

T.C.

MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

AFYONKARAHİSAR İLİNDEKİ ORGANİZE SANAYİ
VE JEOTERMAL TURİZM TESİSLERİNDEN
KAYNAKLANMA OLASILIĞI OLAN AĞIR METAL VE
BOR KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHAMMED ÖZKUL

HAZİRAN 2013
MUĞLA

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

AFYONKARAHİSAR İLİNDEKİ ORGANİZE SANAYİ
VE JEOTERMAL TURİZM TESİSLERİNDEN
KAYNAKLANMA OLASILIĞI OLAN AĞIR METAL VE
BOR KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUHAMMED ÖZKUL

HAZİRAN 2013

MUĞLA

MUGLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

MUHAMMED ÖZKUL tarafından hazırlanan **AFYONKARAHİSAR İLİNDEKİ ORGANİZE SANAYİ VE JEOTERMAL TURİZM TESİSLERİNDEN KAYNAKLANMA OLASILIĞI OLAN AĞIR METAL VE BOR KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI** başlıklı tezin, 10/06/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof. Dr. İbrahim YOKAŞ (**Jüri Başkanı**)

Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü,
Ortaca M.Y.O., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Doç. Dr. Atilla Levent TUNA (**Danışman**)

Biyoloji Ana Bilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Yard. Doç. Dr. Bülent YAĞMUR (**Üye**)

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı,
Ziraat Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir

İmza:

İmza:

İmza:

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Hasan Sungur CİVELEK

Biyoloji Ana Bilim Dalı Başkanı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Doç. Dr. Atilla Levent TUNA

Danışman, Biyoloji Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

İmza:

İmza:

Savunma Tarihi: 10/06/2013

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat 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.

Muhammed ÖZKUL

10/06/2013

ÖZET

Afyonkarahisar İlindeki Organize Sanayi ve Jeotermal Turizm Tesislerinden Kaynaklanma Olasılığı Olan Ağır Metal ve Bor Kirliliğinin Araştırılması

Muhammed ÖZKUL

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Atilla Levent TUNA

Haziran 2013, 62 sayfa

Toprakların ağır metaller ve bor ile kirlenmesi ve bitkilerin de bu kirlenmeden etkilenmesi biyolojik süreçte canlı sağlığı üzerine de olumsuz etki yapmaktadır. Bu çalışmada Afyonkarahisar'da 3 adet jeotermal bölgede (Sandıklı, Gazlıgöl, Ömer-Gecek) ve 2 adet sanayi bölgesinde (Afyonkarahisar organize sanayi bölgesi ve Bolvadin küçük sanayi sitesi) bulunan topraklar ve bu topraklarda yetiştirilen bitkilerde B, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb analizleri yapılmıştır. Her bölgeden 8'er bitki yaprağı ve 4'er toprak örneğı alınarak toplam 40 adet bitki yaprağı ve 20 adet toprak örneğı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, araştırmanın yürütüldüğü alanlarda, incelenen ağır metaller yönünden önemli oranda bir kirlenmenin olmadığını göstermektedir. Ancak Bor kirlenmesi yönünden toprak ve bitkilerin tehdit altında olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Afyonkarahisar, Ağır Metal, Bor, Jeotermal, Toprak Kirliliğı

ABSTRACT

Investigation of heavy metal and boron pollution potentially originated by organized industry and geothermal tourism facilities in the Afyonkarahisar city

Muhammed ÖZKUL

Master of Science (M.Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Atilla Levent TUNA

June 2013, 62 pages

Contaminations of soils with heavy metals and boron and affected plants by this pollution have also negative impact on living organism health in biological process. In this study, B, Cr, Co, Ni, Cu, , Zn, As, Cd and Pb were determined in the soil and plant samples grown in these soils at three geothermal area (Sandıklı, Gazlıgöl, Ömer-Gecek) and two industrial zones (Afyonkarahisar organized industrial zones and Bolvadin small industrial sites) in Afyonkarahisar. Total 40 plant leaves and 20 soil samples analyzed and 8 plant leaves and 4 soil samples from each region were collected. Obtained results of this study show that in terms of examined heavy metals, there is no significant pollution in the research areas is being carried out. However, in terms of boron pollution, it was concluded that the soil and the plants are under threat.

Keywords: Afyonkarahisar, Heavy Metal, Boron, Geothermal, Soil Pollution

ÖNSÖZ

Danışman hocam Doç. Dr. Atilla Levent TUNA 'ya çalışmalarım sırasında göstermiş olduğu kolaylıklar ve bilimsel bir çalışmanın ve düşünmenin temellerini öğrettiği ve tez sürecinde bizzat Afyonkarahisar'a gelip saha çalışmalarına ışık tuttuğu için teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin oluşmasına sağladığı katkılarından dolayı Afyonkarahisar Belediye Başkanı Av. Burhanettin ÇOBAN'a, Afyonkarahisar Belediyesine ve Afyonkarahisar Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürü Erol BULUT'a şükranlarımı sunarım.

Ayrıca çalışmamın tüm aşamalarında beni destekleyen aileme, saha çalışmalarında yardımcı olan Serdar, Seydi, Salih, Samet, Mehmet Can ve Yasemin arkadaşlarıma minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Bu tez çalışması, BAP-12-80 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1.GİRİŞ	1
2.AMAÇ VE KAPSAM	4
2.1.Ağır Metaller.....	9
2.1.1.Zn (Çinko)	9
2.1.2.Cu (Bakır).....	10
2.1.3.Cd (Kadmiyum).....	11
2.1.4.Pb (Kurşun)	12
2.1.5.Ni (Nikel)	13
2.1.6.Cr (Krom).....	14
2.1.7.As (Arsenik)	15
2.1.8.Co (Kobalt).....	16
2.1.9.B (Bor)	16
3.MATERYAL- YÖNTEM	18
3.1.Materyal.....	18
3.2.Yöntem	18
3.2.1.Toprak Örneklerinde Ağır Metal ve Bor Analizleri ile pH Tayini.....	19
3.2.2.Bitki Örneklerinde Ağır Metal ve Bor Analizleri.....	19
4.BULGULAR	20
5.TARTIŞMA	32
5.1.Krom (Cr)	32
5.2.Kobalt (Co)	34
5.3.Nikel (Ni).....	35
5.4.Bakır (Cu)	38
5.5.Çinko (Zn)	40
5.6.Arsenik (AS).....	42
5.7.Kadmiyum (Cd)	44

5.8.Kurşun (Pb).....	47
5.9.Bor (B).....	49
6.SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye'deki Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı...	1
Çizelge 4.1. Toprak Örneği Alınan Lokasyonların Koordinatları ve Örnek Yerleri..	20
Çizelge 4.2. Yaprak Örneği Alınan Lokasyonların Koordinatları ve Örnek Yerleri..	21
Çizelge 4.3. Toprak Örneklerinin Ağır Metal ve Bor Kapsamları ile pH Seviyeleri..	23
Çizelge 4.4. Bitki Örneklerinin Ağır Metal ve Bor Kapsamları.....	24

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Afyonkarahisar İli Mevcut ve Alternatif Jeotermal Alanları.....	5
Şekil 3.1. Çalışmanın Yapıldığı Bölgeler.....	18
Şekil 4.1. Sandıklı Jeotermal Sahası Atık Suyu Deşarj Noktası.....	25
Şekil 4.2. Sandıklı'da Jeotermal Atıkların Karıştığı Akarsudan Tarla Sulama için Su Çeken Düzenek.....	26
Şekil 4.3. Bolvadin Avşar Emaye Fabrikası Atık Su Deşarj Noktası - Develi Çayı.....	26
Şekil 4.4. Bolvadin Develi Çayı'na Et Entegre Tesisi Atık Su Deşarjı.....	27
Şekil 4.5. Emaye ve Et Entegre Tesislerinin Atıklarının Karıştığı Develi Çayı'ndan Tarla Sulama İçin Su Çekilen Düzenek.....	27
Şekil 4.6. Gazlıgöl Jeotermal Sahasında Termal Atık Suların Deşarj Noktası.....	28
Şekil 4.7. Gazlıgöl 'de Termal Tesislerle Yan Yana Buğday Tarlası.....	28
Şekil 4.8. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Sınırında Tarlalar.....	29
Şekil 4.9. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Sınırında Şeker Pancarı Tarlası.....	29
Şekil 4.10. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Sınırında Domates Tarlası.....	30
Şekil 4.11. Ömer-Gecek Jeotermal Sahasında Şeker Pancarı ve Arpa Tarlası.....	30
Şekil 4.12. Akarçay Nehri'nden Tarla Sulama İçin Su Çekilen Düzenek.....	31

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ppm	Parts Per Million (Milyonda Bir Birim)
O.S.B.	Organize Sanayi Bölgesi
mg	Miligram
mM	Milimolar
g	Gram
L	Litre
μm	Mikrometre

1. GİRİŞ

Afyonkarahisar ili 1.423.000 ha yüzölçümü ve 187.000 il merkezi nüfusu (2013) ile gerek tarım ve gerekse turizm potansiyeli bakımından gelişmekte olan bir ilimizdir. Afyonkarahisar, ülkemizdeki coğrafi konumuna rağmen yıllarca sanayileşme sürecine girememiştir. Son yıllarda, özel sektörün de yatırımlara yönelmesiyle sanayileşmede yeni bir döneme girmiştir. Ayrıca termal turizm yatırımlarının da hızlanması, il ekonomisinin sektörel düzeyde çeşitlenmesine ve zenginleşmesine katkı sağlamaktadır. Yatırımların son zamanlarda yükselen bir ivme göstermesiyle çevre kirliliğine neden olabilecek tesislerin sayısında da artış olmuştur. Şehir merkezinde kirlilik için gerekli önlemlerin alınmasına rağmen ilçelerde bulunan tesislerde yeterli önlemler henüz alınmamıştır.

Sürdürülebilir bir enerji kaynağı olan jeotermal enerji farklı alanlarda kullanılmaktadır (Çizelge 1.1). Tüm ülkemiz ile birlikte Afyonkarahisar'da da bu temiz enerji kaynağının kullanım oranının artırılması, fosil yakıtlara alternatif olarak düşünülmeli ve planlanmalıdır. Afyonkarahisar'da konut ve tesislerin ısıtılması ile seracılık ve termal turizm tesislerinde kullanılan jeotermal enerjiden daha fazla faydalanılmalı, fakat çevreye zarar vermemesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

Çizelge 1.1. Türkiye'deki Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı (Kervankıran, 2012)

Kullanım	2007 Hedefi	2013 Hedefi
Elektrik	22,4 MWe	550 Mwe
Konut ve Tesis	671 Mwt	4000 Mwt
Termal	402 Mwt	1100 Mwt
Seracılık	232 Mwt	1700 Mwt
Soğutma	300 Mwt
Kurutma	500 Mwt
Diğer alanlar	400 Mwt
Toplam	1306 Mwt	8000 Mwt

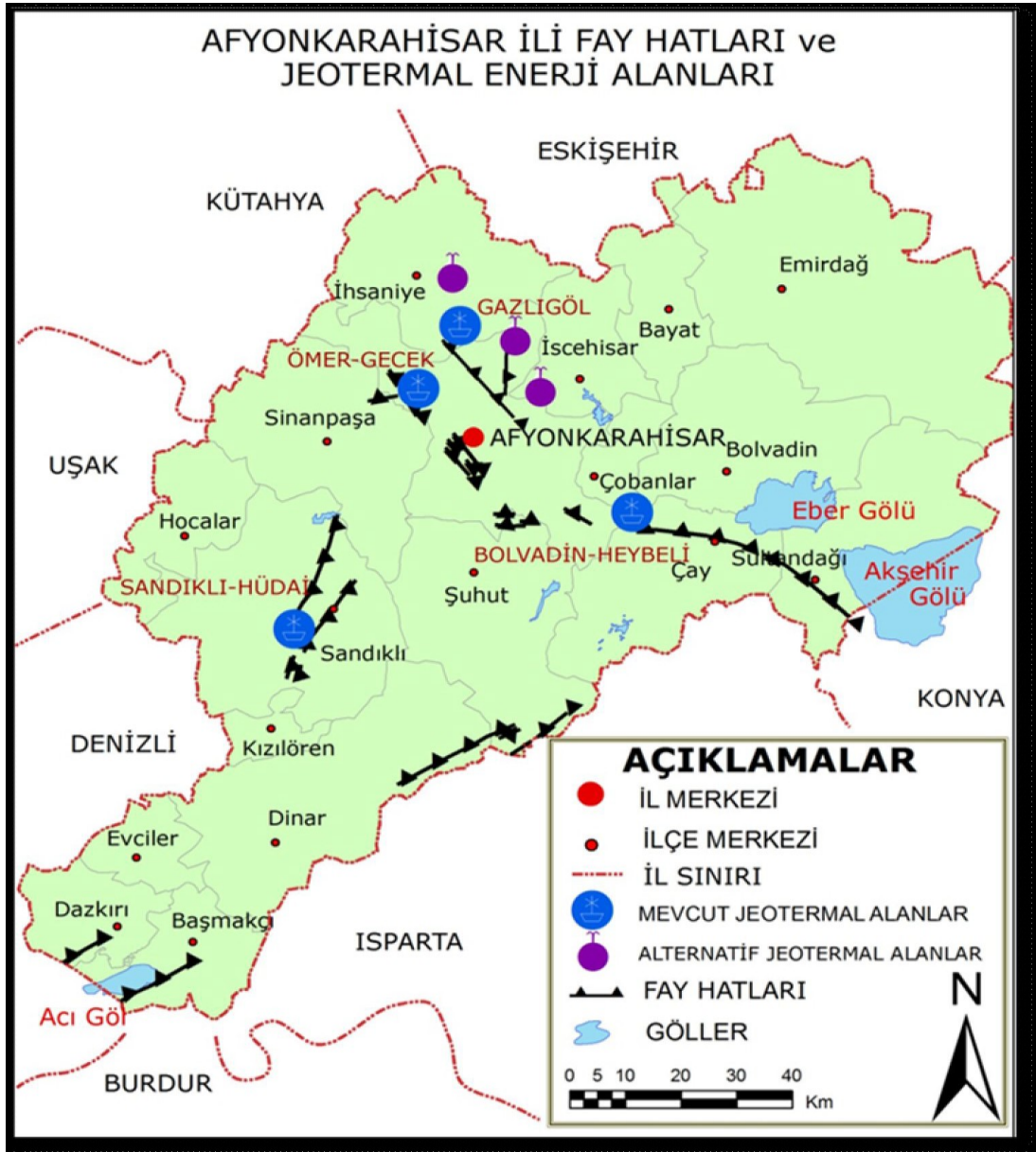
İnsan sağlığı üzerinde en önemli belirleyicilerden biri çevredir. İnsan eliyle olan faaliyetler ve doğal etkileşimler insan sağlığı üzerinde genellikle olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Çevre kirliliği hava, toprak ve su kirliliği olarak üçlü bir çember içerisinde oluşmakta ve sonuçta insanın da dahil olduğu tüm ekosistemi etkilemektedir. Metaller ve ağır metallere bağlı etkileşimler madencilik ve sanayi faaliyetlerinin artması ile son birkaç yüzyılda giderek daha fazla oranda gündemimizde kendine yer bulmaktadır. Ağır metallerin sebep olduğu çevre kirliliği, su, hava ve doğrudan toprak kirliliğine yol açan madencilik çalışmaları, gübre ve pestisitler, hidrokarbon yanma ürünleri ve sanayi atıkları ile toprağa ulaşabilmektedir. Sonuçta ağır metaller, kirlenmiş topraklarda yapılan bitkisel üretimler ve meraların da kirlenmesi ile gıda zincirine dahil olmakta, tüm canlı sistemlerini etkilediği gibi insan sağlığını da olumsuz olarak etkilemektedir. İnsanların ağır metallerle etkileşimi toprakla teması sonucu doğrudan alım ya da bitkisel veya hayvansal ürünler yolu ile olmaktadır. Başlıca toprak kirleticisi ağır metaller Cd, Cr, Hg, Pb, Cu ve Zn'dir. Bu ağır metaller bitki dokularında birikerek gıda zinciri içerisinde, hayvan yemi ve besin maddelerine girmektedir. Ağır metal bulaşan bitkiler de hayvanların besin zincirine girerek hayvan etine ve sütüne de geçerek dolaylı yönden besin maddelerine dahil olmaktadır. Toksik etkili kentsel atıklardan kaynaklanan ağır metaller, özellikle bakır (Cu), çinko (Zn), nikel (Ni) ve kurşun (Pb) toprak yüzeyine yüksek konsantrasyonlarda lağım suyu içeren sulu çamur içerisinde bırakılırlar (Schmidt, 1997). Bor elementinin (B) organik bileşiklerle yaptığı kompleksler hidroksil grupları ihtiva eder ve şekerler, polisakkaritler, piridoksin, dehidroaskorbik asit, riboflavin ve piridin nükleotidler gibi bileşiklerle etkileşime girebilir. Borik asit ve boraks içermeyen bor bileşikleri ise son derece kararsız olup, toksik etkileri olan bileşiklerdir. Bor elementi tarım topraklarında da toprak kirlenmesi açısından önemli etmenlerden bir tanesidir (Gregory ve Kelly, 1997; Saygıdeğer-Demir, 2005). Her bakımdan zehirleyici özelliğe sahip olan ağır metaller çeşitli kaynaklardan çevreye yayılmakta ve günümüzde çevre kirliliğinin önemli nedenlerinden birini oluşturmaktadır (Goyer, 1991). Bu ağır metaller gıda zinciri içerisine taşınabilir, yüksek toksik madde içermelerinden dolayı, insan ve hayvan sağlığı üzerinde bir tehdit oluşturabilirler

(Korentajar, 1991). Ağır metaller su ve tarımsal ekosistemlerden gıda zincirine girip insan sağlığını doğrudan tehdit edebilirler (Chen vd., 2001).

