstasyon 5			
Ni	İstasyon 1	---	---	***
	İstasyon 2		---	---
	İstasyon 3		---	---
	İstasyon 4			***
	İstasyon 5			
Cu	İstasyon 1	---	---	---
	İstasyon 2		---	---
	İstasyon 3		---	---
	İstasyon 4			---
	İstasyon 5			
Zn	İstasyon 1	---	---	---
	İstasyon 2		---	---
	İstasyon 3		---	---
	İstasyon 4			---
	İstasyon 5			
Cd	İstasyon 1	---	---	---
	İstasyon 2		---	---
	İstasyon 3		---	---
	İstasyon 4			---
	İstasyon 5			
Pb	İstasyon 1	---	***	***
	İstasyon 2		***	***
	İstasyon 3		***	***
	İstasyon 4			***
	İstasyon 5			

$P < 0.05 \rightarrow ***$, $P > 0.05 \rightarrow ---$

Sedimentlerde bulunan ağır metal konsantrasyonları istatistiksel olarak istasyonlara göre karşılaştırıldığında (Çizelge 4.6.) nikel, bakır ve kadmiyum yönünden istasyonlar arasında istatistiksel bir anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Manganez, çinko ve kurşun yönünden özellikle 1. İstasyon ile 5. İstasyon arasında krom yönünden ise 2. İstasyonla 3 ve 4. İstasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.6. Sedimentin İstasyonlara Göre İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması

	Sediment	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5
Cr	İstasyon 1	---	---	---	---
	İstasyon 2		***	***	---
	İstasyon 3			---	---
	İstasyon 4				---
	İstasyon 5				
Mn	İstasyon 1	---	***	***	***
	İstasyon 2		***	***	***
	İstasyon 3			---	***
	İstasyon 4				---
	İstasyon 5				
Ni	İstasyon 1	---	---	---	---
	İstasyon 2		---	---	---
	İstasyon 3			---	---
	İstasyon 4				---
	İstasyon 5				
Cu	İstasyon 1	---	---	---	---
	İstasyon 2		---	---	---
	İstasyon 3			---	---
	İstasyon 4				---
	İstasyon 5				
Zn	İstasyon 1	---	---	---	***
	İstasyon 2		---	---	***
	İstasyon 3			---	---
	İstasyon 4				***
	İstasyon 5				
Cd	İstasyon 1	---	---	---	---
	İstasyon 2		---	---	---
	İstasyon 3			---	---
	İstasyon 4				---
	İstasyon 5				
Pb	İstasyon 1	---	---	***	***
	İstasyon 2		---	---	---
	İstasyon 3			---	---
	İstasyon 4				---
	İstasyon 5				

$P < 0.05 \rightarrow ***$, $P > 0.05 \rightarrow ---$

İstasyonlarda belirlenen fiziko-kimyasal parametre değerleri Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Su kirliliği ve kontrolü yönetmeliğine göre incelenen fiziko-kimyasal parametreler yönünden (sıcaklık ortalaması, TDS, % D.O., D.O. ve pH) Kargı Çayı suyu 1. Sınıf kalitededir.

Çizelge 4.7. Kargı Çayı'nda Mevsimsel Fiziko-Kimyasal Parametreler (µg/L).

		İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5
Sıcaklık°C	Yaz	15,6	16	21,3	21,5	21,9
	Sonbahar	13,9	13,9	14,1	14,2	14,6
	Kış	12,8	12,8	12,8	13,6	13,5
	İlkbahar	17	17,1	21,5	21,9	21,5
	Ortalama	14,9	15,0	17,4	17,8	17,9
TDS	Yaz	0,262	0,269	0,241	0,22	0,302
	Sonbahar	0,272	0,278	0,275	0,273	0,287
	Kış	0,272	0,277	0,276	0,275	0,287
	İlkbahar	0,193	0,197	0,194	0,184	0,248
	Ortalama	0,250	0,255	0,247	0,238	0,281
%D.O	Yaz	70,7	66,5	67,3	62,5	61,3
	Sonbahar	87,6	87,8	90,6	91,8	82,7
	Kış	115,7	118,4	129,5	124,9	120,5
	İlkbahar	94,2	96,8	108,4	129,0	151,6
	Ortalama	92,1	92,4	99,0	102,1	104,0
D.O mg/L	Yaz	7,06	6,57	6,98	6,45	6,05
	Sonbahar	9,04	8,83	9,24	9,4	8,36
	Kış	12,24	12,53	13,64	13,09	12,50
	İlkbahar	9,39	9,1	10,25	12,87	13,38
	Ortalama	9,43	9,26	10,03	10,45	10,07
pH	Yaz	7,61	7,52	6,29	7,15	8,15
	Sonbahar	8,27	8,31	8,44	8,56	8,28
	Kış	9,02	9,08	9,03	8,99	9,04
	İlkbahar	8,43	8,47	8,77	9,13	8,66
	Ortalama	8,33	8,35	8,13	8,46	8,53

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Kargı Çayı su örneklerinden elde edilen ortalama Cr, Mn, Cu, Zn ve Pb ağır metal konsantrasyonları sırasıyla $0,02\pm0,007$ µg/L, $0,03\pm0,007$ µg/L, $0,02\pm0,005$ µg/L, $0,04\pm0,018$ µg/L, $0,004\pm0,01$ µg/L'dir. Suda Cd ve Ni ağır metallerine rastlanmamıştır. Elde edilen değerler SKKY'ne göre değerlendirilmiştir. Yönetmelikte ağır metaller yönünden birinci sınıf su kalite değerleri 20 µg/L Cr, 100 µg/L Mn, 20 µg/L Cu, 200 µg/L Zn, 10 µg/L Pb olarak belirtilmektedir. Buna göre Kargı Çayı suyunun çalışılan ağır metaller yönünden 1. Sınıf (temiz su) kalitede olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak çalışılan tüm su örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının kaynağa yakın olan 1. İstasyondan Çay'ın denize döküldüğü 5. İstasyona kadar giderek artan konsantrasyonlarda oldukları görülmüştür. Bu da Kargı Çayı'nın önemsiz de olsa ağır metaller yönünden çevresel kirleticilerin baskısı altında olduğunu göstermektedir.