2. AMAÇ VE KAPSAM

Endüstrileşmeyle beraber çok çeşitli dallarda metal cevherlerin işlenmesi ve kullanılması sonucunda ağır metaller atmosfere, hidrosfere ve pedosfere kontrolsüz bir şekilde yayılmaya başlamışlardır. Bu yayılmayla birlikte hava, su ve toprak kaynakları da kirlenmeye başlamış, bu kirlenmeden dolayı canlı sağlığı etkilenmiştir ve etkilenmeye devam etmektedir. Doğayı kirleten unsurlardan biri olan ağır metallerin bitkilerin vejetatif organlarını makroskobik, mikroskobik ve fizyolojik olarak etkilediği bilinmektedir. Bu olumsuz durumdan sadece bitkilerin vejetatif organları değil aynı zamanda generatif organları ve doğada aktif yaşamlarını sürdüren bütün canlılar da etkilenmektedir. Ağır metaller organizmalarda birikmekle kalmayıp, gıda zincirini de dolaşarak ekosistemlerde tehlikeli olabilecek yoğunluklarda uzun bir süre kalabilirler. Doğada yayınımları göz önüne alındığında, metallerin yayılmasında ve ekosisteme zararlar vermesinde daha çok insan faktörünün etkili olduğu düşünülmektedir. Endüstrileşme ve kentleşmenin doğada meydana getirdiği en önemli sorunlardan birisi çevre kirliliği olarak kabul edilmektedir (Bayçu, 1997). Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında endüstri gelişimine bağlı olarak ortaya çıkan ve artarak devam eden hava ve ağır metal kirliliği günümüzde bütün canlıları tehdit eder hale gelmiştir. Bu tehdit ekosistemlerin primer üreticileri konumundaki bitkiler üzerinde çok daha fazladır (Zheljzkov ve Nielsen, 1996). Özellikle ağır metal kirliliği, bitkiler için büyük bir potansiyel tehlikedir (Gieger vd., 1993). Ülkemizin hızla sanayileşmesi ve her geçen gün artan trafik yoğunluğunun diğer birçok kirleticiyle beraber ağır metallerin de çevredeki miktarlarını arttırmaktadır. Bu durum özellikle bitkilerde başta ürün kaybı olmak üzere birçok olumsuzluğa neden olmaktadır (Munzuroğlu ve Gür, 2000). Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin; bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon sürecinin vazgeçilmez parçasıdır (Dökmeci ve

Dökmeci, 2005). Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Bu gruba en iyi örnek, kükürtlü enzimlere bağlanan cıvadır (Dökmeci ve Dökmeci, 2005). Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı, dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin; nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz element olarak bulunması gerekir. Bazı sistemlerde ağır metallerin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak değişir (Kahvecioğlu vd., 2007).



Şekil 2.1. Afyonkarahisar İli Mevcut ve Alternatif Jeotermal Alanları (Kervankıran, 2012)

Çalışmamızın yapıldığı il olan Afyonkarahisar, karayollarının kesişme noktası olma özelliğinin yanı sıra son yıllarda sanayi ve jeotermal tesislerinin sayısı ile beraber insan nüfusunun da artış gösterdiği bir ilimizdir. Afyonkarahisar ilindeki jeotermal kaynakların oluşumunda, bölgenin jeolojik yapısı ve tektonik hareketler sonucu oluşan fay hatlarının etkisi büyüktür. Bölgede fay hatları üzerinde ya da yakınında çıkan sıcak sular, ilin en önemli jeotermal kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu alanlar aynı zamanda ilin Termal Turizm Merkezlerini, dolayısıyla turizm faaliyetlerinin de en önemli çekiciliklerini oluşturur (Şekil 2.1) (Kervankıran, 2012).

Çalışmanın yapıldığı yerler sanayi ve jeotermal tesisler tarafından kuşatılmış olan ve önemli ölçüde tarım potansiyeli bulunan topraklar ve buralarda yetiştirilen bitkilerdir. Kirlenme tehdidiyle karşı karşıya kalmış bu topraklarda ve buralarda yetiştirilen bitkilerde Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As ve Cd ağır metalleri ve B elementi analizleri yapılmış, sonuçlar, bulgular ve tartışma kısmında ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Çalışmamızın büyük bir bölümü kapalı bir havza konumunda olan Akarçay Havzasının içinde kalmaktadır. Akarçay Havzası, Batıda Güneyköy yöresinden kaynaklanıp kuzeydoğusunda Emirdağ ve güneydoğusunda Sultan Dağları'na kadar uzanmaktadır. Akarçay Nehri'ne doğal ya da yapay yollarda jeotermal akışkan katılımının gerçekleştiği başlıca alanlar; batıdan doğuya doğru Ömer-Gecek jeotermal sahası, Afjet termal deşarjı ve Heybeli Kaplıcası (Bolvadin) deşarj suyundan oluşmaktadır. Ayrıca kuzeyde yer alan Gazlıgöl jeotermal sahasından boşalan termal sular Akçin Çayı tarafından Akarçay Nehri'ne iletilmektedir (Doğdu ve Bayarı, 2002).

Ömer – Gecek ve Gazlıgöl jeotermal sahasları ile Organize Sanayi Bölgesi ve Bolvadin Küçük Sanayi Bölgesi Akarçay havzasında yer alan çalışma bölgeleridir. Çalışma yapılan bir diğer bölge ise Sandıklı ilçesinde bulunan Hüdai jeotermal sahasıdır.

Ömer – Gecek jeotermal sahasında 60-905 metre derinlikten 50-98 °C arasında jeotermal su çıkarılmaktadır (Kervankıran, 2012). Afyonkarahisar – İzmir, Afyonkarahisar – İstanbul karayollarının kesişme noktası olduğu, şehir merkezine ve hava limanına yakınlığı dolayısıyla jeotermal oteller ve jeotermal turizm için

Afyonkarahisar'a gelen yerli ve yabancı turistler tarafından daha çok tercih edilen bir bölgedir. Afyonkarahisar'da bulunan jeotermal sahalarda 5 yıldız alan oteller en çok Ömer – Gecek Jeotermal sahasında bulunmaktadır. Bu otellerden bazıları: İkbal Termal Otel, Oruçoğlu Termal Otel, Korel Otel, Ömer Termal, Anemon Otel, Güral Otel ve Gecek Termal'dir. Ömer – Gecek jeotermal sahasında bulunan otellerin toplam yatak kapasiteleri 5000'den fazladır. Yapımı süren ve projesi yapılan jeotermal otellerle birlikte yatak kapasitesinin 20000'i aşacağı düşünülmektedir.

Gazlıgöl jeotermal sahasında 120-300 metre derinlikten 51-74 °C arasında jeotermal su çıkarılmaktadır (Kervankıran, 2012). Afyonkarahisar – Eskişehir karayolu üzerinde bulunan Gazlıgöl jeotermal sahası 30'dan fazla jeotermal tesis barındırmaktadır. Bunların arasında tarihi hamamlar, butik oteller, devre mülkler ve 5 yıldızlı lüks oteller yer almaktadır. Otellerden bazıları: Midas Termal, Çınar Termal, Hilal Termal, Pala's Otel, Aydın Termal'dir. Gazlıgöl jeotermal sahasında bulunan tesislerin toplam yatak kapasiteleri 10000'den fazladır ve her geçen gün jeotermal tesis sayısı artmaktadır.

Hüdaî jeotermal sahasında 50-226 metre derinlikten 40-70 °C arasında jeotermal su çıkarılmaktadır (Kervankıran, 2012). Afyonkarahisar – Antalya karayolu üzerinde bulunan Hüdaî jeotermal sahası Afyonkarahisar'daki diğer jeotermal sahalara göre daha küçük bir alan kaplamasına rağmen otellerin toplam yatak kapasiteleri 5000 civarındadır. Buradaki oteller: Safran Otel, Termal Park Otel ve Hüdaî Kaplıca Tesisleridir. Bu bölgede de termal otel sayılarının artması beklenmektedir.

Bolvadin Heybeli jeotermal sahasında 146-394 metre derinlikten 37-56 °C arasında jeotermal su çıkarılmaktadır (Kervankıran, 2012). Afyonkarahisar – Konya karayolu üzerinde bulunan Heybeli Termal toplamda 500 yatak kapasiteli tesislerden oluşmaktadır. Bolvadin'de bulunan Develi Çayı etrafına yerleşmiş sanayi tesislerinde 500'den fazla personel çalışmaktadır.

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi, Afyonkarahisar – İzmir, Afyonkarahisar – Ankara çevre yolu üzerinde bulunan ve 15'ten fazla iş kolunda toplam 295 işletmenin yer aldığı bir bölgedir. En fazla işletme sayısı gıda, mermer ve makine iş kollarında bulunmaktadır.

Sandıklı ve Gazlıgöl jeotermal bölgelerinde termal atık sular bölgelerde bulunan akarsulara deşarj edilmektedir. Ömer-Gecek jeotermal bölgesinde ise geçtiğimiz yıllarda Akarçay Nehri'ne deşarj edilen termal atık suların Afyonkarahisar Belediyesi'nin işlettiğı Afjet A.Ş tarafından arıtım işlemlerinden sonra reenjeksiyonu yapılmaktadır.

Bolvadin'de Develi Çayı hemen yanında kurulmuş olan Avşar Emaye Fabrikası ve karşısında yer alan et entegre tesisi atıkları Develi Çayına deşarj edilmektedir.

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde ise atıklar şehrin arıtma tesisine aktarılmaktadır.

Afyonkarahisar ilinde jeotermal akışkanın içinde bulunan bor, arsenik, cıva, kurşun ve krom gibi ağır metallerin kullanıldıktan sonra arıtılmadan doğaya salınması, insan sağlığını, bitkilerin büyümesi ve gelişimini ve toprağı olumsuz olarak etkilemektedir. Bununla birlikte kullanılan jeotermal akışkanın doğaya salındığı yerlerin yakınında turistik tesislerin yapılması, bölgeye şifa amacıyla gelen insanların sağlığını da tehdit etmektedir (Kervankıran, 2012).

Afyonkarahisar'da her yıl binlerce yerli ve yabancı turistin uğrak yeri olan jeotermal turizm tesisleri ve sanayi tesislerinden, tarım alanlarına bulaşma olasılığı olan ağır metal ve bor kirliliğı araştırmamız hem bu alanlarda yetiştirilen ürünleri tüketen vatandaşlarımızın sağlığı için hem de çevre sağlığı için önem taşımaktadır. Çalışmamızın sonucunda kirlenme tehdidiyle karşı karşıya gelmiş olan bölgeler ortaya çıkarılacak, kirliliğın önlenmesi için alınması gereken önlemler tartışılacaktır. Çalışma alanlarının durumu hakkında özel sektör, kamu kurumları ve vatandaşlar bilgilendirilmiş olacak ve sürdürülebilir bir çevre için her birey üzerlerine düşen görevler hakkında bilinçlendirilmiş olacaktır. Afyonkarahisar ilinde bulunan tarım alanlarında bu şekilde yapılan ilk çalışma olması nedeniyle farkındalık oluşturacaktır.

2.1. Ağır Metaller

Ağır metal, periyodik cetvelin 3 ve daha yüksek periyotlarında yer alan metaller için kullanılan ve bilimsel olmayan bir terimdir. Genel olarak zehirli ve çevre kirliliğine neden olan tüm metaller ağır metal olarak adlandırılmaktadır. Bu grupta yoğunluğu 5 g/cm³ 'ten daha yüksek metaller bulunur (Şener, 2007). Ağır metalin tanımı daha çok çevresel problemler olduğunda ortaya çıkmakta ve 'nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal' olarak tarif edilmektedir. Bu grubun içine başta kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal girmektedir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde bağlı olarak bulunurlar (Kahvecioğlu vd., 2007).

2.1.1. Zn (Çinko)

Endüstrilerde metal kaplama ve alaşımlarda kullanılan önemli bir metaldir. Ayrıca kozmetik, boya, lastik, maden sanayi gibi pek çok alanda kullanılır. Çinko insan ve hayvanlarda olduğu gibi bitkilerde de önemli metabolik işlevlere sahiptir. Çeşitli enzimlerin yapılarında yer alır, çok sayıda enzimi aktive eder. Karbonhidrat, protein ve oksin metabolizmasında rol oynar (Kacar ve Katkat, 2007). Çinko, genellikle bitki köklerinde bulunur. Çinko, bitki metabolizması için çok gerekli bir elementtir. İçinde yer aldığı enzimlere bakarak, fosfat ve RNA oluşumunda görev aldığı söylenebilir. Membranların geçirimsizliğinde rolü olduğu bulunmuştur. Ayrıca bakteri ve mantarların yol açtığı hastalıklara karşı koruyucu etkisi olduğu da bilinir (Okcu vd., 2009).

Çinko, yoğun endüstri alanlarından bırakılan atık sularla, kanalizasyon sularıyla ve asit yağmurları aracılığıyla toprağa ulaşmaktadır (Öktüren-Asri ve Sönmez, 2007). Çinko toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesi azalır, kökler inceler, hücre büyümesi ve uzaması engellenir, hücre organelleri parçalanır ve klorofil sentezi azalır (Rout ve Das, 2003). Bazı bitki türlerinin çinko fazlalığına karşı büyük bir toleransı vardır. Ayrıca bitkiler, topraktaki çinko değişimlerine çok çabuk tepki verirler. Yapraklarda oluşan kloroz ve yavaşlamış bitki gelişimi, çinko eksikliğinin

ilk belirtilerindedir (Okcu vd., 2009). İnsan sağlığı için oldukça önemli olan çinko insan vücuduna beslenme ve solunum yoluyla girer. İnsanlar beslenme yoluyla günde ortalama 10-15 mg çinko alırlar, vücutta ise ortalama 1,4-2,3 g çinko bulunur (Bayşu ve Ersoy, 1986). Vücuda fazla alınan çinko ise insanlarda anemi, mide krampları, HDL (highdensity lipoprotein kolesterol) oranında azalma, pankreas ve böbreklerde hasara sebep olmaktadır (Özku, 2003). Çinko metali ve birçok çinko bileşii diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehirlilik etkisi gösterirler. Çinko tuzlarının toksisitesi çinkodan daha fazla, yapısında bulunduğu bileşinin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır. Örneğin; çinko kromatin ($ZnCrO_4$) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn^{2+} yüzünden değil anyonik CrO_4^{2-} bileşeni sebebiyledir (Habashi, 1997).

2.1.2. Cu (Bakır)

Bakır elektrik ve elektronik, ulaşım, inşaat, kuyumculuk ve kimya sanayii gibi birçok alanda sıkça kullanılan bir metaldir. Bitkilerde birçok enzimin aktivasyonu sağlar, karbonhidrat ve lipit metabolizmasında yer alır (Kacar ve Katkat, 2007). Bakırın bitki içindeki görevi şöyle özetlenebilir: Çoğunlukla, moleköl ağırlığı düşük olan organik maddelerle ve vitaminlerle bileşik yapar, hem işlevi daha tam olarak çözülememiş bileşiklerde hem de hayati önem taşıyan enzimlerin yapısında rastlanmıştır, fotosentez, solunum, karbonhidrat parçalanması, azot kullanımı ve depolanması, hücre duvarı metabolizması gibi fizyolojik olaylarda önemli rol oynar, ksilem damarlarının geçirimsizliğini düzenler, DNA ve RNA'nın üretimini kontrol eder, eksikliği durumunda bitki üremesi durur, hastalıklara karşı direnç mekanizmasında rolü vardır (Okcu vd., 2009).

Bakır kirliliği, insan aktivitesi sonucu oluşan emisyon ve atmosferik depositler, pestisit kullanımı, kanalizasyon atıklarının gübre olarak kullanılması, kömür ve maden yataklarından kaynaklanmaktadır (Öktüren-Asri ve Sönmez, 2007). Bakır, çeşitli alanlarda kullanılan bir materyal olduğu için bu elementin oluşturduğu kirliliğin pek çok kaynağı mevcuttur. Bu elementin proseslerde veya paketlemelerde kullanılması ürünleri kirlitebilir ve çevreye zarar verebilir (Nuhoğlu vd., 2002).

Bakırın düşük konsantrasyonları dahi tarımsal ürünler, sudaki organizmalar ve insan hayatı için zehirlilik etkisi oluşturmaktadır (Okcu vd., 2009).

2.1.3. Cd (Kadmiyum)

Kadmiyum elektrik, seramik, pil ve akü sanayisinde kullanım alanları yaygın olan kanserojen, toksik bir ağır metaldir. Kadmiyum, özellikle çinko ve çeşitli elementlerle birlikte bulunmanın yanı sıra endüstrilerde; elektrolizle kaplama ve galvanizleme proseslerinde, boya pigmenti ve plastiklerde, nikel-kadmiyum pillerinde, seramik ve cam yapımında kullanılmaktadır (Dağdeviren, 2007).

Kadmiyumun tarım topraklarına girişi ve yayılması endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübreler, lağım atıkları ve atmosferik depositler yoluyla olmaktadır (Haktanır, 1987). Okyanusların altındaki çökeltilerde yer alan kadmiyum ham fosfatlardan ve dolayısıyla fosforlu gübrelerden toprağa ulaşır. Ancak bu yolla toprağa ulaşan kadmiyum miktarı kesin olarak bilinmemektedir. Tarım ilaçlarından biri olan fungusitlerde bulunan kadmiyum ilaçlama yoluyla da toprağa karışmaktadır (Ross ve Steward, 1969). Kadmiyum, çinko üretimine eşlik eden metal olarak üretilmiştir. Çinko üretiminde ortaya çıkıncaya kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır. Ancak günümüzde kadmiyum da çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini almıştır (Kahvecioğlu vd., 2007). Kadmiyum kirliliğinin iki ana temelini Zn madenleri ve arıtma çamuru oluşturur. Bunlardan başka Cd ve Zn kimyasal olarak çok benzerdir. Cd böylece, Zn elementinin alınımını ve metabolik fonksiyonlarının davranışını taklit eder. Zn'den farkı, Cd'nin bitkiler ve hayvanlarca toksik oluşudur. Toksisitesinin temel nedeni ise enzimlerin ve diğer proteinlerin thiol (-SH) grupları için Cd'nin çok fazla afinite göstermesidir. Cd'nin bu davranışıyla enzim aktivitesi engellemiş olmaktadır (Mengel ve Kirkby, 2001).

Kadmiyum insan, hayvan ve bitkiler için toksik etkili bir elementtir. Bitki bünyesinde azot ve karbonhidrat metabolizmalarını değiştirmesi nedeniyle birçok fizyolojik değişikliğe neden olmaktadır (Öktüren-Asri ve Sönmez, 2007). Cd'nin önemli bir kirletici olmasının nedeni çok düşük dozlarda bile toksik olması ve biyolojik yarı ömrünün uzun olmasıdır (Goyer, 1991). Kadmiyum insan vücuduna

beslenme ve solunum yoluyla girer. Beslenme yoluyla alındığında özellikle böbreklerde birikerek organın işlevine zarar verir. Solunum yoluyla alındığında ise akciğerlerde büyük sorunlara neden olarak ölüme sebebiyet verebilir. Sürekli olarak solunumla kadmiyuma maruz kalınma durumunda kemiklerin kolay bir şekilde kırılması ve hasar görmesi söz konusu olabilir (Özyılmaz, 1999).

2.1.4. Pb (Kurşun)

Kurşun, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerde sıkça kullanılan bir elementtir. İnsan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. Kurşun birkaç bin yıldan beri insanlar için önemli bir metaldir (Saygıdeğer, 1995). Otomobil endüstrisi, batarya ve benzin katkısı olarak petrokimya sanayisinde kullanımının yanında kurşun içeren pestisitlerin kullanımıyla da topraklara ulaşmaktadır (Öktüren-Asri ve Sönmez, 2007). Çevre kirliliğine neden olan kurşunun büyük bir bölümü motorlu taşıtlarda kullanılan benzinin yanmasıyla oluşan tetra etil kurşundan kaynaklanmaktadır (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010). Kurşunlu benzin ve boya maddelerinin yanı sıra yiyecekler ve su da kurşun kaynağı olabilmektedir. Özellikle endüstriyel alanlar ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurur. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlar da kurşunun suya karışmasına sebep olabilmektedir. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddeler de kurşun bulundururlar. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilirler. Endüstriyel olarak kuyumculuk sektöründe altın rafinasyon ve geri kazanımı esnasında uygulanan “Kal” işlemi illegal olarak önemli oranda kurşunun oksit halinde atmosfere atılmasına neden olmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2007).

Kurşun, doğal olarak jeotermal sularda bulunur, yapay olarak da insanların kullanımı sonucu ortaya çıkar ve asit toplama fabrikalarında, silah yapımında, boyalarda,

benzinde, lehim yapımında ve kabloların kaplanmasında kullanıldığından bunlarla ilgili endüstri atık sularında mevcuttur (Bulut, 2003).

Kurşunun toprağa ve atmosfere geçişi çeşitli yollarla olmaktadır. Bu yollar arasında, endüstri kuruluşlarının bacalarından ve taşıtların egzozlarında çıkan dumanlar, lehim, akü, boya, elektrik ve petrol sanayilerine ait atıklar ile pestisitler sayılabilir (Saygıdeğer, 1995). Hava, su ve toprak yoluyla solunumla ve besinlerle karışarak vücuda giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir. Bitkilerde başta kök gelişimi olmak üzere bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkiler, hücre stabilitesini bozar (Öktüren-asri ve Sönmez, 2007). Kurşunun vücutta toksik etki oluşturması için yumuşak dokularda veya kanda belli bir düzeye kadar birikmesi gerekir. Kurşunun toksik etkileri kişinin yaşına, beslenme durumuna ve fizyolojik durumuna bağlı olarak değişebilir (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010). Kurşun gastrointestinal yolla ya da solunum yolu ile emilir. Organik kurşun ayrıca deriden de hızlıca emilir. Kurşun hızla kana geçer, %90'ı eritrositlere bağlı olarak bulunur, daha sonra kemiklerde depolanır. Ana atılım yolu idrar ile olmakla beraber anne sütü, tükürük, saç ve tırnaklarda da bulunur. Kurşun toksisitesi hücre zarlarına ve mitokondrilere olan afinitesinden kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak oksidatif fosforilasyon ve ATPazlar üzerine etkileri ortaya çıkmaktadır. Ek olarak kurşun gen ekspresyonunu etkileyebilecek şekilde nükleuslar içine girmesini sağlayacak şekilde inklüzyon cisimcikleri oluşturmaktadır (Dökmeci ve Dökmeci, 2005).

2.1.5. Ni (Nikel)

Nikel, kömür, petrol, çelik, alaşım üretimi, galvaniz ve elektronik sanayilerinde kullanılmaktadır. Ayrıca pil imalatı ve metal kaplama endüstrilerinde de nikel elementinden yararlanılmaktadır. İnsan vücuduna solunum, beslenme ve ten temasıyla giren nikel, solunum yoluyla alındığında akciğerlerde depolanır ve akciğer kanserine neden olabilir. Deri temasıyla alınan nikel ise önce kana karışır daha sonra ise başta böbrekler olmak üzere diğer organlara ulaşır, böbrekler yoluyla dışarı atılır (Özkuş, 2003). Ağız yoluyla alınan nikelin büyük bir kısmı vücut tarafından absorblanmadan dışkı ile atılır (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

Nikel bitkilerde birçok enzimi aktive eder, üreaz ve hidrogenaz enzimlerinin yapısına katılır. Gereğinden fazla bulunan Ni bitkilerde klorofil sentezini ve yağ metabolizmasını olumsuz etkiler, köklere etki ederek diğer besin maddelerinin alımını azaltır (Öktüren-Asri ve Sönmez, 2007).

Ni zehirli değildir ancak Ni endüstrisinde çalışanlarda deri iltihaplanmalarına rastlanmıştır (Bulut, 2003). Nikel organizmada ribonükleik asit gibi moleküller tarafından kuvvetlice bağlanabilir. Sistin, metiyonin ve histidin gibi aminoasitler, fosfolipidler, asetil CoA ve sitrik asit gibi komponentlerle birleşebilir (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010).

2.1.6. Cr (Krom)

Krom, paslanmaz çelik üretiminde, çeşitli lehim ve pas engelleyicilerin üretimiyle ilgili metalürji endüstrisinde, boya, cila, cam ve seramik malzemelerinde ve deri endüstrisinde kullanılmaktadır. Krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerin yanması sonucunda doğada (hexavalent) altı değerlikli krom oluşmaktadır. Okside krom havada ve saf suda nispeten kararlı iken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerliğe geri redüklenir (Kahvecioğlu vd., 2007).

Krom düşük konsantrasyonlarda bitki büyümesi için teşvik edici olabilir, fakat krom fazlalığı hayvan ve bitkilerde toksik etkiler yapabilir hatta kansere neden olabilir (Dağdeviren, 2007). Cr bileşikleri deride alerjik reaksiyonlara neden olabilir. İnhalasyonla krom tozları farenjit ve bronşit hastalıklarına neden olur. Krom üretimi ve krom pigmenti endüstrisinde çalışan kişilerde solunum yolu kanseri ile kroma maruz kalma oranı arasında ilişki tespit edilmiştir (Özyılmaz, 1999). Krom fazlalığı durumunda bitkide ilk olarak tohum çimlenmesi engellenir, kök hücrelerinin bölünmesi engellendiği için bitki büyüme ve gelişmesi etkilenir (Öktüren-asri ve Sönmez, 2007).

2.1.7. As (Arsenik)

Arsenik, pestisit ve ilaç yapımında, otomotiv, elektronik ve cam sanayilerinde kullanılmaktadır. Bazı bölgelerde sıcak sular As bakımından içme suyu standartlarından daha yüksek değerdedirler. Bunun nedeni Arseniğin pirit, arsenopirit, demir, bakırlı şeyllerden ve fosfatlı kayaların oksidasyonundan sıcak sulara geçmesidir (Gemici ve Tarcan, 2002). Arsenik bileşikleri özellikle boya pigmenti olarak, tekstil ve deri endüstrilerinde kullanılmaktadır, ilaç, cam, kozmetik ve deterjan sanayilerinde de arsenik bileşiklerinden yararlanılmaktadır. Birçok arsenik bileşiği yüksek toksisitesi nedeniyle pestisitlerin bünyesinde yer almaktadır. Arsenikli pestisitlerin uzun yıllar fazla uygulanmaları sonucu, özellikle meyve bahçelerinde toksik düzeye ulaşan derecelerde As birikimi olduğu belirtilmiştir (Özyılmaz, 1999). Tarımda kullanılan ve arsenik içeren kimi pestisitlerin kullanımı son yıllarda yasaklanmış olmakla birlikte, gıda maddelerinin arsenik ile kontaminasyonunda önemli etkendirler. Arsenik ile kontamine süttten zehirlenen bebeklerde, karaciğer büyümesi ve kansızlık belirtileri, bazılarında deride kahve renkli pigmentler, tırnaklarda çizgiler ve anormal elektrokardiyogram saptanmıştır. Sudan zehirlenen yetişkinlerde deri dökülmesi, deride nasır şeklinde kalınlaşma, idrarda protein ve reflekslerde yavaşlama görülmüştür (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010).

Canlılar arseniğe hem doğal hem de antropojenik nedenlerle maruz kalmaktadır. Doğal nedenlerin en önemlileri yer altı suları ve volkanik faaliyetlerdir. Antropojenik nedenler ise pestisitler, sanayi faaliyetleri, yakıtlar ve kontamine olmuş yiyeceklerin tüketilmesidir (Bakar ve Baba, 2009). Vücuda beslenme ve solunum yoluyla giren As, beslenme yoluyla girdiğinde, mide ağrısı, bulantı, kusma ve ishale neden olur, ayrıca kalp ritmi bozuklukları, sinirlerde iltihap, damar tahribatı ve karaciğer sirozuna neden olabilir. Solunum yoluyla alınan As ise gırtlakta ve akciğerlerde tahrişe neden olur. Tüm inorganik As bileşikleri kanserojen etki gösterir (Özkul, 2003).

2.1.8. Co (Kobalt)

Kobalt, manyetik ve paslanmaz çelik üretiminde, jet ve gaz türbin jeneratörlerinin üretiminde kullanılan alaşımlarda, elektrolizle kaplama, porselen ve cam sanayilerinde kullanılmaktadır (Boğa, 2007). Kobalt saf metal olarak nadiren kullanılır. Genellikle kesici aletlerin yapımında kullanılan çelik ve diğer bazı alaşımlara %60'a varan oranlarda kobalt eklenmektedir. Kobalt, bünyesine katıldığı alaşımları sertleştirir, aşınma ve paslanmalara karşı dayanıklı hale getirir (Özku, 2003).

Kobalt diğer ağır metallere kıyaset oluşturma özelliğine sahiptir. Bu özelliği nedeniyle Co, fizyolojik yönden önemli olan değişim yerlerle geçmek suretiyle diğer elementlerin bitkiye alınmasını olumsuz yönde etkiler (Kacar ve Katkat, 2007). Baklagil bitkileriyle ortak yaşayan ve N₂ fikse eden Rizobiyum bakterilerinin büyümeleri ve fonksiyonlarına Co'nun olumlu etkisi vardır (Kacar ve Katkat, 2007).

Kobalt insan vücuduna beslenme ve solunum yoluyla girer. İnsanlar için önemli bir elementtir. B12 vitaminin yapısına katılır, kan hücrelerinin sayısını artırarak anemi hastalığının tedavisinde kullanılır, bazı kobalt izotopları kanser ve çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılır. Vücuda fazla alındığında ise zatürree, astım, horlama ve kalp fonksiyonlarında bozulmalara neden olabilir (Özku, 2003).

2.1.9. B (Bor)

Bor, savunma, cam ve cam malzemeleri, seramik, temizlik, metalürji sanayileri, nükleer uygulamalar, enerji depolama, yakıt ve sağlık sektörlerinde yaygın olarak kullanılır.

Bor özellikle sulama suyu için tehlikelidir ve sıcak sularda en çok bulunan kirleticilerden biridir. Toprağın gözenekliliğini düşürür ve bitki köklerinin hava almasını engelleyerek kurumalarına neden olur (Şimşek, 2005).

Solunum, sindirim ve temas yoluyla etki gösteren bor bileşikleri işlendiği yerde gaz veya toz olarak, yüksek miktarda bor içeren topraklarda yetişen veya bor içeren ilaç ve gübre kullanılarak üretilen bitkilerin tüketilmesiyle, yüksek oranda bor barındıran

suların veya bu sularda yaşıyan balıkların tüketilmesiyle, bor içeren kozmetik maddelerin kullanılmasıyla vücuda girer (Saygıdeğer-Demir, 2005).

Eren (2004), B elementi üzerine yaptığı derlemede hayvansal dokularda en çok kemiklerde bulunan borun, beyin, kan, karaciğer, lenfoit nodüller, adrenal bez ve böbrek dokularında da yüksek konsantrasyonda bulunduğunu rapor etmiştir. Aynı derlemede Eren (2004), hayvanlarda aşırı bor alımında tırnak ve bacaklarda ödem ve yangı, diyare, riboflavinüri ve zayıflamanın görüldüğü, yem tüketimi ve büyümenin baskılandığını rapor etmiştir.

3. MATERYAL- YÖNTEM

2.2. Materyal

Araştırma materyalini Afyonkarahisar İli Organize Sanayi Bölgesi, Sandıklı jeotermal sahası, Ömer- Gecek jeotermal sahası, Gazlıgöl jeotermal sahası ve Bolvadin küçük sanayi sitesi çevresinde bulunan topraklar ve buralarda yetiştirilen bitkilerin yaprakları oluşturmaktadır. Ağırlıklı olarak buğday, arpa ve mısır bitkileri tüm bölgelerde yetiştirilmekle beraber, özellikle Bolvadin çevresinde şeker pancarı, Sandıklı çevresinde patates, Organize Sanayi Bölgesi çevresindeki tarım alanlarında ise domates ve kornişon yetiştirilmektedir. (Şekil 3.1).

2.3. Yöntem

Örnek alınacak yerler 2012 yılının Mayıs ayında noktasal olarak tespit edilmiştir. Örnekler 2012 yılı Haziran ayında her bölgede kirlilik şüphesi olan lokasyonlardan 8'er adet bitki yaprağı ve 4'er adet toprak örneği şeklinde alınmıştır. Örnekler, klipli torbalara alınarak laboratuvara getirilmiş ve koruma altına alınmıştır.



Şekil 3.1.Çalışmanın Yapıldığı Bölgeler

2.3.1. Toprak Örneklerinde Ağır Metal ve Bor Analizleri ile pH Tayini

0-30 cm derinlikten alınan toprak örnekleri hava kurusu hale getirildikten sonra 500 µm çaplı elekten elenmiş ve sonra 3 g toprak reaksiyon kabına konulmuştur. 0,5 – 1 ml su ile ıslatıldıktan sonra karıştırılarak 21 ml hidroklorik asit ve sonra 7 ml nitrik asit dumanlanmayı önlemek amacıyla damla damla eklenmiştir. Çeker ocakta 16 saat oda sıcaklığında bırakılan karışıma 110 °C’de 2 saat hotplate’de yakma işlemi yapılmıştır. Reaksiyon kabındaki numune 100 ml’lik ölçü balonuna aktarıldıktan sonra reaksiyon kabı en az 3 kez yıkanarak numunelerin tamamı balon jøjeye aktarılmıştır. Balon jöje işaret çizgisine kadar su ile doldurulup çözünmeyen kısımlar için bir müddet beklenmiştir. Kalan kısımlar süzgeç kağıdından süzölmüştür. Aynı işlemler topraksız olarak da tekrarlanmıştır. Ölçümler ICP-OES cihazında yapılmıştır. Toprak örneklerinde pH tayini ise saf su ile sature hale getirilmiş toprak çamurunda standart pH metre ile yapılmıştır.

2.3.2. Bitki Örneklerinde Ağır Metal ve Bor Analizleri

Bitki yaprakları etüvde kurutulup öğütöldükten sonra 0,5’er gram tartılarak erlenmayerlere alınmıştır. Erlenmayare 6 ml karışım asidi (4 kısım nitrik asit: 1 kısım perklorik asit) ilave edilerek hafifçe çalkalanmıştır. Erlenmayer çeker ocak içinde hotplate üzerinde düşük sıcaklıktan başlanarak 150-200 °C’ye kadar hafifçe çalkalanmıştır. Perklorik asidin yoğun beyaz dumanları erlenmayerin içini tamamen kapladıktan sonra en az 30 dakika daha yakma işlemine devam edilmiştir. Sıcaklık 150-200 °C’ye ulaşınca 2 saat bekletilip 50 ml’lik balon jøjeye filtre kağıdından süzölerek boşaltılmıştır. Balon jöjeler oda sıcaklığında geldiğinde oda sıcaklığındaki saf su ile çizgisine kadar tamamlanmıştır. Aynı işlemler bitki kullanılmadan da tekrarlanmıştır. Ölçümler ICP-OES cihazı kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR

Sandıklı, Gazlıgöl, Ömer-Gecek jeotermal sahaları, Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi ve Bolvadin sanayi sitesi çevresinde bulunan topraklar ve bu topraklarda yetişen bitkilerde yapılan ağır metal ve bor analizlerinin sonuçları çizelge 4.3 ve çizelge 4.4'te verilmiştir. Analizleri yapılan toprak ve bitki örneklerinin alındığı noktalar ve bunların koordinatları ise çizelge 4.1 ve çizelge 4.2'de açıklanmıştır.