Kargı Çayı sediment örneklerinde belirlenen ortalama Cr, Mn, Ni, Cu, Zn ve Pb ağır metal konsantrasyonları $1,15\pm0,124$ mg/kg Cr, $3,54\pm0,590$ mg/kg Mn, $1,08\pm0,215$ mg/kg Ni, $0,29\pm0,139$ mg/kg Cu, $0,15\pm0,029$ mg/kg Zn, $0,06\pm0,017$ mg/kg Pb'dur. Sedimentteki kirlilik düzeyi, Martin ve Meybeck (1979) tarafından belirtilen "Sedimentte Kontaminasyon Faktörünün (CF)" kirlilik sınıflama yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Elde ettiğimiz CF değerleri Cr için 0,03 Mn için 0,005 Ni için 0,022 Cu için 0,009 Zn için 0,001 Pb için 0,004'tür. Tüm CF değerleri düşük kontaminasyon sınıfında tespit edilmiş olup ($CF<1$) sedimentte Cd ağır metaline rastlanmamıştır. Nijerya'daki Delimi Nehri'nde yapılan çalışmada bu çalışma ile benzer şekilde Cu, Pb ve Zn için $CF<1$ yani düşük kontaminasyon belirlenmiştir (Sabo vd., 2013). Çin'de bulunan sekiz nehirde yapılan çalışmada bulunan Mn, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn kontaminasyon faktör değerleri bu çalışmadan yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar bu çalışmadan farklı olarak bazı nehirlerde Mn, Cr, Ni, Pb ve Zn için yüksek kontaminasyon ($3\leq CF\leq6$), Cu için ise çok yüksek kontaminasyon ($CF>6$) tespit etmişlerdir (Alagarsamy ve Zang, 2005). Hindistan Dikrong Nehri'nde de Cu

kontaminasyon faktör değeri 6'dan büyük bulunmuştur (CF = 12,45) (Chakravarty ve Patgiri, 2011).

Sudaki ağır metal konsantrasyonları mevsimsel olarak incelendiğinde en fazla ortalama konsantrasyonlara kromda kış mevsiminde ($0,03 \pm 0,005 \mu\text{g/L}$), manganda kış ve ilkbaharda ($0,03 \mu\text{g/L}$), çinkoda ilkbaharda ($0,05 \pm 0,02 \mu\text{g/L}$) ve kurşunda yaz mevsiminde ($0,05 \pm 0,02 \mu\text{g/L}$) rastlanılmıştır. Ortalama bakır konsantrasyonları mevsimsel olarak fark göstermemektedir ($0,02 \mu\text{g/L}$). Cr, Mn, Zn ağır metallerine ilkbahar ve/veya kış mevsimlerinde fazla konsantrasyonlarda rastlanması yağışlarla çay etrafından yıkanarak gelen yağmur sularına bağlanabilir. Kurşun elementine yaz mevsiminde en fazla oranda rastlanılmasının nedeni turizm sezonunun başlamasıyla artan taşıt trafiği olarak düşünülmektedir.

Sediment örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel olarak incelenmesi durumunda en fazla ortalama ağır metal miktarları kromda ($1,19 \pm 0,12 \text{ mg/kg}$), nikelde ($1,36 \pm 0,18 \text{ mg/kg}$), bakırda ($0,48 \pm 0,14 \text{ mg/kg}$) ve çinkoda ($1,17 \pm 0,01 \text{ mg/kg}$) ilkbaharda, manganda kış mevsiminde ($4,04 \pm 0,79 \text{ mg/kg}$) belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak da yağışlarla çaya akan yağmur suları ile taşınan atıklar olarak gösterilebilir. Kurşun ise ilkbahar hariç ($0,05 \pm 0,004 \text{ mg/kg}$) genellikle aynı seviyede ($0,07 \text{ mg/kg}$) tespit edilmiştir.

Sediment ve suda kadmiyuma rastlanmaması, çevrede madencilik endüstrisi, pil ve batarya atıklarının bulunmamasından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak; su ve sediment örneklerinde ağır metalleri çok düşük konsantrasyonlarda bulunmuştur. Suda nikel ve kadmiyuma, sedimentte ise sadece kadmiyuma rastlanılmamıştır. Kargı Çayı suyu ağır metaller yönünden SKKY'ye göre I. sınıf bulunmuş olup sediment örneklerinde saptanan CF sonuçları düşük kontaminasyonu ifade etmektedir. Su ve sedimentte bulunan ağır metal konsantrasyonlarının çok düşük miktarda bulunmasında; Kargı Çayı çevresinde sanayi kuruluşlarının bulunmaması, Yanıklar Bölgesi'ndeki çok düşük nüfus miktarı ve balık çiftliklerinde arıtma sistemlerinin bulunması gibi etkenler en önemli faktörlerdir.