Çizelge 4.1. Toprak Örneği Alınan Lokasyonların Koordinatları ve Örnek Yerleri

Örnek No	Örnek Bölgesi	Enlem	Boylam	Açıklama
1	Sandıklı	38° 26 ¹ 15,01 ^{II} K	30° 11 ¹ 49,64 ^{II} D	Park Otel ana logar yanındaki buğday tarlası
2	Sandıklı	38° 26 ¹ 17,28 ^{II} K	30° 10 ¹ 43,58 ^{II} D	Hüdaî kaplıcaları yanındaki patates tarlası
3	Sandıklı	38° 26 ¹ 11,07 ^{II} K	30° 10 ¹ 50,50 ^{II} D	Termal otellerin atık su deşarj noktası
4	Sandıklı	38° 26 ¹ 22,31 ^{II} K	30° 10 ¹ 41,71 ^{II} D	Termal deşarjın karıştığı su ile sulanan patates tarlası
5	Bolvadin	38° 39 ¹ 33,57 ^{II} K	31° 02 ¹ 59,30 ^{II} D	Avşar emaye fabrikasının atık su deşarj noktası
6	Bolvadin	38° 39 ¹ 32,56 ^{II} K	31° 02 ¹ 51,11 ^{II} D	Et entegre tesisinin atık deşarj noktası
7	Bolvadin	38° 39 ¹ 31,97 ^{II} K	31° 02 ¹ 46,74 ^{II} D	Develi Çayı'ndan sulanan şeker pancarı tarlası
8	Bolvadin	38° 39 ¹ 35,18 ^{II} K	31° 02 ¹ 43,14 ^{II} D	Mermer işletmesinin yanı
9	Gazlıgöl	38° 56 ¹ 04,45 ^{II} K	30° 30 ¹ 05,36 ^{II} D	Gazlıgöl termal deşarj noktası
10	Gazlıgöl	38° 56 ¹ 04,65 ^{II} K	30° 30 ¹ 04,87 ^{II} D	Gazlıgöl termal işletmesinin yanı
11	Gazlıgöl	38° 55 ¹ 52,14 ^{II} K	30° 30 ¹ 03,97 ^{II} D	Jeotermal tesis inşaatının yanı
12	Gazlıgöl	38° 56 ¹ 34,22 ^{II} K	30° 30 ¹ 06,05 ^{II} D	Kızılay maden suyu işletmesinin yanında mısır tarlası
13	OSB*	38° 47 ¹ 23,55 ^{II} K	30° 34 ¹ 10,14 ^{II} D	Sağlamlar çimento işletmesinin yanı
14	OSB	38° 47 ¹ 27,76 ^{II} K	30° 34 ¹ 10,91 ^{II} D	Yüntaş çimento işletmesinin yanı
15	OSB	38° 47 ¹ 42,97 ^{II} K	30° 34 ¹ 04,33 ^{II} D	O.S.B. kenarında salatalık tarlası
16	OSB	38° 46 ¹ 57,53 ^{II} K	30° 33 ¹ 24,03 ^{II} D	O.S.B. girişinde Akçin Çayı kenarı
17	ÖG**	38° 47 ¹ 42,00 ^{II} K	30° 27 ¹ 14,81 ^{II} D	İkbal Termal'in yanı
18	ÖG	38° 50 ¹ 24,96 ^{II} K	30° 25 ¹ 52,37 ^{II} D	Oruçoğlu Termal'in yanı
19	ÖG	38° 50 ¹ 27,85 ^{II} K	30° 25 ¹ 55,05 ^{II} D	Afjet Gecek ısı merkezinin karşısı
20	ÖG	38° 50 ¹ 28,19 ^{II} K	30° 25 ¹ 56,37 ^{II} D	Ömer Termal'in çıkışı

*O.S.B.: Organize Sanayi Bölgesi **ÖG: Ömer - Gecek

Çizelge 4.2. Yaprak Örneği Alınan Lokasyonların Koordinatları ve Örnek Yerleri

Örnek No	Örnek Bölgesi	Enlem	Boylam	Açıklama
1	Sandıklı	38° 26' 15,01" K	30° 11' 49,64" D	Park Otel ana logarı yanında (arpa)
2	Sandıklı	38° 26' 06,47" K	30° 11' 46,19" D	Park Otel'in aşağısı (buğday)
3	Sandıklı	38° 26' 06,77" K	30° 11' 47,67" D	Park Otel'in aşağısı (buğday)
4	Sandıklı	38° 26' 59,09" K	30° 11' 25,99" D	Safran Otel'in yanı (buğday)
5	Sandıklı	38° 26' 17,32" K	30° 11' 43,70" D	Hüdaı kaplıca bölgesi (patates)
6	Sandıklı	38° 26' 17,28" K	30° 11' 43,68" D	Hüdaı kaplıca bölgesi (mısır)
7	Sandıklı	38° 26' 22,31" K	31° 10' 41,71" D	Hüdaı kaplıca bölgesi (patates)
8	Sandıklı	38° 26' 43,49" K	30° 10' 39,90" D	Hüdaı kaplıca bölgesi (buğday)
9	Bolvadin	38° 39' 33,39" K	31° 02' 53,40" D	Avşar emaye fabrikası yanı (buğday)
10	Bolvadin	38° 39' 31,97" K	31° 02' 46,74" D	Develi Çayı kenarı (şeker pancarı)
11	Bolvadin	38° 39' 31,85" K	31° 02' 46,70" D	Develi Çayı kenarı (mısır)
12	Bolvadin	38° 39' 30,31" K	31° 02' 51,50" D	Et entegre tesisinin yanı (arpa)
13	Bolvadin	38° 39' 31,97" K	31° 02' 59,54" D	Avşar emaye fabrikası karşısı (arpa)
14	Bolvadin	38° 39' 35,18" K	31° 02' 43,14" D	Mermer fabrikasının kenarı (buğday)
15	Bolvadin	38° 39' 33,95" K	31° 02' 44,70" D	Avşar emaye fabrikasının karşısı (şeker pancarı)
16	Bolvadin	38° 39' 34,07" K	31° 02' 55,04" D	Et entegre tesisi yanı (şeker pancarı)
17	Gazlıgöl	38° 56' 04,45" K	30° 30' 05,36" D	Termal bölge girişi (buğday)
18	Gazlıgöl	38° 56' 04,78" K	30° 30' 04,61" D	Gazlıgöl kaplıcaların atık deşarj noktası kenarı (mısır)
19	Gazlıgöl	38° 55' 52,14" K	30° 30' 03,97" D	Termal otel inşaatının yanı (mısır)
20	Gazlıgöl	38° 56' 23,20" K	30° 29' 59,01" D	Gazlıgöl - İhsaniye yolu (buğday)
21	Gazlıgöl	38° 56' 23,27" K	30° 29' 57,33" D	Gazlıgöl - İhsaniye yolu (buğday)
22	Gazlıgöl	38° 56' 34,04" K	30° 29' 57,21" D	Gazlıgöl - İhsaniye yolu (buğday)
23	Gazlıgöl	38° 56' 34,22" K	30° 30' 06,05" D	Kızılay maden suyu işletmesinin kenarı (mısır)
24	Gazlıgöl	38° 56' 23,47" K	30° 31' 00,61" D	Eskişehir yolundaki termal otellerin arkası (buğday)
25	OSB	38° 47' 27,76" K	30° 34' 10,91" D	Sağlamlar çimento işletmesinin karşısı (şeker pancarı)
26	OSB	38° 47' 36,05" K	30° 34' 08,66" D	Yüntaş çimento işletmesinin karşısı (buğday)

Çizelge 4.2. (devam)

27	OSB	38 ⁰ 47 ¹ 42,97 ^{II} K	30 ⁰ 34 ¹ 04,33 ^{II} D	O.S.B. sınırı (kornişon)
28	OSB	38 ⁰ 47 ¹ 43,07 ^{II} K	30 ⁰ 34 ¹ 04,27 ^{II} D	O.S.B. sınırı (lahana)
29	OSB	38 ⁰ 47 ¹ 43,66 ^{II} K	30 ⁰ 34 ¹ 02,71 ^{II} D	O.S.B. sınırı (domates)
30	OSB	38 ⁰ 48 ¹ 04,19 ^{II} K	30 ⁰ 33 ¹ 45,38 ^{II} D	O.S.B. sınırı (mısır)
31	OSB	38 ⁰ 48 ¹ 04,43 ^{II} K	30 ⁰ 33 ¹ 44,82 ^{II} D	O.S.B. sınırı (şeker pancarı)
32	OSB	38 ⁰ 46 ¹ 57,53 ^{II} K	30 ⁰ 33 ¹ 24,03 ^{II} D	O.S.B. girişi Akçin Çayı kenarı (mısır)
33	ÖG	38 ⁰ 47 ¹ 42,00 ^{II} K	30 ⁰ 27 ¹ 14,81 ^{II} D	İkbal Termal Otel yanı (buğday)
34	ÖG	38 ⁰ 47 ¹ 42,24 ^{II} K	30 ⁰ 27 ¹ 14,07 ^{II} D	İkbal Termal Otel yanı (buğday)
35	ÖG	38 ⁰ 47 ¹ 49,09 ^{II} K	30 ⁰ 27 ¹ 11,58 ^{II} D	Korel Otel karşısı (arpa)
36	ÖG	38 ⁰ 47 ¹ 49,21 ^{II} K	30 ⁰ 27 ¹ 11,09 ^{II} D	Korel Otel karşısı (buğday)
37	ÖG	38 ⁰ 50 ¹ 27,85 ^{II} K	30 ⁰ 25 ¹ 55,05 ^{II} D	Afjet Gecek ısı merkezi karşısı (mısır)
38	ÖG	38 ⁰ 50 ¹ 29,56 ^{II} K	30 ⁰ 25 ¹ 59,25 ^{II} D	Akarçay kenarı (buğday)
39	ÖG	38 ⁰ 50 ¹ 29,64 ^{II} K	30 ⁰ 25 ¹ 59,23 ^{II} D	Akarçay kenarı (şeker pancarı)
40	ÖG	38 ⁰ 50 ¹ 27,93 ^{II} K	30 ⁰ 26 ¹ 03,38 ^{II} D	Akarçay kenarı (domates)

Çizelge 4.3. Toprak Örneklerinin Ağır Metal ve Bor Kapsamları ile pH Seviyeleri

Örnek No (ppm)	Örnek Bölgesi	B	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	pH
1	Sandıklı	3,41	81,61	19,07	44,91	32,81	27,81	17,24	0,66	35,77	7,7
2	Sandıklı	3,14	30,44	10,35	20,73	25,15	29,42	60,27	0,63	25,5	7,99
3	Sandıklı	2,42	24,31	14,54	18,85	22,76	17,96	20,39	0,43	16,11	7,64
4	Sandıklı	2,67	25,21	8,66	19,83	18,14	21,5	68,37	0,52	18,05	7,5
5	Bolvadin	16,66	31,24	15,04	31,49	33,36	40,64	45,86	7,86	20,71	7,32
6	Bolvadin	5,07	44,54	13,2	37,25	40,53	35,95	61,58	0,93	26,64	7,18
7	Bolvadin	8,12	39,05	14	33,92	34,04	26,83	22,81	0,67	31,93	7,96
8	Bolvadin	6,4	44,53	13,13	37,78	41,49	38,69	61,73	0,83	26,36	7,33
9	Gazlıgöl	4,37	35,87	11,94	30,73	29,05	25,39	18,23	0,68	16,48	8,58
10	Gazlıgöl	4	21,51	10,71	23,21	16,78	18,36	14,41	0,55	13,02	7,95
11	Gazlıgöl	9,17	33,33	18,02	28,26	17,16	20,21	10,22	0,49	12,63	8,16
12	Gazlıgöl	4,45	12,81	4,92	7,58	8,85	10,86	8,56	0,41	15,27	8,38
13	OSB	6,65	37,54	11,33	34,68	17,66	21,07	44,05	0,48	16,99	8,62
14	OSB	4,5	26,18	6,43	15,88	15,55	21,45	7,76	0,59	12,51	7,8
15	OSB	3,47	22,9	7,28	17,93	16,13	14,06	6,75	0,55	15,77	8,09
16	OSB	5,01	35,17	8,16	19,61	17,7	20,13	16,32	0,62	17,68	8,4
17	ÖG	3,76	65,48	19,44	30,55	34,66	26,37	12,83	0,67	26,57	7,56
18	ÖG	6,23	72,08	18,1	39,42	22,69	22,63	228,2	0,51	20,17	6,5
19	ÖG	1,89	23,05	7,44	20,87	10,42	18,28	45,27	0,45	10,04	7,92
20	ÖG	2,62	28,91	9,49	21,5	12,8	12,95	56,84	3,27	10,52	7,82
Ölçüt		2	100	20	75	50	300	20	3	100	
Ort.		5,20	36,78	12,06	26,75	23,38	23,52	41,38	1,09	19,43	
Max.		16,66	81,61	19,94	44,91	41,49	40,64	228,2	7,86	35,77	
Min.		1,89	12,81	4,92	7,58	15,55	10,86	6,75	0,41	10,04	

Çizelge 4.4. Bitki Örneklerinin Ağır Metal ve Bor Kapsamları

Örnek No (ppm)	Örnek Türü	B	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
1	Arpa	238,8	0,19	0,31	3,68	20,49	12,41	0,76	0,08	1,11
2	Buğday	27,1	0,87	0,17	1,64	14,87	44,21	0,74	0,11	2,71
3	Buğday	78,6	0,53	0,2	1,23	15,94	30,09	1,94	0,97	1,83
4	Buğday	68,7	0,21	0,25	0,9	12,56	60,91	1,99	0,04	0,56
5	Patates	65,4	0,14	0,75	2,47	69,24	40,04	2,93	0,29	0,91
6	Mısır	48,9	0,95	0,22	1,02	36,32	35,51	0,9	0,43	1,34
7	Patates	86,3	0,17	1,32	2,95	25,56	33,53	3,97	0,34	2,47
8	Buğday	69,4	0,13	0,12	0,48	18,52	28,31	2,66	0,23	1,59
9	Buğday	320,7	0,12	0,11	0,12	10,66	20,79	3,37	1,01	1,93
10	Ş.Pancarı	67,4	0,16	0,53	2,02	14,85	22,39	0,76	0,98	1,05
11	Mısır	28	0,15	0,05	0,49	8,99	10,44	0,34	0,28	3,43
12	Arpa	394,1	0,2	0,34	1,24	14,28	10,86	5,47	0,45	6,09
13	Arpa	278,6	0,13	0,1	0,19	7,43	8,68	3,05	1,03	5,18
14	Buğday	115,1	0,11	0,09	0,12	0,91	40,16	4,93	0,09	0,85
15	Ş.Pancarı	36,1	0,11	0,05	0,07	2,65	50,80	0,49	0,25	2,17
16	Ş.Pancarı	51,6	0,14	0,6	1,38	11,76	51,56	0,89	0,71	0,18
17	Buğday	315,5	0,22	0,37	1,84	12,68	28,89	1,48	0,22	5,87
18	Mısır	208,3	0,15	0,06	0,27	4,44	20,95	0,3	0,48	4,41
19	Mısır	235,8	0,12	0,07	1,13	6,74	50,36	0,79	0,07	1,26
20	Buğday	364,9	0,19	0,09	0,09	8,71	19,11	0,82	0,05	6,19
21	Buğday	133,3	0,14	0,17	0,11	9,98	20,15	0,89	0,06	0,32
22	Buğday	105,4	0,15	0,24	0,95	10,57	60,43	1,2	0,66	3,71
23	Mısır	147,2	0,12	0,05	1,59	2,24	14,66	0,88	0,16	3,02
24	Buğday	34,6	0,08	0,15	0,16	1,26	26,39	0,69	0,33	0,31
25	Ş.Pancarı	49,4	0,11	0,25	0,07	3,59	30,89	0,48	0,08	0,72
26	Buğday	176	0,09	0,08	0,16	0,95	20,14	1,38	0,15	0,46
27	Kornişon	5,1	0,06	0,04	0,06	0,77	10,66	0,08	0,23	0,96
28	Lahana	60,7	0,14	0,16	0,15	1,93	40,79	0,17	0,15	0,47
29	Domates	47,3	0,11	0,1	0,11	1,01	80,06	0,11	0,09	0,83
30	Mısır	88,9	0,99	0,45	0,12	18,02	19,70	0,97	0,71	1,12
31	Ş.Pancarı	44,6	0,12	1,03	0,17	9,66	19,90	1,4	0,14	0,98
32	Mısır	223,4	0,37	0,28	0,26	7,23	20,71	1,26	0,19	5,01
33	Buğday	99,9	0,86	0,19	0,15	18,52	14,83	1,89	0,11	1,99

Çizelge 4.4.^(devam)

34	Buğday	40,8	0,11	0,12	0,11	1,67	60,76	0,79	0,35	0,22
35	Arpa	61,2	0,14	0,11	0,06	2,4	20,98	1,12	0,74	0,78
36	Buğday	104,2	1,06	0,46	6,03	28,08	69,83	1,25	0,23	2,85
37	Mısır	140,1	0,42	0,45	2,02	16,26	24,59	1,99	0,88	7,29
38	Buğday	208,3	0,94	0,37	1,97	14,13	74,13	3,17	0,96	8,08
39	Ş.Pancarı	129,7	1,01	0,78	0,33	16,96	49,36	1,74	0,21	0,32
40	Domates	112,1	0,16	0,38	0,08	8,49	7,14	0,86	0,53	3,61
Ölçüt		200	2	10	3	20	100	1	1	10
Ort.		127,78	0,30	0,29	0,94	12,28	32,65	1,52	0,37	2,35
Max.		394,1	1,06	1,32	6,03	69,24	80,06	5,47	1,03	8,08
Min.		5,1	0,06	0,05	0,06	0,91	8,68	0,3	0,04	0,18



Şekil 4.1. Sandıklı Jeotermal Sahası Atık Suyu Deşarj Noktası



Şekil 4.2. Sandıklı'da Jeotermal Atıkların Karıştığı Akarsudan Tarla Sulama İçin Su Çeken Düzenek



Şekil 4.3. Bolvadin Aşar Emaye Fabrikası Atık Su Deşarj Noktası – Develi Çayı



Şekil 4.4. Bolvadin Develi Çayı'na Et Entegre Tesisleri Atık Su Deşarjı



Şekil 4.5. Emaye ve Et Entegre Tesislerinin Atıklarının Karıştığı Develi Çayı'ndan Tarla Sulama İçin Su Çekilen Düzenek



Şekil 4.6. Gazlıgöl Jeotermal Sahasında Termal Atık Suların Deşarj Noktası



Şekil 4.7. Gazlıgöl 'de Termal Tesislerle Yan Yana Buğday Tarlası



Şekil 4.8. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Sınırında Tarlalar



Şekil 4.9. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Sınırında Şeker Pancarı Tarlası



Şekil 4.10. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Sınırında Domates Tarlası



Şekil 4.11. Ömer-Gecek Jeotermal Sahasında Şeker Pancarı ve Arpa Tarlası



Şekil 4.12. Akarçay Nehri'nden Tarla Sulama İçin Su Çekilen Düzenek

5. TARTIŞMA

Afyonkarahisar ilinde bulunan Sandıklı, Gazlıgöl, Ömer-Gecek jeotermal sahaları, Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi ve Bolvadin küçük sanayi sitesi çevresinde bulunan tesislerin toprak ve bitkiler için oluşturduğu potansiyel kirlilik düzeyini araştırmak bu çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla bölge topraklarından ve bu topraklarda yetişen kültür bitkilerinden örnekler alınarak ağır metal ve Bor analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar bilimsel literatür ışığında aşağıda tartışılmıştır.

5.1. Krom (Cr)

Araştırmamızda analizleri yapılan 20 lokasyondaki topraklarda toplam Cr konsantrasyonları 12,81-81,61 ppm aralığında bulunmuştur. Topraklardaki Cr kritik değeri Kloke (1980) tarafından 100 ppm olarak bildirilmiştir. Kabata-Pendias ve Pendias (1984) ise topraklarda 75-100 ppm aralığındaki Cr miktarının normal olduğunu bildirmiştir. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğindeki (2005) Cr sınır değeri pH > 6 olan topraklarda 100 ppm olarak açıklanmıştır. Özbek vd. (1995), topraklardaki Cr miktarının ana materyale göre değişebileceğini ve 5-100 ppm aralığında bulunduğunu bildirmiştir.