Çizelge 4. Sediment Yönünden Literatürlerdeki Veriler İle Bu Çalışma Verilerinin Karşılaştırılması

Lokasyon	Cr mg/kg	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Kaynak
Berdan Çayı	57,81	377,40	167,68	28,38	45,59	4,54	22,82	Özbay vd., (2013)
Sapanca Gölü	19,08	337,80	26,71	26,68	62,01	0,29	15,20	Duman (2005)
Changjiang Nehri	74,45	-	26,02	38,81	80,74	0,08	15,08	Ma vd., (2011)
Gomti Nehri	19,13	263,12	29,80	35,03	51,99	0,34	75,03	Singh vd., (2005)
Pearl Nehri	-	-	-	40,91	80,00	-	59,57	Li vd., (2000)
Euphrates (Fırat) Nehri	58,40	228,18	67,08	18,91	48,00	1,87	22,56	Salah vd., (2012)
Tamagawa Nehri	20,7	-	16,5	16,1	83,1	0,13	17,2	Zakir vd., (2012)
Wuding Nehri	60,71	426,86	29,64	19,00	76,55	0,30	15,60	Longjiang vd., (2011)
Yeşilırmak	---	463,00	79,2	38,7	45,5	0,55	17,3	Mendil vd.,(2010)
Gediz Deltası	76,87	---	28,41	11,78	---	0,10	10,11	Parlak vd., (2006)
Kargı Çayı	1,15	3,54	1,08	0,29	0,15	---	0,06	2014

Çalışılan sediment örneklerinde su örneklerine göre çok daha fazla konsantrasyonlarda ağır metal tespit edilmiştir. Bunun nedeni de ağır metallerin dibe çökme eğiliminde olmaları ve sedimentte yıllar geçtikçe birikmeleridir.. Kargı Çayı'nda diğer nehirlerle göre çok daha az miktarda ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiştir.

Diğer literatürlerle bu çalışmada elde edilen sediment konsantrasyonları karşılaştırıldığında (Çizelge 5.1.);

Krom yönünden bakıldığında Berdan Çayı'nda 57,81 mg/kg, Sapanca Gölü'nde 19,08 mg/kg, Changjiang Nehri'nde 74,45 mg/kg, Gomti Nehri'nde 19,03 mg/kg, Euphrates Nehri'nde 58,40 mg/kg, Tamagawa Nehri'nde 20,7 mg/kg, Wuding Nehrinde 71,91 mg/kg, Gediz Deltası'nda 76,87 mg/kg ve Kargı Çayı'nda 1,15 mg/kg krom saptanmıştır. Yukarıda belirtilen çalışmalara göre sedimentteki en fazla krom konsantrasyonu Gediz Deltası'nda en az ise bu çalışmada (Kargı Çayı) elde edilmiştir.

Mangan açısından Berdan Çayı'nda 377,40 mg/kg, Sapanca Gölü'nde 337,80 mg/kg, Gomti Nehri'nde 263,12 mg/kg, Euphrates Nehri'nde 228,18 mg/kg, Wuding Nehrinde 408,10 mg/kg, Yeşilırmak'ta 463 mg/kg ve Kargı Çayı'nda 3,54 mg/kg mangan bulunmuştur. Çalışmalardaki mangan konsantrasyonları karşılaştırıldığında en fazla mangana İskenderun Körfezi'nde en az mangana ise Kargı Çayı sedimentinde rastlanılmıştır.

Nikel yönünden sediment çalışmaları incelendiğinde Berdan Çayı'nda 167,68 mg/kg, Sapanca Gölü'nde 26,71 mg/kg, Changjiang Nehri'nde 26,02 mg/kg, Gomti Nehri'nde 29,80 mg/kg, Euphrates Nehri'nde 67,08 mg/kg, Tamagawa Nehri'nde 16,5 mg/kg, Wuding Nehrinde 43,59 mg/kg, Yeşilırmak'ta 79,2 mg/kg, Gediz Deltası'nda 28,41 mg/kg ve Kargı Çayı'nda 1,08 mg/kg olarak bulunmuştur. En fazla nikel konsantrasyonuna Berdan Çayı'nda en az ise Kargı Çayı sedimentinde rastlanılmıştır.

Sedimentte bakır yönünden literatürdeki diğer çalışmalar kıyaslandığında Berdan Çayı'nda 28,38 mg/kg, Sapanca Gölü'nde 26,68 mg/kg, Changjiang Nehri'nde 38,81 mg/kg, Gomti Nehri'nde 35,03 mg/kg, Pearl Nehri'nde 40,91 mg/kg, Euphrates Nehri'nde 18,91 mg/kg, Tamagawa Nehri'nde 16,1 mg/kg, Wuding Nehrinde 17,51 mg/kg, Yeşilırmak'ta 38,7 mg/kg, Gediz Deltası'nda 11,78 mg/kg ve Kargı Çayı'nda 0,29 mg/kg olarak bulunmuştur. Sedimentte en fazla nikel konsantrasyonu Pearl Nehri'nde en az ise Kargı Çayı'nda görülmektedir.

Sedimentte çinko konsantrasyonları bakımından durum incelendiğinde Berdan Çayı'nda 45,59 mg/kg, Sapanca Gölü'nde 62,01 mg/kg, Changjiang Nehri'nde 80,74 mg/kg, Gomti Nehri'nde 51,99 mg/kg, Pearl Nehri'nde 80,00 mg/kg, Euphrates Nehri'nde 48,00 mg/kg, Tamagawa Nehri'nde 83,01 mg/kg, Wuding Nehrinde 89,57 mg/kg, Yeşilırmak'ta 45,5 mg/kg ve Kargı Çayı'nda 0,15 mg/kg olarak bulunmuştur. En fazla çinko konsantrasyonu Wuding Nehri sedimentinde en az ise Kargı Çayı sedimentinde bulunmuştur.

Sedimentte kadmiyuma bakıldığında Berdan Çayı'nda 4,54 mg/kg, Sapanca Gölü'nde 0,29 mg/kg, Changjiang Nehri'nde 0,08 mg/kg, Gomti Nehri'nde 0,34 mg/kg, Euphrates Nehri'nde 1,87 mg/kg, Tamagawa Nehri'nde 0,13 mg/kg, Wuding Nehrinde 16,14 mg/kg, İskenderun Körfezi'nde 4,47 mg/kg, Zonguldak'ta 0,47 mg/kg, Yeşilırmak'ta 0,55 mg/kg ve Gediz Deltası'nda 0,10 mg/kg olarak bulunmuştur. Kargı Çayı'nda kadmiyum ağır metale rastlanmamıştır.

Kurşun yönünden sedimentler incelendiğinde Berdan Çayı'nda 22,82 mg/kg, Sapanca Gölü'nde 15,20 mg/kg, Changjiang Nehri'nde 15,08 mg/kg, Gomti Nehri'nde 75,03 mg/kg, Pearl Nehri'nde 59,57 mg/kg, Euphrates Nehri'nde 22,56 mg/kg, Tamagawa Nehri'nde 17,2 mg/kg, Wuding Nehrinde 16,14 mg/kg, Yeşilırmak'ta 17,3 mg/kg, Gediz Deltası'nda 10,11 mg/kg ve Kargı Çayı'nda 0,06 mg/kg olarak bulunmuştur. Çizelge 5.1.'e göre sedimentte en fazla kurşun konsantrasyonu Gomti Nehri'nde en az ise bu çalışmada elde edilmiştir.

Sediment için mevcut çalışmada elde edilen ağır metal konsantrasyonları, diğer çalışmalarda bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında Kargı Çayı sedimentinde bulunan ağır metal konsantrasyonları çok daha az miktarlardadır.

Kargı Çayı'nda suda bulunan ağır metal konsantrasyonları diğer literatürlerle karşılaştırıldığında;

Bu çalışmada elde edilen ortalama krom konsantrasyonu 0,02 µg/L olup Gediz Havzasında 48,9 µg/L (Öner ve Çelik, 2011), Gediz Nehri'nde 105,5 µg/L (Minareci vd.,2004), Dipsiz Çine Çayı'nda 0,09 µg/L (Demirak vd.,2006), Kurmoso Nehri'nde

49 µg/L (Baggio vd.,2012), Kabini Nehri'nde 21,79 µg/L (Hejabi vd.,2011) belirlenen krom konsantrasyonlarından oldukça düşük miktarda bulunmuştur.

Kargı Çayı'nda belirlenen ortalama mangan miktarı ($0,03 \pm 0,007$) Karacaören II Barajı'nda 9,1 µg/L (Kır ve Tumantozlu, 2012), Kovada Gölü'nde 150 µg/L (Kır vd. 2007), Gediz Nehri'nde 7,5 µg/L (Minareci vd.,2004), Kabini Nehri'nde 21,70 µg/L (Hejabi vd. 2011) ve Hazar Gölü'nde 12,5 µg/L (Çalta ve Canpolat, 2002) tespit edilen mangan konsantrasyonlarından oldukça düşüktür.

Sudaki bakır konsantrasyonları açısından ülkemizdeki ve dünyadaki durum incelendiğinde Kargı Çayı'nda belirlenen ortalama bakır konsantrasyonu $0,02 \pm 0,005$ olup bu miktar Gediz Havzası'ndaki 90,2 µg/L (Öner ve Çelik, 2011), Karacaören-II Barajı'ndaki 9,0 µg/L (Kır ve Tumantozlu, 2012), Gediz Nehri'ndeki 16,1 µg/L (Minareci vd.,2004), Kurmoso Nehri'ndeki 3,3 µg/L (Baggio vd.,2012), Dipsiz Çine Çayı'ndaki 0,365 µg/L, Kabini Nehri'ndeki 27,44 µg/L (Hejabi vd. 2011) ve Hazar Gölü'ndeki 3,1 µg/L (Çalta ve Canpolat, 2002) bakır konsantrasyonlarından oldukça düşük seviyededir.

Su örneklerinde belirlenen ortalama çinko miktarı $0,04 \pm 0,018$ 'dir. Elde ettiğimiz bu sonuç Gediz Havzası'nda 208,3 µg/L (Öner ve Çelik, 2011), Karacaören-II Barajı'nda 20 µg/L (Kır ve Tumantozlu, 2012), Kovada Gölü'nde 27 µg/L (Kır vd., 2007), Gediz Nehri'nde 1057,9 µg/L (Minareci vd.,2004), Kurmoso Nehri'nde 0,3 µg/L (Baggio vd.,2012), Dipsiz Çine Çayı'nda 1,051 µg/L, (Demirak vd.,2006), Kabini Nehri'nde 53,95 µg/L (Hejabi vd.,2011) ve Hazar Gölü'nde 97,5 µg/L (Çalta ve Canpolat, 2002) tespit edilen çinko konsantrasyonlarından düşük bulunmuştur.