Çalışmamızdaki incelenen topraklarda Cr konsantrasyonları sınır değer olan 100 ppm'in altındadır. Bu sonuçlara göre Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresindeki topraklarda Cr kirliliği tespit edilememiştir.

Bu konuda yapılmış daha önceki çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, Tuna vd. (2005), Muğla ilinde bulunan termik santraller etrafındaki topraklarda yaptıkları analizlerde 39,6-57,5 ppm aralığında Cr konsantrasyonu tespit etmişlerdir. Rademacher (2001), ormanlarda 2500 farklı lokasyondaki toprakta yaptığı Cr analizlerinde 17-567 ppm aralığında Cr konsantrasyonu olduğunu bildirmiştir. Kabata-Pendias ve Pendias (2001), farklı tip topraklarda yaptıkları çalışmalarda ortalama Cr konsantrasyonlarının 7-215 ppm

aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Dağdeviren (2007), yaptığı analizlerde Çorlu ve civarındaki topraklarda 10,13-150,1 ppm aralığında Cr konsantrasyonu olduğunu bildirmiştir. Marchiol vd. (2004), kalitesiz sulama suyuyla sulanan tarım alanlarında yaptıkları çalışmalarda toprakların Cr içeriğinin 165 ppm olduğunu rapor etmişlerdir. Mico vd. (2007), İspanya'daki topraklarda yaptıkları çalışmalarda tarım topraklarının kirlilik eşiğini araştırmışlar ve Cr elementi için bu sınırın 36 ppm olduğunu bildirmişlerdir.

Bu sonuçlar ışığında analizleri yapılan 20 lokasyondaki topraklarda Cr ağır metali yönünden herhangi bir kirlenme olmadığı söylenebilir.

Analizleri yapılan 40 lokasyondaki bitki yapraklarında bulunan toplam Cr elementi konsantrasyonları 0,06-1,06 ppm aralığında tespit edilmiştir. Nichol ve Beckett (1985), bitkilerde %10 verim düşüklüğü oluşturabilecek olan Cr elementi konsantrasyonunun 2-18 ppm aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Kabata-Pendias ve Pendias (1984), kritik Cr konsantrasyonunun bitkiler için 5-30 ppm olduğunu bildirmişlerdir. Sauerbeck (1982), toksik etki yapabilecek Cr konsantrasyonunun 1-2 ppm olduğunu belirtmiştir. Özbek vd. (1995), bitkilerde kuru maddede 100 ppm Cr'nin birçok yüksek bitki için toksik olduğunu bildirmiştir. Scheffer ve Schachtschabel (1989), bitkilerde 0,1-1 ppm Cr değerinin normal olduğunu rapor etmiştir. Kritik değer olarak 2 ppm Cr konsantrasyonunu baz aldığında Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresindeki bitkilerde Cr yönünden kirlenme olmadığı anlaşılmaktadır.

Sauerbeck'in (1982) bildirdiği 1-2 ppm aralığında kalan 36 ve 39 numaralı yaprak örneklerinde Cr konsantrasyonları sırasıyla 1,06 ppm ve 1,01 ppm olarak tespit edilmiştir. Diğer örneklerde bu değer 1 ppm konsantrasyonunun altında çıkmıştır. Bu iki lokasyonda diğer bölgelere göre Cr konsantrasyonunun yüksek çıkmasının sebebinin, ıslah ve peyzaj çalışmaları yapılan Akarçay nehrinden motopomp ile su çekilip tarla sulamasında kullanılması olduğu düşünülmektedir.

Bitkilerdeki Cr konsantrasyonları üzerine yapılmış diğer çalışmalarda, örneğin; Hakerlerler ve Höfner (1984), gübre fabrikası çevresinde yetişen bitkilerin yapraklarında 2,8-11,5 ppm aralığında Cr konsantrasyonu olduğunu bildirmişlerdir. Yine Tuna vd. (2005), Yatağan, Gökova ve Yeniköy termik santralleri çevresinde

yetişen çam ve zeytin ağaçlarının yapraklarında 1,5-2,3 ppm Cr konsantrasyonu olduğu rapor edilmişlerdir. Kabata-Pendias ve Pendias (2001), üç farklı ülkede besin olarak kullanılan bitkilerdeki Cr konsantrasyonlarının 0,02-0,2 ppm aralığında olduğu bildirmişlerdir.

Bu sonuçlara göre 36. ve 39. lokasyon haricindeki bitki örnekleri için Cr elementi yönünden bir kirliliğin olmadığı söylenebilir. Bu iki lokasyondaki bitkiler içinse Cr kirliliğinin alt sınıra çok yakın olduğu göz önüne alındığında kirlenmenin yeni başladığı söylenebilir.

5.2. Kobalt (Co)

Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresindeki topraklarda toplam Co elementi konsantrasyonları 4,92-19,44 ppm aralığında tespit edilmiştir. Kacar ve Katkat (2007), toprakların Co içeriklerinin 1-70 ppm, ortalama Co konsantrasyonunun ise 8 ppm olduğunu bildirmişlerdir. Kloke (1980), Co elementi için topraktaki kritik değer 50 ppm olduğunu rapor etmiştir. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (2005) göre kirlenmiş topraklarda arıtma sonucu bulunabilecek Co elementi sınır değeri 20 ppm'dir.

Analiz sonuçlarından elde ettiğimiz verilere göre Afyonkarahisar'daki Ömer-Gecek, Sandıklı, Gazlıgöl jeotermal sahalarında, organize sanayi bölgesi çevresinde ve Bolvadin küçük sanayi sitesi çevresindeki topraklarda Co elementi açısından bir kirlilik tespit edilememiştir.

Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalarda ise farklı sonuçlar elde edilmiştir. Keleş (2007), Konya ilindeki otoyol kenarlarında bulunan topraklarda yaptığı analizler sonucunda ortalama 0,32-102,48 ppm aralığında Co konsantrasyonu olduğunu rapor etmiştir. Smith (1990), farklı kayaçlar üzerinde oluşmuş topraklarda yaptığı çalışmalar sonucunda Co konsantrasyonlarının 1-200 ppm aralığında olduğunu bildirmiştir. Tuna vd. (2005), Muğla çevresindeki 3 ayrı termik santral çevresinde bulunan topraklarda 17,2-22,8 ppm aralığında Co konsantrasyonu olduğu açıklanmışlardır. Bayrak (2004), Edirne ilinde bulunan Gala Gölü çevresinde yaptığı

çalışmalarda yaz aylarında Co konsantrasyonlarının diğer aylara göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Mico vd. (2007), İşpanya tarım topraklarının Co elementi aasında kirlilik eşiğinin 11 ppm olduğunu rapor etmişlerdir.

Tüm bu verilere göre çalışmamızdaki 20 lokasyonda bulunan topraklarda Co bakımından bir kirlenme olmadığı söylenebilir.

Çalışma yapılan 40 lokasyondaki bitki örneklerinde toplam Co elementi konsantrasyonları 0,05-1,32 ppm aralığında bulunmuştur. Sauerbeck (1982), Co elementinin bitkilerde toksik etki yapabilecek olan konsantrasyonunun 10-20 ppm aralığında olduğunu bildirmiştir. Nichol ve Beckett (1985), bitkilerde %10 verim duşukluğu meydana getirebilecek olan Co konsantrasyonunun 4-40 ppm aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Kacar ve Katkat (2007), yem bitkilerinde kuru madde esasına göre Co içeriğinin 60 ppm 'den fazla olduğu durumlarda hayvanlarda zararlar gorulebildiğini bildirmişlerdir.

Bu durumda analizleri yapılan 40 lokasyondaki bitkilerde herhangi bir Co kirliliğinden söz edilemez.

Daha oncelki çalışmalarda ise Tuna vd. (2005) Gökova, Yatağan ve Yeniköy termik santralleri çevresinde yaptıkları çalışmalarda, bu bölgelere yetişen bitki yapraklarındaki Co konsantrasyonlarının 2,2-2,4 ppm aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Keleş (2007), Konya ilindeki bitkilerde yaptığı analizlerde Co elementi konsantrasyonlarının 0-7,02 ppm aralığında olduğunu bildirmiştir. Kırbağ-Zengin ve Munzuroğlu (2005), 0,5 - 0,7 ve 1 mM konsantrasyonlarında Co uygulanan bitkilerde kök, gövde uzunluğu ve yaprak alanında azalma olduğunu açıklamışlardır.

Bu veriler göz onune alındığında Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresindeki bitkilerde Co yonunden kirlenme olmadığını söyleyebiliriz.

5.3. Nikel (Ni)

Çalışmamızdaki jeotermal turizm ve sanayi tesisleri etrafında bulunan topraklarda toplam Ni elementi konsantrasyonları 7,58-44,91 ppm aralığında bulunmuştur. Kabata-Pendias ve Pendias (1992), Ni elementi miktarının farklı ülke topraklarında

0,2-450 ppm gibi geniş sınırlar içinde olduğunu rapor etmişlerdir. Kabata-Pendias ve Pendias (1984), topraklardaki Ni elementi kritik değerinin 100 ppm olduğunu bildirmişlerdir. Kloke (1980) ise bu kritik değerinin 50 ppm olduğunu bildirmiştir. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (2005) göre ise topraklardaki Ni elementi sınır değeri 75 ppm olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızın sonuçlarına bakıldığında Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresindeki toprakların Ni elementi açısından kirlilik arz etmediği anlaşılmaktadır.

Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ure ve Berrow (1982), yaptıkları çalışmalarda 13000 toprak örneğinin ortalama Ni konsantrasyonunun 93 ppm olduğu bildirmişlerdir. Başar vd. (2004), İznik Gölü havzasında bulunan topraklarda yaptıkları çalışmalarda Ni elementi konsantrasyonlarını 0,08-1,28 ppm aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Başar vd. (2001), Bursa İlinde Nilüfer Çayı ile sulanan şeftali bahçelerinin tamamında Ni kirliliği olduğunu ve 48,13-189,38 ppm aralığında Ni konsantrasyonu içerdiklerini bildirmişlerdir. Mico vd. (2007), yaptıkları çalışmalarda İspanya topraklarının Ni elementi için kirlilik eşik değerinin 31 ppm olduğunu belirtmişlerdir. Marchiol vd. (2004), sulamada kalitesiz su kullanmanın neden olabileceği kirliliği araştırdıkları çalışmalarında tarım alanlarında başlangıçtaki Ni konsantrasyonlarının 46,9 ppm olduğunu rapor etmişlerdir.

Tüm bu verilere göre çalışmamıza konu olan 20 lokasyondaki topraklarla Ni elementi bakımından kirlilik olmadığı söylenebilir.

Analizleri yapılan 40 lokasyondaki bitki yapraklarında toplam Ni elementi konsantrasyonları 0,06-6,03 ppm aralığında bulunmuştur. Nikel elementinin bitkiler için toksik değeri Bollard (1983) ve Asher (1991) tarafından hassas bitkilerde 10 ppm, orta derecede duyarlı bitkilerde ise 50 ppm Ni olarak bildirilmiştir. Bowen (1979) ise bitkilerde normal olarak 0,02-5,0 ppm arasında Ni bulunabileceğini bildirmiştir. Buna karşılık Scheffer ve Schachtschabel (1989) bitkilerdeki Ni konsantrasyonunun 3 ppm'in altında olduğunu açıklamışlardır.

Elde ettiğimiz verilere göre Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde 40 lokasyondan alınan bitki örneklerinin 1. (3,68 ppm) ve 36. (6,03ppm) bitki örneği olmak üzere 2 tanesinde Ni elementi seviyesi 3 ppm düzeyinin üzerinde çıkmıştır.

Ni elementi yüksek bitkilerde önemli işlevleri bilinen üreaz ve pek çok hidrogenaz enzimlerinin metal yapı maddesidir (Dixon vd., 1975; Ankel-Fuchs ve Thaurer, 1988).

Ni toksisitesi genellikle kanalizasyon atıklarının olduğu bölgelerde görülür. 1 numaralı bitki örneğinin alındığı nokta Sandıklı jeotermal sahasında bulunan Termal Park Otel'in ana logarının yanında olması ve kanalizasyon şebekesi kurulmadan önce atıkların burada depolanmış olması, bu bölgedeki Ni seviyesi yüksekliğini açıklamaktadır. Kanalizasyon şebekesinden herhangi bir sızıntı olmadığında zaman içerisinde buradaki Ni seviyesinin düşeceği ve normal sınırlar içerisinde yer alacağı düşünülmektedir.

36 numaralı bitki örneğinde Ni konsantrasyonunun yüksek çıkması birden fazla nedene bağlı olabilir. 36. bitki örneğinin alındığı topraktaki pH seviyesi aynı bölgedeki diğer toprakların pH seviyesine göre çok daha düşüktür (pH=6,5). Ni elementinin düşük pH'larda çözünürlüğünün artmasıyla bitkiye geçmiş olması muhtemel bir sonuçtur. Ayrıca bölgenin jeotermal kaynaklara yakınlığı göz önüne alındığında Ni elementi çözünürlüğünün artacağı ve bitki tarafından alınabileceği düşünülmektedir.

Ni ağır metali üzerine yapılmış diğer çalışmalarda örneğin, Tuna vd. (2005) Yatağan, Gökova ve Yeniköy termik santralleri çevresinde yaptıkları çalışmalarda bölgedeki bitkilerin yapraklarında bulunan Ni elementi konsantrasyonlarının 2,6-5 ppm aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Keleş (2007), Konya ili ve çevresindeki otoyol kenarlarında yetişen bitkilerde yaptığı çalışmalarda ortalama 41,06-266,55 ppm aralığında Ni konsantrasyonu olduğunu bildirmiştir. Kabata-Pendias ve Pendias (2001), kirlenme olasılığı yüksek olan farklı bölgelerde yaptıkları çalışmalarda bitki örneklerindeki Ni konsantrasyonlarının 1,6-4,03 ppm aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızdaki 40 lokasyondan alınan bitki örnekleri için aşırı bir Ni kirliliğinden söz edilemez. Yalnızca 36 numaralı bitki örneğinin alındığı noktada Ni elementi bakımından kirlenmenin başladığı söylenebilir.

5.4. Bakır (Cu)

Ömer-Gecek, Gazlıgöl ve Sandıklı jeotermal bölgeleri, Afyonkarahisar organize sanayi bölgesi ve Bolvadin küçük sanayi bölgesi topraklarında yapılan çalışmalarda toplam Cu elementi konsantrasyonları 15,55-41,49 ppm aralığında bulunmuştur.

Kacar ve Katkat (2007), tarım topraklarının toplam Cu içeriğinin 1-50 ppm aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Kloke (1980) ise topraklardaki toplam Cu miktarının 100 ppm seviyesinde olduğunu bildirmiştir. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (2005) göre ise pH> 6 olan topraklarda Cu elementi açısından sınır değer 140 ppm olarak açıklanmıştır.

Bu bilgiler ışığında çalışma yapılan bölgelerin topraklarında herhangi bir Cu elementi kirliliğinden söz edilemez. Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Örneğin; Tuna vd. (2005), Muğla yöresinde bulunan 3 adet termik santral çevresindeki topraklarda yaptıkları çalışmalarda toplam Cu elementi konsantrasyonlarının 18,4-25,3 ppm aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Başar vd. (2004) ise İznik Gölü havzasında farklı su kaynaklarıyla sulanan topraklardaki Cu elementi konsantrasyonlarının 25,64-140,02 ppm aralığında bulunduğunu rapor etmişlerdir. Yine Kabata-Pendias ve Pendias (2001), farklı ülkelerin topraklarında Cu elementi konsantrasyonlarının 1-323 ppm aralığında bulunduğunu bildirmişlerdir. Xu vd. (2006), yaptıkları çalışmalarda toprağa artan dozlarda Cu uygulamışlar ve çeltik bitkisindeki verim değişliğini izlemişlerdir. Toprakta 100 ppm Cu bulunduğunda %10, 300-500 ppm Cu bulunduğunda %50 ve 1000 ppm Cu bulunduğunda ise %90 verim azalması olduğunu rapor etmişlerdir.

Çalışmamızdan elde edilen verilere göre Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresindeki toprakların Cu elementi bakımından kirli olmadığı söylenebilir.

Araştırmamızda 40 lokasyondan alınan bitki örneklerindeki toplam Cu elementi konsantrasyonları 0,91-69,24 ppm aralığında bulunmuştur.

Robson ve Reuter (1981), bitkilerin Cu içeriklerinin genellikle 5-20 ppm aralığında olduğunu, 30 ppm'in üzerinde olduğunda ise zehir etkisi yapabileceğini rapor etmişlerdir.

Çalışmamızın sonuçlarından elde ettiğimiz verilere göre 30 ppm'in üzerinde Cu konsantrasyonuna sahip 5 (69,24 ppm) ve 6 (36,32 ppm) numaralı bitki örnekleri olmak üzere 2 lokasyon bulunmaktadır. 1 (20,49 ppm), 7 (25,56 ppm) ve 36 (28,08 ppm) numaralı bitki örneklerinde ise 20 ppm düzeyinin üzerinde Cu miktarı saptanmıştır.

Bitkilerin Cu içerikleri bitkilerin türüne, çeşidine, organlarına ve gelişme ortamında bulunan Cu miktarına göre değişkenlik gösterir. Jones vd. (1991), farklı bitkilerin değişik organlarında yaptıkları çalışmalarda, kışlık buğday yaprağındaki yeterli olabilecek Cu miktarının 50 ppm, tütün bitkisinin genç yapraklarında yeterli olabilecek Cu miktarının ise 60 ppm olduğunu bu seviyelerin üzerindeki konsantrasyonların ise fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuçlardan elde edilen verilere göre en yüksek Cu konsantrasyonunun bulunduğu 5 numaralı bitki örneği, Sandıklı Jeotermal bölgesinin atıklarının karıştığı akarsudan motopomp ile su çekilerek sulanan tarladan alınmıştır. Aynı tarlada yetişen 6 numaralı bitki örneğinde ise Cu elementi konsantrasyonu 36,32 ppm çıkmıştır. Bu iki örnekte de Robson ve Reuter 'in (1981) bildirdiği 30 ppm Cu konsantrasyonu seviyesinden yüksek değerler bulunmuştur. Bunun nedeni jeotermal ve atık suların karıştığı akarsuların sulamada kullanılması olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Hill vd. (1978) ve Gartrell (1981) düşük azot miktarının bitkide Cu alımını artırdığını bildirmişlerdir.

Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalarda ise; örneğin Tsushida ve Takeo (1977) çay bitkileri üzerinde yaptıkları çalışmalarda çay yapraklarındaki Cu miktarının yöresel olarak değiştiğini ve 4,7-36,5 ppm aralığında bulunduğunu bildirmişlerdir. Tuna vd. (2005) ise Muğla'daki termik santraller etrafında yetişen bitkilerde Cu konsantrasyonlarının 4-7,1 ppm aralığında olduğunu rapor etmişlerdir.

Çalışmamızdaki çoğu lokasyonda Cu kirliliği bulunmazken, 1, 7 ve 36 numaralı bitki örneklerinde kirlenmenin başladığı, 5 ve 6 numaralı bitki örneklerinin ise Cu elementi bakımından kirlenmiş olduğunu söyleyebiliriz.

5.5. Çinko (Zn)

Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin araştırıldığı çalışmamızda 20 lokasyondaki toprak örneklerinin toplam Zn elementi konsantrasyonları 10,86-40,64 ppm aralığında tespit edilmiştir.

Karanlık (1995), toprakların toplam Zn miktarının genelde 10-300 ppm arasında olduğunu rapor etmiştir. Krauskopf (1972) ise litosferdeki ortalama Zn miktarının 80 ppm olduğunu bildirmiştir. Yine Kloke (1980) topraklardaki Zn elementi konsantrasyonunun kritik değerinin 300 ppm olduğunu rapor etmiştir. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (2005) göre pH> 6 olan topraklarda Zn elementi sınır değeri 300 ppm'dir.

Bu verilere göre araştırmamıza konu olan 20 lokasyondaki topraklarda Zn elementi yönünden bir kirlenmenin olmadığını söyleyebiliriz. Bu konuda yapılmış daha önceki çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Örneğin, Rademacher (2001) 4000 adet orman toprağında yaptığı çalışmalarda Zn konsantrasyonlarının maksimum değerinin 638 ppm, ortalama değerinin ise 51 ppm olduğunu bildirmiştir. Tuna vd. (2005), Muğla yöresi termik santrallerinin çevresindeki topraklarda yaptıkları çalışmalarda 62,91-91,5 ppm aralığında Zn konsantrasyonu olduğunu rapor etmişlerdir. Eyüpoğlu vd. (1996), Türkiye topraklarını temsilen 1511 toprak örneğinde yaptıkları çalışmalarda örneklerin %49,8'inde bitkiye yarayışlı Zn bakımından noksanlık tespit edildiğini bildirmişlerdir. Mico vd. (2007), İspanya tarım topraklarının ağır metal kirliliği eşiğini araştırdıkları çalışmalarında Zn için bu değer 83 ppm olduğunu bildirmişlerdir. Keleş (2007) ise Konya ili sınırlarındaki otoyol kenarlarında bulunan topraklarda yaptığı çalışmalarda Zn elementi konsantrasyonlarının ortalama 22-225 ppm aralığında olduğunu rapor etmiştir.

Bu veriler ışığında Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi bölgeleri çevresinde Zn elementi bakımından bir kirlenmenin olmadığı söylenebilir.

Analizleri yapılan Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde yetişen bitkilerde Zn elementi konsantrasyonları 8,68-80,06 ppm aralığında bulunmuştur. Kacar ve Katkat (2007), kültür bitkilerinin Zn içeriklerinin kuru madde esasına göre normal olarak 20-100 ppm arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Sauerbeck (1982), bitkiler için kritik Zn konsantrasyonunun 150-200 ppm olduğunu bildirmiştir. Özbek vd. (1995), bitkilerde normal Zn konsantrasyonları 5-100 ppm arasında olduğunu, toksik etkilerin ise genellikle 400 ppm 'den sonra başladığını rapor etmişlerdir.

Bu durumda Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde yetişen bitkilerde Zn elementi bakımından bir kirlenmenin olmadığı söylenebilir.

Daha önce yapılmış çalışmalarda ise; örneğin, Keleş (2007) Konya ilinde otoyol kenarlarında yetişen bitkilerde yaptığı çalışmalarda ortalama Zn konsantrasyonlarının 184,30-884,48 ppm aralığında olduğunu rapor etmiştir. Kırbağ-Zengin ve Munzuroğlu (2005), bitkilerde Co ve Zn elementlerinin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, farklı konsantrasyonlarda Zn uygulamasının bitkilerde kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine yavaşlatıcı etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Osma vd. (2012), İstanbul ilindeki bazı bitki ve topraklarda ağır metal birikmesini araştırdıkları çalışmalarında, 6 lokasyonda bulunan bitkilerde Zn konsantrasyonların 3,70-5,74 ppm aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Tok vd. (2004), Edirne ilinde 50 farklı çeltik tarlasında yaptıkları çalışmalarında Zn konsantrasyonlarının kök, yaprak, dane ve kavuz örneklerinde tespit edildiğini, köklerde toksik konsantrasyonlarda bulunduğunu rapor etmişlerdir.

Bu sonuçlardan elde edilen verilere göre çalışma yapılan bölgelerde yetişen bitkilerde Zn kirliliğine rastlanmamıştır.

5.6. Arsenik (As)

Jeotermal otel sayılarının sürekli arttığı Afyonkarahisar ilinin bazı jeotermal turizm ve sanayi bölgeleri çevresindeki topraklarda yaptığımız çalışmalarda toplam As elementi konsantrasyonları 6,75-228,2 ppm aralığında bulunmuştur.

Yağmur ve Hancı (2002), As elementi üzerine yaptıkları araştırmalarda topraklarda genellikle 0,1-40 ppm arasında As bulunabileceğini rapor etmişlerdir. Arsenik yer kabuğunda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu 2 ppm düzeyindedir (NAS, 1997). Hapke (1988), topraklarda doğal olarak bulunan As konsantrasyonlarının 1-70 ppm aralığında olduğunu bildirmiştir. Toprak Kirliliği kontrolü Yönetmeliğine (2005) göre ise arıtma sonucu topraklarda bulunması gereken As elementi sınır konsantrasyonu 20 ppm'dir.

Sınır değer olarak 20 ppm As konsantrasyonunu baz aldığımızda Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde 20 lokasyondan aldığımız toprak örneklerinin 11 adedi bu sınır değerinin üzerine çıkmıştır. Bu lokasyonlar 2 (60,27 ppm), 3 (20,39 ppm), 4 (68,37 ppm), 5 (45,86 ppm), 6 (61,58 ppm), 7 (22,81 ppm), 8 (61,37 ppm), 13 (44,05 ppm), 18 (228,2 ppm), 19 (45,27 ppm) ve 20 (56,84 ppm) numaralı toprak örneklerinin alındığı bölgelerdir.

As sular aracılığıyla ekolojik sistemlere dağılır ve canlılarda toksik etkilere sebep olur. Bu toksik etkiler görme bozuklukları, cilt hastalıkları, karaciğer hastalıkları ve kansızlık gibi birçok hastalığa neden olmaktadır (Yılmaz ve Ekici, 2004). Şimşek (2005), İzmir ilinin bazı jeotermal bölgelerinde yaptığı çalışmalarda As kirliliği olduğunu bildirmiştir. Özellikle Balçova jeotermal bölgesinde, termal suyun As konsantrasyonunun içme suyu standartlarından çok yüksek olduğunu rapor etmiştir. Özkul vd. (2011), Kütahya İlinin Emet Havzasında As ve Sb elementlerinin anomalilerini araştırdıkları çalışmalarında topraklardaki As konsantrasyonlarının 0,40-2488,40 ppm aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Opera vd. (2010), Romanya topraklarında yaptıkları çalışmalarda As elementi konsantrasyonlarının 2,4-295 ppm aralığında olduğunu rapor etmişlerdir.

Bu veriler ışığında Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde bulunan 20 lokasyondaki toprakların 11 tanesinde As bakımından kirlenmenin

olduğu söylenebilir. Kirlenmenin kaynağı olarak da jeotermal suların içerdiği As gösterilebilir. Diğer 9 lokasyon için ise herhangi bir As kirlenmesinin olmadığı söylenebilir. Özellikle Gazlıgöl Jeotermal bölgesi topraklarının tümünde As konsantrasyonları 20 ppm'in altında bulunmuştur.

Araştırmamızda Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde yetişen bitkilerden 40 lokasyonda örnekler toplanmıştır. Toplanan örneklerin toplam As elementi konsantrasyonları 0,3-5,47 ppm aralığında tespit edilmiştir.

Şanlı ve Kaya (1984), bitkilerde normal olan As elementi konsantrasyonlarının 0,1-1,0 ppm aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Hapke (1988), bitkilerde As konsantrasyonlarının 1 ppm üzerine çıkması durumunda bir kontaminasyonun olabileceğini açıklamıştır. Schwarz vd. (1991), hayvansal yemlerde As düzeyinin 1 ppm'i aşması durumunda zehirlenme olgusunun şekillenebileceğini bildirmişlerdir.

Analizleri yapılan 40 lokasyondaki bitki örneklerinin 20 tanesinde As elementi konsantrasyonu 1 ppm sınır düzeyinin altındadır. Diğer 20 lokasyonda bulunan bitkilerde ise As seviyesi 1 ppm seviyesinden yüksektir. Bunlar: 3 (1,94 ppm), 4 (1,99 ppm), 5 (2,93 ppm), 7 (3,97 ppm), 8 (2,66 ppm), 9 (3,97 ppm), 12 (5,47 ppm), 13 (3,05 ppm), 14 (4,93 ppm), 17 (1,48 ppm), 22 (1,2 ppm), 26 (1,38 ppm), 31 (1,4 ppm), 32 (1,26 ppm), 33 (1,89 ppm), 35 (1,12 ppm), 36 (1,25 ppm), 37 (1,99 ppm), 38 (3,17 ppm) ve 39 (1,74 ppm) numaralı lokasyonlardan alınan bitki örnekleridir.

Doğan ve Liman (1994), Kars ve Erzurum bölgelerinde yem bitkilerindeki As elementi düzeyleri üzerine yaptıkları çalışmalarda yem ve yem hammaddelerinde 0,30-2,80 ppm aralığında As elementi konsantrasyonları bulunduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca yemlerde bu düzeylerde bulunan As konsantrasyonlarının zehirlenmelere yol açmayacağını bildirmişlerdir. Özkul vd. (2011), Arseniğin tarımsal ilaçlarda pestisit ve ahşap ürünlerinin muhafazasında emprenye olarak kullanıldığını, bunlarında çevre kirliliğine neden olduğunu rapor etmişlerdir. Bergeland vd. (1976), besi hayvanlarındaki As toksikolojisini araştırdıkları çalışmalarda, genelde toprak ve suyun arsenikle kirlenmiş olduğu bölgelerde, tarımsal ürünlerdeki As konsantrasyonlarının da önemli düzeyde arttığını bildirmişlerdir.

Bu sonuçlara göre çalışmamızdaki As konsantrasyonu 1 ppm seviyesinden yüksek çıkan 20 loasyondaki bitki örneklerinin As içeren jeotermal suların etkisiyle kirlenmiş olabileceği söylenebilir.

5.7. Kadmiyum (Cd)

Afyonkarahisar ilinde bulunan bazı jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde incelenen topraklarda toplam Cd elementi konsantrasyonları 0,41-7,86 ppm aralığında tespit edilmiştir. Cd elementinin toprakta bulunması gereken sınır değeri Kloke (1980) tarafından 3 ppm olarak bildirilmiştir. Kabata-Pendias ve Pendias (2001), farklı ülkelerden alınan yüzey topraklarının Cd kapsamlarını 0,26-1,10 ppm arasında verirken, Bowen (1979), 0,01-2 ppm arasında olduğunu bildirmiştir. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (2005) göre ise pH > 6 olan topraklarda Cd elementi sınır değeri 3 ppm'dir.

Bu çalışmada incelenen toplam 20 adet toprak örneğinde Cd konsantrasyonları 5 ve 20 numaralı örnekler dışında 1 ppm'in altında bulunmuştur. Bu sonuçlara göre 5 (7,86) ve 20 (3,27) numaralı toprak örnekleri dışında önemli bir Cd kirliliğinden söz etmek mümkün değildir. En yüksek Cd konsantrasyonu Bolvadin ilçesinde bulunan Avşar emaye fabrikası atık su deşarj noktasından alınan toprak örneğinde 7,86 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu noktaya emaye fabrikasından salınan atık sular boşaltıldığından dolayı Cd'nin bu denli yüksek çıktığı düşünülmektedir.

Emaye ve porselen kaplamalarında renk verici ve sağlamlık katma amacıyla inorganik pigmentler kullanılmaktadır. İnorganik pigmentler arasında Cd esaslı pigmentler en canlı kırmızı, sarı ve turuncu rengi verirler. Kadmiyum esaslı sır kaplamaları özellikle porselen-emaye kaplamaları için uygundur ve sıklıkla kullanılmaktadır (www.empol.com.tr/sir_boyalari.asp).

20 numaralı toprak örneğinin alındığı bölge olan Ömer-Gecek jeotermal sahasında bulunan tesislerin eski atık su deşarj noktasında Cd miktarı 3,27 ppm olarak yüksek bir değerde bulunmuştur. Bu noktadan alınan toprak örneğindeki Cd miktarının yüksek olmasının nedeni, sıcak su kaynağına yakın olması ve sıcak su ile toprakta

bulunması muhtemel Cd minarelerinin etkileşime girmesi olarak değerlendirilebilir. Ayrıca bu bölgenin Afyonkarahisar-İzmir, Afyonkarahisar-İstanbul karayollarının hemen yanında olması nedeniyle taşıt lastiklerinde ve motor yağlarında bulunan Cd'nin kirlenmeye sebep olması da muhtemeldir. Afjet AŞ.'nin Ömer-Gecek jeotermal sahasında başlattığı reenjeksiyon ve atık su arıtımı çalışmalarıyla bu bölge topraklarında kirliliğin en aza indirileceği düşünülmektedir.

Ağır metallerin topraktaki oranlarının yüksekliği herhangi bir kirleticinin var olmasına bağlıdır. Örneğin Kabata-Pendias ve Pendias (2001) otoban kenarlarındaki topraklarda Cd kapsamını 1-10 ppm, atık sularla sulanan topraklardaki Cd kapsamını ise 2,5-167 ppm arasında bulunduğunu rapor etmişlerdir. Tuna vd. (2005), Yatağan bölgesindeki termik santrallerden kaynaklanan ağır metal kirliliği üzerine yaptıkları çalışmalarda toprakların Cd kapsamını 0,89-1,14 ppm aralığında bulunduğunu rapor etmişlerdir. Yang vd. (2003), kurşun ve çinko madenlerinin atıklarının olduğu bölgelerde yaptıkları analizlerde Cd konsantrasyonlarının 32 ppm civarında olduğunu bildirmişlerdir.

Haktanır (1987), farklı nitelikteki materyallerin Cd içeriklerinin ayrımlı olduğunu, kömürde 1-2 ppm, taşıt lastiklerinde 20-90 ppm, motor yağlarında 0,5 ppm, yerkabuğunda ortalama 0,18 ppm, kirlenmemiş topraklarda 1 ppm, kirlenmiş topraklarda ise 1-53 ppm konsantrasyonlarında Cd olduğunu bildirmiştir. Dağdeviren (2007), Çorlu civarındaki topraklarda yaptığı ağır metal analizlerinde toprakların Cd içeriklerinin 0-2,44 ppm aralığında olduğunu bildirmiştir.

Tüm bu sonuçlardan anlaşıldığı üzere bu çalışmada da 2 lokasyondan alınan toprak örnekleri hariç olmak üzere önemli bir Cd kirliliğine rastlanılmamıştır.

Jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinden alınan ve analizleri yapılan bitki örneklerinin toplam Cd elementi konsantrasyonları 0,04-1,03 ppm aralığında bulunmuştur. Sauerbeck (1985), bitkilerdeki normal Cd konsantrasyonunun 0,1-1,0 ppm arasında olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca 3 ppm ve üzerindeki konsantrasyonlarda Cd içeren bitkilerin düzenli olarak tüketilmesinin zehir etkisi yapacağını bildirmiştir. Özbek vd. (1995), Cd elementinin bitkilerde 1 ppm değerinden fazla olmasının toksik etkilere neden olabileceğini rapor etmişlerdir.

Çalışmamızda analizleri yapılan toplam 40 bitki yaprağı örneğinde 9 ve 13 numaralı bitki örnekleri dışında Cd konsantrasyonları 1 ppm sınır değerinin altında bulunmuştur. 3, 10 ve 38 numaralı bitki örneklerinin Cd içerikleri 1 ppm sınır seviyesine yakın değerlerde bulunmuştur.

1 ppm Cd konsantrasyonu sınır değerinin üzerinde ve bu değere yakın olan toplam 5 lokasyondaki bitkilerin 3 adedi (9, 10 ve 13) Bolvadin ilçesinde bulunan Avşar emaye fabrikası çevresinde ve bu fabrikaların atık suyunun deşarj edildiği Develi Akarsuyu'ndan sulanan tarlalarda yetişen bitkilerdir.

Kirlilik sınır değerine yakın olan 3 numaralı bitki örneğinin alındığı bölge Sandıklı ilçesinde bulunan jeotermal tesislerden biri olan Termal Park Otel çevresindedir. Bu örnekteki Cd seviyesinin yüksek çıkmasının nedeninin sıcak suyun etkisi olabileceği düşünülmektedir.

38 numaralı bitki örneğinin alındığı bölge olan Ömer-Gecek jeotermal sahası Afyonkarahisar-Kütahya karayolu üzerinde yer almaktadır. Buradaki Cd kirlenmelerinin nedeninin jeotermal etkiden çok taşıtların aşınan lastiklerinden ve motor yağlarından kaynaklanan Cd olduğu düşünülmektedir.

Son yıllarda artış gösteren endüstriyel faaliyetler ve motorlu taşıtların kullanımının neden olduğu Cd ve Pb kirlenmesi ülkemiz için de önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bilhassa tarım için ayrılmış topraklarda bu ağır metallerin birikmesi beslenmemizde önemli yeri olan buğday, arpa ve mısır gibi tarım bitkilerinde önemli ürün kayıplarına yol açmaktadır. Ayrıca bitki dokularında biriken ağır metallerin insan sağlığı açısından da zararı büyük olacaktır.