Sudaki kurşun açısından elde ettiğimiz ortalama kurşun konsantrasyonu ($0,04 \pm 0,01$) benzer şekilde diğer elementlerde olduğu gibi Gediz Havzası'nda 27 µg/L (Öner ve Çelik, 2011), Karacaören-II Barajı'nda 22 µg/L (Kır ve Tumantozlu, 2012), Gediz Nehri'nde 218,3 µg/L (Minareci vd.,2004), Kurmoso Nehrin'de 50 µg/L (Baggio vd.,2012) ve Dipsiz Çine Çayı'nda 0,405µg/L (Demirak vd.,2006) belirlenen kurşun miktarlarının altında kalmıştır.

Kargı Çayı suyunda kadmiyum ve nikele rastlanmamıştır.

Çalışmada elde ettiğimiz en düşük ve en yüksek fiziko-kimyasal parametre değerleri sıcaklık 12,8-21,9°C, TDS 0,184-0,302 g/L, %D.O. 61,3-151,6, D.O. 6,05-13,64 mg/L ve pH 6,29-9,13 olarak bulunmuştur. Çalışılan parametreler yönünden elde edilen verilere göre sucul hayatı tehdit edecek bir unsur tespit edilmemiştir.

Kargı Çayı'nda elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla karşılaştırılması sonucunda; Bu çalışmada elde edilen ortalama pH seviyeleri 6,29-9,13 arasındadır. Gomti Nehri'nde (Singh, 2005) 8,40, Emiralem Deresi'nde (Sukatar vd.,2006) 8,34-8,63, Mumcular Barajı'nda (Yılmaz, 2004) 7,9-9,0, Gediz Nehri Manisa Bölümü'nde (Kayar ve Çelik, 2003) 8,34; Akçay'da (Büyük Menderes-Muğla) (Barlas vd.,2007) 8,0-8,3, Gediz Havzası Nif Çayı'nda (Öner ve Çelik, 2011) 7,50; Karacaören-II Barajı'nda (Kır ve Tumantozlu, 2012) 7,42-8,02 bu çalışma ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Furmoso Nehri'nde (Baggio, 2012) 4,98-6,32 bu çalışmadan düşük pH değerleri tespit edilmiştir.

Kargı Çayı'nda belirlenen sıcaklık değerleri 12,8-21,9°C'dir. Benzer şekilde Gediz Havzası Nif Çayı'nda (Öner ve Çelik, 2011) 11,7-21,4°C; Emiralem Deresi'nde (Sukatar vd.,2006) 18,2-20,0°C; Akçay'da (Büyük Menderes-Muğla) (Barlas vd., 2007) 15,6-20,1°C sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Bu çalışmanın aksine Furmoso Nehri'nde (Baggio, 2012) 23,7-30,1°C; Mumcular Barajı'nda (Yılmaz, 2004) 13-33,5°C; Maraş Aksu Çayı'nda (Toroğlu vd.,2006) 7,3-27,9°C yüksek sıcaklık değerleri belirlenmiştir.

Kargı Çayı'nda belirlenen çözünmüş oksijen miktarı 6,05-13,64 mg/L aralığındadır. Mumcular Barajı'nda (Yılmaz, 2004) 7,3 mg/L; Emiralem Deresi'nde (Sukatar vd., 2006) 7,7-9,46 mg/L; Akçay'da (Büyük Menderes-Muğla) (Barlas vd.,2007) 7,4-9,1 mg/L benzer sonuçlar alınmıştır. Ancak Gediz Nehri Manisa Bölümü'nde (Kayar ve Çelik, 2003) 3,5 mg/L; Furmoso Nehri'nde (Baggio, 2012) 4,1 mg/L sucul ekosistemde canlılığı etkileyebilecek kadar düşük seviyelerde çözünmüş oksijen belirlenmiştir.

Kirlilik tespiti çalışmalarının tüm Kargı Çayı boyunca belirli periyotlarda sürekli yapılması, otel ve evsel arıtmaların ciddi bir şekilde denetlenmesi, arıtmasız faaliyet

gösteren balık çiftliklerinin kapatılması veya alternatif ucuz arıtma sistemlerinin geliştirilmesi, özellikle akü, boya, elektrik ve elektronik eşyalar gibi ağır metal içeren atıklarının atılmaması için halkın bilinçlendirilmesi gibi önlemler alındığı takdirde, Kargı Çayı'nın geleceği garanti altına alınmış olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Akçelik, Ö. (2008) *Ağır Metallerin Saccharomyces cerevisiae Mikroorganizmasıyla Biyosorpsiyonunun Ortam Koşullarına Bağlı Olarak İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 229s
- Akın, G. ve Akın M., (2007) *Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği*, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 47,105-118, Ankara.
- Aksoy, S. (2008) *Farklı Boy Gruplarında Fitoplanktonik Organizmalar Kullanılarak Atıksulardan Cr 6+Biyosorpsiyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 76s.
- Alagarsamy, R. ve Zhang, J. (2005) *Comparative Studies On Trace Metal Geochemistry in Indian and Chinese Rivers*. National institute of oceanography, esat china normal university, 299-309.
- Alkorta, I., Hernández-Allica Becerril, J.M., Amezaga, I., Albizu, I. ve Garbisu, C. (2004) *Recent Findings on the Phytoremediation of Soils Contaminated with Environmentally Toxic Heavy Metals and Metalloids Such as Zinc, Cadmium, Lead, and Arsenic*, Rev. Environ. Sci. Biotechnol , 3: 71-90
- Anonim (2004), T.C. Resmi Gazete, *Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY)*, 25687.
- Anonim (2006), Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, *Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu*, 2006.
- Anonim (2007), www.cevreonline.com, *Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Kirlilik*.
- Anonim (2011), web.ogm.gov.tr, Orman Genel Müdürlüğü.
- Anonim (2013), www.frmartuklu.net/doga-ve-bitkiler, *Akarsu Nedir ve Özellikleri*.
- Anonim (2014), Su ve Toprak Yönetimi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

- Ansari, A.A., Singh, M. ve Müller, G. (1996) *Heavy Metal in Freshly Deposited Sediments of the Gomati River: Effect of Human Activities*, Hindistan, 7s.
- Argese, E.C., Bettiol, C., Rigo, S., Bertini, S., Colomban P., Ghetti, F., (2005) *Distribution Of Arsenic Compound In Mytilus Galloprovincialis Of The Venice Lagoon, Italy*. Science of the Total Environment, 15: 267- 277.
- Atila, P. (2009) *Mısır'ın Cr(VI) Biriktirme Kapasitesinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 65s.
- Baggio, H. ve Horn, H.A. (2012) *Natural and Anthropogenic Contributions to concentration and Distribution of Heavy Metals in Surface Water and in Stream Sediments in the Formoso River, Buritizeiro Municipality – Minas Gerais State, Brazil*, Department of Geography. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, BRAZIL.
- Barlas, M., Solak, C.N., ve Pabuçcu, K. (2007) *Akçay'ın (Büyük Menderes-Muğla) Bacillariophyta Dışındaki Epilitik Algleri*. Muğla Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 48000 Muğla, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Tokat.
- Barnhart, J (1997) *Chromium chemistry and implications for environmental fate and toxicity*, American Chrome & Chemicals, 3900 Buddy Lawrence Drive, Corpus Christi, TX, 78469
- Campanella, L., Conti, M. E., Cubadda, F. ve Sucapane, C. (2001) *Trace Metals in Seagrass, Algae and Mollusks From an Uncontaminated Area in The Mediterranean. Environmental Pollution*, 111:117-126
- Chakravarty, M., ve Patgiri, A.D. (2009) *Metal Pollution Assessment In Sediment of the Dikrong River, N.E. India*. Departman of geological, cotton collage, guwahati, assam, India, 63-67.
- Chen, Z., Meng, H., Xing, G., Chen, C., Zhao, Y., Jia, G., Wang, T., Yuan, H., Ye, C., Zhao, F., Chai, Z., Zhu, C., Fang, X., Ma, B., Wan, L. (2006) *Acute Toxicological Effects Of Copper Nanoparticles In Vivo*, Toxicological Letters, 163(2): 109-120.

- Cicik (2003), *Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (Cyprinus carpio)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri*, Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yenişehir Kampüsü, C Blok, Mersin.
- Çalta, M., ve Canpolat, Ö. (2002) *Hazar Gölü'nden Yakalanan Capoeta capoeta umbla (Heckel, 1843)'da Bazı Ağır Metal Miktarlarının Tespiti*, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü, F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(1), 225-230, 2002.
- Çavuşoğlu, K., Kılıç, S. Ve Kılıç, M. (2009) *Effects of Lead Pollution Caused by Vehicles on The Anatomy of Pine (Pinus nigra) Am. Subsp. (Pallasiana) and Cedar (Cedrus libani) Leaves*, BioDiCon,2(3):92-98.
- Çoban, B. (2009) *Heavy metal levels in sea water and sediments of Zonguldak, Turkey* Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment 15.1
- De Conto Cinier, C., Ramel., M.P. Faure., R. Garin D., Bouvet, Y. (1999) *Kinetics Of Cd Accumulation and Elimination in Carp (Cyprinus Carpio) Tissues. Comparative Biochemistry and Physiology*, 122: 345-352.
- Demirak, A., Yılmaz, F., Tuna, A.L. ve Özdemir, N. (2006) *Heavy Metals İn Water, Sediment And Tissues Of Leuciscus cephalus From a Stream in Southwestern Turkey*. Faculty of Science and Arts, Chemistry Department, Mugla University, 48000 Mugla, Turkey.
- Denizli, A. ve Yavuz, H. (2001) *Ağır Metal Toksikolojisi*, Standart Dergisi, 2001; 477: 76-82.
- Denkhaus, E., Salnikow, K. (2002) *Nickel Essentiality, Toxicity, And Carcinogenicity*, Critical Reviews in Oncology/Hematology, 42: 35-56.
- Duman, F. (2005) *Sapanca ve Abant Gölü Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 253s.
- Eisler, R. (1988) *Lead Hazards To Fish, Wildlife, And İnvertebrates: A Synoptic Review*. U.S. Fish Wildlife Service, Biplogical Report 85 (1.14).
- Fosmire, G.J. (1990) *Zinc Toxicity*. American Journal of Clinical Nutrition, 51, 225-227