Doğan (2003), atık sularla sulanan bitkilerde toksik elementlerin birikimi üzerine yaptığı çalışmalarda atık su ile sulanan ve gübre kullanılan ortamlarda yetiştirilen soğanların Cd konsantrasyonlarının insan sağlığı için tehlikeli boyutlara ulaştığını bildirmiştir. Aynı çalışmada temiz su ve atık su uygulanmış ortamlarda yetiştirilen bitkiler kıyaslandığında Cd konsantrasyonlarının atık su ortamında yetişen bitkilerde 2-3 kat daha fazla olduğunu rapor etmiştir. Erdoğan vd. (2005), Kahramanmaraş ilinde yetiştirilen bazı tarım ürünlerinde yaptıkları ağır metal araştırmalarında patates, havuç ve ıspanakta ortalama Cd konsantrasyonlarının sırasıyla 0,02 ppm,

0,019 ppm ve 0,021 ppm olduğunu rapor etmişlerdir. Yusuf vd. (2003), Nijerya’da endüstriyel olmayan alanlarda yetiştirilen bamya ve balkabaklarında yaptıkları ağır metal analizlerinde Cd konsantrasyonlarının sırası ile 0,69 ppm ve 0,82 ppm düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir.

Bu sonuçlardan anlaşıldığı üzere Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde yetiştirilen bitkilerde Cd konsantrasyonları 9 ve 13 numaralı bitki örnekleri dışında Cd kirlilik sınırı olan 1 ppm değerinin altındadır. 3, 10 ve 38 numaralı bitki örnekleri ise kirlenme sınırına yakın değerlerde Cd ihtiva etmektedirler. Diğer 35 bitki örneğinde ise Cd bakımından kirlenmenin olmadığı söylenebilir.

5.8. Kurşun (Pb)

Karayollarının kesişme noktası olan Afyonkarahisar ilinde faaliyet gösteren jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde analizleri yapılan 20 lokasyondaki topraklarda toplam Pb elementi miktarları 10,04-35,77 ppm aralığında tespit edilmiştir.

Kloke(1980), topraklardaki Pb elementi kriter değerinin 100 ppm olduğunu bildirmiştir. Kabata-Pendias ve Pendias (1984) ise topraklarda Pb değişim sınırının 2-300 ppm olduğunu rapor etmişlerdir. Yine Scheffer ve Schachtschabel (1989) yer kabuğunda ortalama 35 ppm Pb bulunduğunu, bu miktarın bazı bölgelerde 75 ppm düzeyine çıktığını bildirmişlerdir. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (2005) göre ise pH> 6 olan topraklarda Pb sınır değeri 300 ppm olarak bildirilmiştir.

Kloke (1980) tarafından bildirilen 100 ppm Pb konsantrasyonu kriter alındığında çalışma yapılan bölge topraklarında henüz Pb bakımından kirlenme olmadığı söylenebilir.

Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Örneğin Rademacher (2001) 3500 orman toprağında yaptığı analizlerde ortalama Pb değerini 27 ppm ve maksimum Pb değerini ise 2114 ppm olarak bildirmiştir. Tuna vd. (2005), Muğla ilinde bulunan termik santraller etrafındaki zeytin ve çam yetişen bölge topraklarında 23,3-40,3 ppm aralığında Pb

konsantrasyonu olduğunu rapor etmişlerdir. Keleş (2007), Konya ilinde araç trafiğinin yoğun olduğu bölgelerdeki topraklarda yaptığı araştırmalarda Pb konsantrasyonlarının 0-252 ppm aralığında olduğunu rapor etmiştir. Kafadar ve Saygıdeğer (2010), Gaziantep ilinde bulunan organize sanayi bölgesinin atık sularıyla sulanan tarlalarda Pb konsantrasyonlarının 17,5-43,69 ppm aralığında olduğunu, bu miktarların her geçen yıl arttığını rapor etmişlerdir. Dağdeviren (2007), Çorlu ve etrafında bulunan topraklarda yaptığı Pb analizlerinde 12,15-181,5 ppm aralığında Pb elementi konsantrasyonu olduğunu bildirmiştir. Yang vd. (2003), kurşun ve çinko madenlerinin etrafında yaptıkları çalışmalarda bölgedeki Pb elementi konsantrasyonlarının yaklaşık 4164 ppm olduğunu rapor etmişlerdir.

Bu sonuçlar göz önüne alındığında araştırmamıza konu olan 20 lokasyondaki topraklardaki Pb elementi bakımından bir kirlenmenin olmadığı söylenebilir.

Jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinden toplanan ve analizleri yapılan toplam 40 adet bitki örneğinde toplam Pb elementi konsantrasyonları 0,18-8,08 ppm aralığında bulunmuştur.

Scheffer ve Schachtschabel (1989), bitkilerde normal Pb konsantrasyonlarının 0,1-6,0 ppm olduğunu bildirmişlerdir. Sauerbeck (1982) ise Pb kritik değerinin bitkiler için 10-20 ppm arasında olduğunu rapor etmiştir. Yine Bowen (1979) bitkilerde 0,2-20 ppm Pb bulunabileceğini bildirmiştir.

Sauerbeck (1982) tarafından bildirilen 10 ppm Pb kritik değeri baz alındığında çalışma yapılan bitki örneklerinde Pb elementi bakımından kirlenme olmadığı söylenebilir.

Daha önceki çalışmalarda, örneğin, Kafadar ve Saygıdeğer (2010) bazı tarım bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarında yaptığı Pb analizlerinde 3,44-28,72 ppm aralığında Pb konsantrasyonu olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı araştırmada Pb konsantrasyonunun kök > gövde > yaprak şeklinde olduğunu bildirmişlerdir. Çavuşoğlu vd. (2008), Kırıkkale - Kırşehir karayolunda yetişen yabani hardal (*Sinapis arvensis* L.) bitkisinde taşıtların neden olduğu Pb kirlenmesini inceledikleri çalışmalarında, elektron dağılım spektroskopisi (EDS) ile incelenen yaprak örneklerindeki Pb yüzdelerini %10,67-%39,07 arasında bulduklarını rapor

etmişlerdir.. Türkan (1986), İzmir il merkezi ve çevreyollarında yetişen bitkilerde yaptığı ağır metal analizlerinde 1800 taşıt/saat yoğunluğu olan karayolların kenarında bulunan bitkilerde 12-13ppm aralığında Pb konsantrasyonunun olduğunu bildirmiştir. Keleş (2007), Konya ilindeki otoyol kenarlarında yetişen bitkilerdeki ortalama Pb konsantrasyonlarının 1,53-15,622 ppm arasında bulunduğunu rapor etmiştir.

Tüm bu sonuçlara göre çalışma yapılan 40 bitki örneğinde 10 ppm Pb kriter değerinin üzerinde Pb konsantrasyonu saptanmamıştır. Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesislerinde yetişen bitkilerin Pb elementi açısından şimdilik bir kirlilik içermediği söylenebilir.

5.9. Bor (B)

Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde analizleri yapılan 20 lokasyondaki topraklarda toplam Bor elementi konsantrasyonları 1,89-16,66 ppm aralığında tespit edilmiştir. Marks vd. (1999), organik madde bakımından zengin topraklar için yüksek olan B konsantrasyonu 2 ppm olarak belirtilmiştir.

Marks vd. (1999) tarafından bildirilen 2 ppm B konsantrasyonu kirlilik sınırı olarak baz alınır ise çalışma yapılan toprak örneklerinin 19 numaralı toprak örneği hariç olmak üzere tamamının B elementi bakımından kirlenmiş olduğu söylenebilir. Gezgin vd. (2001), Konya, Afyon, Karaman, Aksaray, Niğde, Nevşehir ve Kayseri illerini kapsayan Orta Güney Anadolu Bölgesi tarım topraklarında ağır metal ve bor analizleri yapmışlardır. Araştırmada 898 adet toprak örneği incelenmiş ve bunların %18 inin B elementi bakımından kirlenmiş olduğu belirtilmiştir.

Jeotermal kökenli sular birçok elementle birlikte fazla miktarda B elementini de barındırırlar. Badruk (2003), jeotermal sularda B elementinin yanında Li, As, Hg, Ag ve Se gibi ağır metallerin bulunabileceğini rapor etmiştir. Camgöz vd. (2010), Seferihisar termal bölgesinde yaptıkları araştırmalarda jeotermal suların, karıştığı akarsularla sulanan alanlarda zarara yol açtığını ve bu zararın başat etkisinin de B elementinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Afyonkarahisar, jeotermal kaynaklar bakımından en zengin illerimizden birisidir. Jeotermal turizm bakımında da gelişmiş bir il olan Afyonkarahisar'da bu alandaki otel sayıları da her geçen yıl artış göstermektedir. Kılıç ve Kılıç (2009), Jeotermal kökenli suların kullanılmasının ardından reenjeksiyonunun yapılmasının çevre kirliliğini sorununu azaltacağını rapor etmişlerdir.

Toprak analizleri yapılan lokasyonlarda reenjeksiyonun yapıldığı tek bölge Ömer-Gecek Jeotermal sahasıdır. 19 numaralı toprak örneğinin alındığı lokasyon da Ömer-Gecek jeotermal sahası içerisinde yer almaktadır. Aynı bölgeden alınan 17, 18 ve 20 numaralı toprak örneklerinde B konsantrasyonu 2 ppm değerinin üzerindedir. Özellikle 18 numaralı toprak örneğinin alındığı jeotermal atık suların eski deşarj noktasında B konsantrasyonu 6,23 ppm düzeyindedir. B konsantrasyonunun en fazla çıktığı lokasyon ise 5 numaralı toprak örneğinin alındığı Bolvadin ilçesinde bulunan Avşar emaye fabrikasının atık su deşarj noktasıdır. Bolvadin ilçesinde bulunan örnek alma noktalarının (5, 6,7, 8 numaralı toprak örnekleri) tamamında B konsantrasyonları yüksek çıkmıştır. Bu bölgede jeotermal kaynak açısından zengin olup Heybeli kaplıcalarını da barındırmaktadır. Bu yüksek B seviyesinin de bölgede bulunan sıcak su kaynaklarından ve B elementi barındıran kayalardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Afyonkarahisar ili Kırka, Emet gibi B madeni bulunan bölgelere yakın olduğundan diğer lokasyonlar içinde aynı şey söylenebilir.

Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalarda; örneğin, Doğdu ve Bayarı (2002) Afyonkarahisar'da jeotermal kökenli kirlilik araştırdıkları çalışmalarında, jeotermal kökenli suların doğal ya da suni yollarla doğaya deşarj edilmesinin önemli çevre ve sağlık problemlerine yol açacağını belirtmişlerdir. Jeotermal deşarj suyu analizlerinde ise 10,64 ppm B konsantrasyonu tespit ettiklerini rapor etmişlerdir. Zorlu (2006), Kırka bor yataklarına yakın bölgelerde yaptığı ağır metal araştırmalarında topraklardaki B seviyesinin 2-723 ppm aralığında olduğunu rapor etmiştir.

Toprakların bor içerikleri farklı kaynaklarda farklı değerlerde bildirilmiştir. Örneğin Kacar ve Katkat (2007) toprakların toplam B içeriklerinin 20-200 ppm aralığında olduğu rapor etmişlerdir. Özbek vd. (1995), B içeriklerinin magmatik kayalarda 5-15 ppm, sedimenter kayalarda 200 ppm ve topraklarda ise bu değer 5-80 ppm

aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Rose vd. (1979) ise toprakların B içeriklerinin 29 ppm, magmatik kayaçların B içeriklerinin 20-200 ppm, aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Erdoğmuş vd. (2004), yaptıkları araştırmalarda toprakların B içeriklerinin 2-200 ppm aralığında olduğunu bildirmişleridir.

Marks vd.'nin (1999) 2 ppm sınır değerini baz aldığımızda çalışmamıza konu olan Afyonkarahisar Jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde bulunan toprakların 19 numaralı toprak örneği hariç olmak üzere tamamında bu sınırın aşıldığını söyleyebiliriz.

Çalışmalarımızdan elde edilen verilere göre Afyonkarahisar jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresindeki 40 bitki örneğindeki toplam B konsantrasyonları 5,1-394,1 ppm aralığındadır.

Bitkilerin B içerikleri, B alımını etkileyen etmenlerin etkisi altındadır. Kùltür bitkileri B içerikleri yönünden önemli ayrımlılık gösterirler. Genellikle tahıl bitkilerinin B içerikleri daha azdır. Baklagil, pancar, lahana gibi bitkilerin B gereksinimleri ise daha fazladır. Hařhař ve benzeri bitkilerin B içerikleri ise en yüksektir (Kacar ve Katkat, 2007). Buğday ve arpa gibi bitkilerde 5-10 ppm, çift çenekli bitkilerde 20-70 ppm, haşhaş ve benzeri bitkilerde ise 100 ppm B seviyesi noksanlık sınırı olarak bildirilmiştir (Bergmann, 1992). Rose vd. (1979), bitkilerin 230 ppm düzeyinde B içerebildiğini rapor etmişlerdir. Kacar (1984) ise bitkilerin B içeriklerinin 3-60 ppm aralığında olduğunu, bazı bitkilerin 100 ppm ve üzerinde B içerebildiğini ve B konsantrasyonlarının 200 ppm seviyesine ulaştığı durumlarda toksik etkilerin oluşabileceğini bildirmiştir. Yine Özbek vd. (1995) bitkilerin B elementi konsantrasyonlarının 5-100 ppm aralığında olabileceğini bildirmişlerdir.

Kacar (1984) tarafından bildirilen 200 ppm B kritik değerini baz alındığında örnek alınan 40 bitki örneğinden 10 adetinin B bakımından kirlenmiş olduğunu söyleyebiliriz.

En yüksek B konsantrasyonu, Bolvadin ilçesinde bulunan Develi Çayı kenarında bulunan 12 numaralı bitki örneği olan arpa bitkisinden 394,1 ppm olarak tespit edilmiştir. Aynı bölgedeki 9 ve 13 numaralı bitki örneklerinde de B miktarı sırasıyla 320,7 ppm ve 278,6 ppm olarak yüksek bir değerde bulunmuştur.

Gazlıgöl jeotermal bölgesinde de 17, 18, 19 ve 20 numaralı bitki örneklerinde B konsantrasyonları sırasıyla 351,5 ppm, 208,3 ppm, 235,8 ppm ve 364,9 ppm olarak yüksek değerde tespit edilmiştir.

Sandıklı jeotermal bölgesinde ise 1 numaralı bitki örneğinde B seviyesi toksisite sınırının üzerinde olup 238,8 ppm olarak tespit edilmiştir.

Organize sanayi bölgesinde de tek noktada B seviyesi sınır değeri aşmıştır. 32 numaralı bitki örneğinin bulunduğu nokta Akarçay Nehri'nin kollarından biri olup kaynaklandığı yer Gazlıgöl jeotermal bölgesidir. 32 numaralı bitki örneğinde de B miktarı 223,4 ppm olarak tespit edilmiştir.

Ömer-Gecek jeotermal havzasında ise 38 numaralı bitki örneğinde B konsantrasyonu 208,3 ppm olarak bir noktada toksisite sınırının biraz üzerinde çıkmıştır.

Zorlu (2006), Eskişehir'de bulunan Kırka bor yatakları çevresinde yetişen bitkilerde yaptığı B analizlerinde 31-1197 ppm aralığında B konsantrasyonları bulunduğunu rapor etmiştir. Gregory ve Kelly (1997), Avusturalya'daki bazı bitkilerde yaptıkları B analizlerinde bitkilerin B içeriklerinin 0,16-4,51 mg/100g aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Saygıdeğer-Demir (2005), Pozantı (Adana) ve Kemerhisar (Niğde) bölgelerinde yetişen üzümelerde yaptığı B analizlerinde üzümlerin B içeriklerinin 5-6 ppm düzeyinde olduğunu rapor etmiştir. Robinson vd. (2007), 30 mg/L bor içeren topraklarda yetişen kavak ağaçlarında yaptıkları analizlerde yaprakların bor içeriklerinin 845 ppm, gövdenin bor içeriğinin ise 21 ppm olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre 10 lokasyondaki bitki örnekleri Kacar (1984) 'ün bildirdiği 200 ppm seviyesinden yüksek B içermektedir. Bu kirlenmenin Afyonkarahisar'da bulunan jeotermal kaynaklardan ve bölgenin Kırka (Eskişehir) ve Emet (Kütahya) gibi B madenlerine yakın olmasından kaynakladığı düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, turizm ve sanayi potansiyeli her geçen gün artan Afyonkarahisar ilinin jeotermal turizm ve sanayi tesisleri çevresinde bulunan topraklarda ve bitkilerde Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb ve B elementlerinin kapsamaları belirlenmiştir. Genel olarak bakıldığında incelenen ağır metaller yönünden çok önemli bir kirlilik bulgusuna rastlanmamakla beraber Bor ve Arsenik için aynı şeyi söylemek mümkün değildir.

Cr elementinin çalışma yapılan topraklardaki miktarı 12,81-81,61 ppm aralığında bulunmuştur. Çalışma yapılan topraklarda Cr kirliliği açısından herhangi bir soruna rastlanmamıştır. Bitkilerde ise Cr miktarı 0,06-1,06 ppm aralığında bulunmuştur. Toplam 40 lokasyondan 38'indeki bitkilerde yapılan çalışmalarda Cr kirliliği açısından sorun olmadığı, diğer 2 lokasyonda da kirlenmenin yeni başladığı tespit edilmiştir.

Co elementinin çalışma yapılan topraklardaki miktarı 4,92-19,44 ppm aralığında bulunmuştur. Çalışmamızda analizleri yapılan topraklarda Co elementi açısından bir soruna rastlanmamıştır. Bitkilerde ise Co miktarı 0,05-1,32 ppm aralığında bulunmuştur. Bitkilerde de Co elementi açısından bir soruna rastlanmamıştır.

Ni elementinin çalışma yapılan topraklardaki miktarı 7,58-44,91 ppm aralığında bulunmuştur. Çalışmamızdaki topraklarda Ni elementi açısından bir soruna rastlanmamıştır. Bitkilerde ise Ni miktarı 0,06-6,03 ppm aralığında bulunmuştur. Toplam 40 lokasyondan toplanan bitkilerden 2 lokasyonda Ni kirliliği tespit edilmiştir.