- Hejabi, T., Basavarajabba, H.T., Monavari, S.M. ve Karbassi, A.R. (2011) *Heavy Metal Pollution in Water and Sediments in the Kabini River, Kamataka, India*. Published online: 8 January 2011.
- Jain, C.K., Singhal, D.C., ve Sharma, M.K. (2004) *Adsorption Of Zinc On Bed Sediment Of River Hindon: Adsorption Models And Kinetics*. National Institute of Hydrology, Environmental Hydrology Division, Indian Institute of Technology, India, 231-239.
- Järup, L. (2003) *Hazard of Heavy Metal Contamination*, Department of Epidemiology and public Health, Imperial Collage, London, UK.
- Ji, J., Ma, H., ve Hua, J. (2010) *Speciation and Phytoavailability of Heavy Metals in Sediments in Nanjing Section of Changjiang River*, Çin, 9s.
- Kacar, B. ve Katkat, V. (2006) *Bitki Besleme*. Nobel Yayın No:849
- Kahvecioğlu, Ö. ve Kartal, G. ve Güven, A. (2009) *Metallerin Çevresel Etkileri*, İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Kanışkan, N. ve Açikkalp, E., Caner, N., Güven, A. (1996) *Temel Kimya*, Ed.: Zor, L., Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 672, Eskişehir.
- Kayar, V. ve Çelik, A. (2003) Gediz Nehri Kimi Kirlilik Parametrelerinin Tayini Ve Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 47:17-22.
- Kılıç, S., Çavuşoğlu, K. ve Kılıç, M. (2009) *The Effects of Lead (Pb) Pollution Caused by Vehicles on The Pollen Germination and Pollen Tube Growth of Apricot (Prunus Armeniaca Cv. Sekerpare)*, BioDiCon, 2 (3): 23-28.
- Kır, I. ve Tumantozlu, H. (2012) *Karacaören-2 Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment ve Sazan (Cyprinus carpio) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi*. *Ekoloji* 21, 82, 65-70.
- Kwon, T. T. ve Lee, C. W. (2001) *Ecological Risk Assessment of Sediment in Wastewater Discharging Area by Means of Metal Speciation*. *Microchemical Journal*, 70:255-264.

- Li, X. ve Wai, W.A. ve Coles, B.J. (2000) *Heavy Metal Distribution in Sediment Profiles of the Pearl River Estuary*, Hong Kong University, Department of Civil and Structural Engineering, Güney Kore, 15s.
- Liu, S., Wang, C., ve Zhao, Q. (2012) *Spatial Variation and Contamination Assessment of Heavy Metal in Sediments in Manwan Reservoir Lancang River*, State Key Laboratory of Water Environment of Simulation, Beijing Normal University, Çin, 32s.
- Longjiang, M., Qiang, F., Duowen, M., Ke, H., Jinghong, Y. (2011) *Contamination Assessment of Heavy Metal in Surface Sediments of The Wuding River, Northern China*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 290: 409-414.
- Ma, H., Hua, Li., ve Ji, J. (2011) *Speciation and Phytoavailability of Heavy Metals in Sediments in Nanjing Section of Changjiang River*. College of Resource and Environment, Shaanxi University of Science and Technology, China.
- Malkoç, E. ve Nuhoglu, Y. (2006) *Palamut Meşesi (Quercus İthaburensis) Atığı İle Sabit Yataklı Kolonda Cr(VI) Biyosorpsiyonu Cr(VI) Biosorption by Waste Acorn of Quercus İthaburensis in Fixed Beds*, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8 (2) : 31-45
- Mansour, S.A. and Sidky, M.M. (2002) *Ecotoxicological Studies. 3. Heavy Metals Contaminating Water and Fish From Fayoum Governorate, Egypt*. Food Chemistry, 78:15-22, Mısır.
- Martin, J.M., ve Meybeck, M. (1979) *Elemental Mass Balance of Metarials Carried by Major World Rivers*. Mar Chem, 7: 173-206.
- Mendil, D., Ünal, Ö.F., ve Tüzen, M. (2010) *Determination Of Trace Metals In Different Fish Species And Sediments From River Yeşilırmak In Tokat, Turkey*. Food and Chemical Toxicology, 48(5): 1383-1392.
- Mertz, W. (1993) *Essential Trace Metals: New Definitions Based on New Paradigms. Nutrition*. United States Department of Agriculture Human Nutrition Research Center at Beltsville, Maryland, USA
- Minareci, O., Öztürk, M. ve Minareci, E. (2004) *Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisinin, Gediz Nehrinin Ağır Metal Kirliliğine Olan Etkilerinin Belirlenmesi*. Trakya Univ J Sci, 5(2): 135-139.

- Nogawa, K., Kobayashi, E. ve Okubo, Y. (2004) *Environmental Cadmium Exposure, Adverse Effects, And Preventative Measures In Japan*, Biometals 17 (5): 581–587.
- Owamah., H.I. (2013) *Heavy Metal Determination and Assessment in a Petroleum Impacted River in the Niger Delta Region of Nigeria*, Department of Civil Engineering, Landmark University, Niyerja, 6s.
- Öner, Ö., ve Çelik, A. (2011) *Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Atıksu Laboratuvarı, İzmir.
- Özan, S.T., Kır, I. ve Tuncay, Y. (2007) *Kovada Gölü'nün Su ve Sedimentindeki Bazı Ağır Metallerin Mevsimsel Değişimi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Isparta, Bahçelievler İlköğretim Okulu, Isparta.
- Özbay, O., Göksu, M.Z., Alp, M.T ve Sungur, M.A. (2013) *Berdan Çayı (Tarsus-Mersin) Sedimentinde Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması*, Çukurova Üniversitesi Faculty of Fisheries, Adana, 7s.
- Özberk, E., Collins, M.J., Masters, I.M., Krysa, B.D. ve Desroches, G.J. (1995) *Deportment Of Selected Minor Elements At The HBMS Zinc Pressure Leach Plan*, Sheritt Inc., Fort Saskatchewan AB, Canada.
- Özek, E. (1994) *Tarımdan Kaynaklanan Çevre Kirlenmesi ve Simülasyon Çalışmaları*, Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni ABD, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 79 s.
- Parlak, H., Çakır, A., Boyacıoğlu, M., Arlan, Ö. (2006) *Heavy Metal Deposition in Sediments from the Delta of the Gediz River (Western Turkey): A Preliminary Study*. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 23:445-448.
- Patterson, K.Y., Holbrook, J.t., Bodner, J.E., Kelsay, J.L., Smith, J.C., Veillon, C. (1984) *Zinc, Copper, And Manganese İntake And Balance For Adults Consuming Self-Selected Diets*, The American Journal of Clinical Nutrition, 40: 1397-1403.
- Sabo, A., Gani, A.M., ve Ibrahim A.Q. (2013) *Pollution Status Of Heavy Metal in Water and Bottom Sediment Of River Delimi Jos, Nigeria*. Biological Sciences Programme, Abubakar Tafawa Balewa University, Nijerya.

- Sağlam, N. ve Cihangir, N. (1995) *Ağır Metallerin Biyolojik Süreçlerle Biyosorpsiyonu Çalışmaları*, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 11: 157-161.
- Saha, P.K., ve Hossain, M.D. (2011) *Assessment of Heavy Metal Contamination and Sediment Quality in the Buriganga River, Bangladesh*. Bangladesh University of Engineering, 384-388.
- Salah, A.M., Zaidan, T., ve Al-Rawi, A. (2012) *Assessment of Heavy Metals Pollution in the Sediments of Euphrates River, Iraq*. Department of Applied Geology, College of Science, University of Anbar, Ramadi, Irak.
- Sarı, B. (2005) *Metalik Sanayi Atık Çamurlardan Ağır Metal Gideriminde Biyoliç Yönteminin Kullanılması*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 112s.
- Shanker, A.K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H. ve Avudainayagam, S. (2005) *Chromium toxicity in plants*. Environment International (In Press).
- Sheykhi, V. Ve Moore, F. (2012) *Evaluation of Potentially Toxic Metal Pollution in the Sediments of The Kor River, Southwest Iran*, Department of Earth Sciences, Collage of Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran.
- Shikazono, N., Otomo, K., ve Mohiuddin, K.M. (2011) *Heavy Metals Contamination In Water and Sediments of an Urban River in a Developing Country*. Laboratory of Geochemistry, School of Science for Open and Environmental Systems, Graduate School of Science and Technology, Keio University, Yokohama, Japan.
- Singh, K.P., Mohan, D., Singh, V.K. ve Malik, A. (2005) Studies on Distribution and Fractionation of Heavy Metals in Gomti River Sediments-a Tributary of the Ganges, India, *Journal of Hydrology*, 312(1-4): 14-27.
- Song, Y., Ji, J., ve Mao, C. (2010) *Geochemical Behavior Assessment and Apportionment of Heavy Metal Contaminants in the Bottom sediments of Lower Reach of Changjiang River*, Institute of Surficial Geochemistry, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Çin, 73s.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., ve Sönmez, S. (2008) *Kimyasal Gübrelerin Çevre Kirliliği Üzerine Etkileri ve Çözüm Önerileri*, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi 25(2):24-34, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Antalya.

- Sukatar, A., Barlas, M., Yorulmaz, B., ve Ayaz, D. (2006) *Emiralem Deresi'nin (İzmir-Menemen) Bazı Fiziko-kimyasal ve Biyolojik (Bentik Makroomurgasızlar) Özelliklerinin İncelenmesi*, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji A.b.d./İzmir, Muğla Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü / Muğla
- Toroğlu, E., Toroğlu, S., ve Alaeddinoğlu, F. (2006) *Aksu Çayı'nda (Kahraman Maraş) Akarsu Kirliliği Water Pollution In The Aksu River*, K.S.Ü., Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kahraman Maraş, K.S.Ü., Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kahraman Maraş, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Van
- Türkmen, A., Aras, S. (2002) *İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu ve Sedimentte Oluşan Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi*. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 2 (1), 1-23.
- WHO (1982a) *Toxicological Evaluation Of Certain Food Additives*, Joint FAO/WHO expert committee on food additives, WHO food additives series No: 7, Geneva.
- Underwood, E.J. (1977) *Trace Elements in Human Nutrition*. 4th Edn., Academic Press, New York, pp: 545.
- Yılmaz, F. (2004) *Mumcular Barajı (Muğla-Bodrum)'nın Fiziko-Kimyasal Özellikleri*, Muğla Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kötekli - Muğla
- Yücel, E., Hatipoğlu, A., Sözen, E. Ve Güner, T.Ş. (2008) *The Effects of The Lead on Mitotic Cell Division of Anatolian Black Pine (Pinus nigra)*, BioDiCon,1(2):124-129.
- Zakir, H.M., Nakano, T., Mohiuddin, K.M., Tatewaki, K., ve Shikazono, N. (2012) *Sources, Spatial Variation and Speciation of Heavy Metals in Sediments of The Tamagawa River in Central Japan*. Department of Applied Chemistry, School of Science for Open and Environmental Systems, Graduate School of Science and Technology, Keio University, Japonya.

7. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Berat Yavuz YİĞİT
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara / 23.04.1986
Medeni Hali : Bekar
Telefon : 0 505 952 3706
E-posta : yavuz283@hotmail.com

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Mamak Anadolu Lisesi	2004
Lisans	Muğla Üniversitesi	2012

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon/görev
2006-2011	Muğla	Turizm / Organizasyon
2006-2011	Muğla	Garson

Yabancı Dil(ler)

Dil (İngilizce, vs)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma			x
Konuşma		X	
Anlama		X	
Okuma			x

Hobiler

1. Yüzme,
2. İnternet,
3. Balık tutmak,
4. Futbol,
5. Kitap- dergi okumak.