Cu elementinin çalışma yapılan topraklardaki miktarı 15,55-41,49 ppm aralığında bulunmuştur. Toplam 20 lokasyondan alınan topraklarda Cu elementi açısından bir soruna rastlanmamıştır. Bitkilerde ise Cu elementi miktarı 0,91-69,24 ppm aralığında bulunmuştur. Toplam 40 lokasyondan toplanan bitkilerden 5 lokasyonda Cu elementi açısından kirlilik tespit edilmiştir.

Zn elementinin çalışma yapılan topraklardaki miktarı 10,86-40,64 ppm aralığında bulunmuştur. Çalışma yapılan topraklarda Zn elementi açısından bir soruna

rastlanmamıştır. Bitkilerde ise Zn elementi miktarı 8,68-80,06 ppm arasında bulunmuştur. Çalışma yapılan bitkilerde de Zn elementi açısından soruna rastlanmamıştır.

As elementinin çalışma yapılan topraklardaki miktarı 6,75-228,2 ppm arasında bulunmuştur. Toprak analizleri yapılan toplam 20 lokasyonun 11'inde As elementi açısından kirlilik tespit edilmiştir. Bitkilerde ise As kapsamı 0,3-5,47 ppm arasında bulunmuştur. Analizleri yapılan toplam 40 lokasyondaki bitkilerden 20 lokasyonda As elementi açısından kirlilik tespit edilmiştir.

Cd elementinin çalışma yapılan topraklardaki miktarı 0,41-7,86 ppm aralığında bulunmuştur. Toprak analizleri yapılan toplam 20 lokasyonun 2'sinde Cd elementi açısından kirlilik tespit edilmiştir. Bitkilerde ise Cd elementi miktarı 0,04-1,03 ppm arasında bulunmuştur. Bitki analizleri yapılan toplam 40 lokasyondan 2'sinde Cd elementi açısından kirlenmenin olduğu, 3'ünde de Cd miktarının kirlenme sınırına yakın değerde olduğu tespit edilmiştir.

Pb elementinin çalışma yapılan topraklardaki miktarı 10,04-35,77 ppm arasında bulunmuştur. Çalışma yapılan 20 lokasyondaki topraklarda Pb elementi açısından bir soruna rastlanmamıştır. Bitkilerde ise 0,18-8,08 ppm arasında Pb elementi konsantrasyonu bulunmuştur. Bitki analizleri yapılan toplam 40 lokasyonda Pb elementi açısından soruna rastlanmamıştır.

B elementinin çalışma yapılan topraklardaki miktarı 1,89-16,66 ppm arasında bulunmuştur. Toprak analizleri yapılan toplam 20 lokasyondan 19'unda B elementi açısından kirlilik tespit edilmiştir. Bitkilerde ise B elementi miktarı 5,1-394,1 ppm aralığında bulunmuştur. Bitki analizleri yapılan 40 lokasyondan 10'unda B elementi açısından kirlenme tespit edilmiştir.

İnsan sağlığı açısından son derece önemli olan ağır metaller, başta bitkisel ve hayvansal üretim olmakla beraber yeryüzündeki tüm canlıları tehdit etmektedir. Yeraltı kaynaklarından yararlanma ve sanayi faaliyetlerinin artmasının insan yaşamına getirdiği kolaylıklar küçümsenmeyecek kadar çoktur fakat çevremizin gelecek kuşaklara sağlıklı bir şekilde aktarılabilmesi için gerekli önlemleri almamız gerekmektedir. Afyonkarahisar jeotermal otelcilik ve tatil köyleri bakımından önde

gelen ve hızla gelişmeye devam eden bir il olması sebebiyle jeotermal kökenli kirlenmelere karşı önlemlerin alınması gerekmektedir. Jeotermal atıkların akarsulara deşarjının önüne geçilmeli, yalnızca Ömer-Gecek jeotermal sahasında gerçekleştirilen reenjeksiyon çalışmaları tüm jeotermal sahalarla uygulanmalı ve bölgelerin topraklarında ve bitki örtüsünde düzenli olarak kirlilik analizleri yapılmalıdır. Diğer enerji kaynaklarına göre nispeten temiz ve sürdürülebilir olan jeotermal enerjiden daha fazla yararlanılmalı, ancak bu süreçte jeotermal enerjinin kaynağı olan sıcak suyun topraktaki ve kayalardaki tüm minerallerin yanı sıra zararlı elementleri de çözme ve çevreye karıştırma riskine karşı da gereken önlemler hassasiyetle planlanmalıdır.

Sanayi için devlet teşviklerinin uygulanması Afyonkarahisar'ı yatırım bölgesi haline getirmiştir. Sanayinin gelişmesi şehrin gelişme seviyesini arttırmakla beraber kirliliği de beraberinde getirmiştir. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi'nde gerçekleştirilen arıtma işlemleri ilçelerde de belediyeler tarafından organize edilmeli, denetimler sıklaştırılmalı ve sanayi atıklarını çevreye deşarj eden tesisler hakkında gerekli yasal işlemler yapılmalıdır. Atıkların karıştığı akarsulardan tarım alanlarına her türlü işlem için su çekilmesinin önüne geçilmeli, tüm akarsularda iletkenlik ve ağır metal analizleri düzenli aralıklarla yapılmamıştır. Atıklarını çevrede bulunan akarsulara deşarj eden tesislerin arıtma sistemi kurması için gerekli yasal yaptırımlar en kısa zamanda faaliyete geçirilmelidir. Jeotermal kaynakların daha verimli kullanılması çevreye verilen zararı en aza indireyecektir. Sürdürülebilir bir çevre ve insan hayatı için gerekli eğitimler çocuklara erken yaştan itibaren verilmeye başlanmalıdır. Yetişkinlerin çevre konusunda eğitimleri için de gerekli kuruluşlar halka açık etkinlikler düzenlemeli, bu etkinliklerde çevreye karşı duyarlı vatandaşlara ve tesislere küçük hediyeler verilmelidir.

KAYNAKLAR

- Ankel-Fuchs, D. and Thaurer, R.K. (1988) Nickel in Biology: Nickel as an Essential Trace Element, *Bioinorganic Chemistry of Nickel* p. 93-110 (J.R. Lancaster Jr., ed.), Verlag Chemie, Wanheim.
- Asher, C. J. (1991) *Beneficial Elements, Functional Nutrients, and Possible New Essential Elements*, İn: Micronutrients in Agriculture. 2nd ed. (J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch, eds.) Soil Sci. Soc. Amer. Book Series No: 4, Madison, W. I. USA, p. 703-723.
- Badruk, M. (2003) Jeotermal Enerji Uygulamalarında Çevre Sorunları. *Teskon-2003 Jeotermal Enerji Semineri*. 259-271.
- Bakar, C., Baba, A. (2009) Metaller ve İnsan Sağlığı: 20. Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu, *1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*, 30 Ekim-1 Kasım 2009 Ürgüp Bld. Kültür Merkezi, Ürgüp /Nevşehir, 162-184.
- Başar, H., Gürel, S. ve Katkat, A.H. (2004) İznik Gölü Havzasında Değişik Su Kaynaklarıyla Sulanan Toprakların Ağır Metal İçerikleri, *Uludağ Üni. Zir. Fak. Derg.* 18(1): 93-104.
- Başar, H., Okur, N. ve Aydınalp, C. (2001) *Bursa Ovası'nda Nilüfer Çayı ile Sulanan Şeftali Bahçelerinin Ağır Metal İçeriklerinin Araştırılması*, Tübitak/ TOGTAK Torp Proje No:2397.
- Bayçu, G. (1997) *Picea abies*'te Kadmiyum Toksisitesi ve Köklerde Kadmiyum Birikimi, *XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi* 17-20 Eylül 1996, İstanbul. Kongre Kitapçığı, Cilt: III, s: 433-442.
- Bayrak, G. (2004) *Gala Gölü ve Çevresinde Ağır Metal Derişiminin Dinamiği*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 59 s.
- Bayşu, N. ve Ersoy, E. (1986) Biyokimya, A.Ü. Veteriner Fak. Yayınları No: 408, Ders Notları, Ankara, 989 s.
- Bergeland, M.E., Rurh, G.R., Stack, R.L. and Emerick , R.J. (1976) *Arsenik Toxicosis in Cattle Associated with Soil and Water Contamination From Mining Operations*, 19th Annual Proceedings American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, 1461: 311-316.
- Bergmann, W. (1992) *Nutritional Disorders of Plant*, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, Germany, 741 s.
- Boğa, A. (2007) Ağır Metallerin Özellikleri ve Etki Yolları, *Arşiv Kaynak Tar. Der.*, 16: 218-234.
- Bollard, E.G. (1983) Involvement of Unusual Elements in Plant Growth and Nutrition, p. 695-755. in: *Encyclopedia of Plant Physiology*, New Series (A. Läuchili and R.L. Bielecki, eds.) Vol. 15B, Springer-Verlag, Newyork.

- Bowen, H.J.M. (1979) *Environmental Chemistry of the Elements*, Academic Press, London, 333s.
- Bulut, Y. (2003) *Çeşitli Bitkisel Atıklar Üzerinde Ağır Metal Adsorbsiyon Kinetiği ve Dengesinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 121 s.
- Camgöz, B., Saç, M.M., Bolca, M., Özen, F., Oruç, Ö.E. ve Demirel, N. (2010) Termal Suların Radyoaktivite ve Kimyasal İçeriklerinin İncelenmesi; İzmir, Seferihisar Bölgesi Örneği, *Ekoloji*, 76: 78-87.
- Chen, Z.S., Lin H.T. and Hseu Z.Y. (2001) Transfer of Cadmium into the Food Chain from Aquatic and Agricultural Ecosystems. *In 'Environmental Cadmium in Food Chain: Sources, Pathways and Risks*. 110-115 pp.
- Çağlarırnak, N. ve Hepçimen, A.Z. (2010) Ağır Metal Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi, *Akademik Gıda*, 8(2): 31-35
- Çavuşoğlu, K., Budak, A. ve Çakır-Arıca, Ş. (2008) Kırıkkale-Kırşehir Karayolunda Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması, *Fırat Üni. Fen ve Müh. Bil. Der.*, 20(2): 223-231.
- Dağdeviren, Ş. (2007) *Çorlu ve Civarındaki Topraklarda Ağır Metal Konsantrasyonunun Belirlenmesi ve Sonuçlarının Yapay Sinir Ağları İle Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, 106s.
- Dixon, N.E., Gazola, C., Blakeley, R.L. and Zerner, B. (1975) Jack Bean Urease. A Metalloenzyme. A Simple Biological Role for Nickel, *J. Am. Chem. Soc.*, 97: 4131-4133.
- Doğan, M. (2003) Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi Atık Suları ile Sulanan Soğanda (*Allium cepa* L.) Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma, *Ekoloji*, 48(12): 1-3.
- Doğan, A. ve Liman, B.C. (1994) Kars ve Erzurum Bölgelerindeki Yem ve Yem Maddelerinde Arsenik Düzeyleri, *A.Ü. Vet. Fak. Derg.*, 41(2): 226-233.
- Doğdu, M.Ş. ve Bayarı, C.S. (2002) Akarçay Havzasında (Afyon) Jeotermal Kökenli Kirlenme: 1. Akarçay Nehrinde Su ve Sediman Kirliliği, *Yerbilimleri*, 25: 25-33.
- Dökmeci, İ., ve Dökmeci, A. H. (2005) Toksikoloji Zehirlendirmede Tanı ve Tedavi, *Nobel Tıp Kitabevleri*, 4.Baskı, Ankara, 675s.
- Erdoğmuş, E., Sevinç, S. ve Akçan, K. (2004) Borun Canlılara ve Çevreye Etkisi, *Ekoloji Mag. Der.*, 2: 30-35.
- Erdoğrul, Ö., Tosyalı, C. ve Erbilir, F. (2005) Kahramanmaraş'ta Yetiştirilen Bazı Sebzelerde Demir, Bakır, Mangan, Kadmiyum ve Nikel Düzeyleri, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üni. Fen ve Müh. Der.*, 8(2): 27-29.
- Eren, M. (2004) Bor'un Biyolojik Önemi ve Metabolizma Üzerine Etkileri, *Erciyes Üni. Vet. Fak. Der.*, 1(1): 55-59.
- Eyüpoğlu F., Kurucu, N. ve Talaz, S. (1996) *Türkiye Topraklarını Bitkiye Yararlı Bazı Mikroelement (Fe,Cu,Zn,Mn) Bakımından Genel Durumu*, S: 1-72.

Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü Genel Yayın No.217, Seri No.R-133, Ankara.

- Gartrell, J.W. (1981) *Distribution and Correction of Copper Deficiency in Crops and Pastures*, İn: Copper in Soils and Plants. (J.F.Loneragon, ed.) Academic Press, Sydney, Australia, p. 313-350.
- Geiger, G., Federer P. and Sticher H, (1993) Reclamation of Heavy Metal Contaminated Soils: Field Studies and Germination Experiments, *J. Environ. Qual.*, 22:(1) 201-207.
- Gemici, Ü. and Tarcan, G. (2002) Distribution of Boron in Thermal Waters of Western Anatolia, Turkey, and Examples of Their Enviromental İmpacts, *Environ. Geo.*, 43: 87-98.
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N., Yorgancılar, M., Ceyhan, E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, İ., Işık, Y., Şeker, C. and Babaoğlu, M. (2001) *Determination of B Contents of Soils in Central Anatolian Cultivated Lands and Relations Between Soil and Water Characteristics*, Boron in Plant and Animal Nutrition. Edited by Goldbach et al., Kluwer Academic/Plenum Publishers, Newyork.
- Goyer, R. A. (1991) *Toxic effects of metals. In: Caserett and Doull's Toxicology, The Basic Science of Poisons* (Eds. Amdur M. O., Doull, J., Klaassen, C. D.) Pergamon Press, New York, 1032s.
- Gregory, S. ve Kelly, N.D. (1997) Boron: A Review of its Nutritional İnteractions and Therapeutic Uses, *Altern. Med. Rev.*, 2(1): 48-56.
- Habashi, f. (1997) *Handbook of Extractive Metallurgy*, Vol. 2, SelectedWorks, WILEY-VCH Germany, 2426s.
- Hakerlerler, H., und Höfner, W. (1984) Schwermetallbelastung von Olivenanlagen Durch Immissionen Einer Düngelmitterfabric, *Zf.F.Pflanzenernah, u.Bodenk*, 147(4): 526-529.
- Haktanır, K. (1987) *Çevre Kirliliği*, A.Ü. Ziraat Fakültesi Ders notu, Teksir no:140.
- Hapke, H.J. (1988) *Toxikologie für Veterinarmendiziner*, 2 Neubearbeitete Auflage, Ferdinant Enke Verlag, Stuttgart, 609s.
- Hill, J., Rabson, A.D. and Loneragon, J.F. (1978) The Effects of Copper and Nitragen Supply on the Retranslocation of Copper in four Cultivars of Wheat, *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 925-939.
- Jones, J.B. Jr., Wolf, B. and Mills, H.A. (1991) *Plant Analysis Handbook*, Micro-Macro Publishing, Inc., USA, p. 1-213.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (1984) *Trace Elements in Soils and Plants*, CRS Press, Boca Raton, FL. USA., p. 315.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (1992) *Trace Elements in Soils and Plants*, 2nd ed., CRS Press, London, p. 365.

- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (2001) *Trace Elements in Soils and Plants*, 3rd ed., CRC Press, U.S.A., p. 613.
- Kacar, B. (1984) *Bitki Besleme*, 2. Baskı, A.Ü. Z,raat Fak. Yayınları, A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Kacar, B. ve Katkat,V. (2007) *Bitki Besleme*, 3. Baskı, Nobel Yayınları, Ankara/Türkiye, 659s.
- Kafadar, F.N. ve Saygıdeğer, S. (2010) Gaziantep İlinde Organize Sanayi Bölgesi Atık Suları İle Sulanan Bazı Tarım Bitkilerinde Kurşun (Pb) Miktarının Belirlenmesi, *Ekoloji*, 75(19), 41-48.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal,G., Güven, A. ve Timur, S. (2007) Metallerin Çevresel Etkileri-I, *Metalurji*, 136. Sayı, erişim adresi: (http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf, erişim tarihi: 02.11.2012)
- Karanlık, S. (1995) *Orta Anadolu, Çukurova ve Gap Bölgeleri Topraklarında Total ve Bitkilerce Alınabilir Mikroelementlerin Konsantrasyonlarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana 69s.
- Keleş, C.T. (2007) *Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 62 s.
- Kervankıran, İ. (2012) Afyonkarahisar İlinde Jeotermal Enerji Kullanımı ve Sorunları, *Marmara Coğ. Der.*, 25: 108-126.
- Kılıç, Ö. ve Kılıç, A.M. (2009) Jeotermal Enerjinin Ülkemiz Açısından Önemi ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, *TMMOB Jeotermal Kongresi*, Bildiriler Kitabı 23-25 Aralık 2009, Ankara, 93-104.
- Kırbağ-Zengin, F. ve Munzuroğlu, Ö. (2005) Kobalt (Co⁺²) ve Çinko (Zn⁺²)' nun Fasülye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Etkileri, *F.Ü. Fen ve Müh. Bil. Derg.*, 17(1): 97-106.
- Kloke, A. (1980) Orientierungsdaten für Tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kuturboden Mitt, *VDLUFA, H 1-3,9-11*.
- Korentajar, L., 1991. A Review of the Agricultural Use of Sewage Sludge. Benefits and Potential Hazards. *Water SA*. 17 (3) 189-196.
- Krauskopf, K.B. (1972) *Geochemistry of Micronutrients*, İn: J. J. Monvedt, P.M. Giordano and W.L. Lindsay, Eds., *Micronutrients in Agriculture*, Soil Science Society of America, Madison WI, p. 31-33.
- Marchiol, L., Assolari, S., Sacco, P. ve Zerbi, G., (2004) Phytoextraction of Heavy Metals by Canola (*Brassica napus*) and Radish (*Raphanus sativus*) Grown on Multicontaminated Soil, *Environ. Pollut.*, 132, 21-27.
- Marks, E.S., Hart, J.and Stevens, R.G. (1999) *Soil Test Interpretation Guide*, Oregon State University Extension Service, EC 1478, Reprinted August 1999: 1-8.

- Mengel, K., Kirkby, E.A. (2001) *Principles of Plant Nutrition*, 5. baskı, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Netherlands, 849s.
- Mico, C., Peris, M., Recatala, L. ve Sanchez, J. (2007) Baseline Values for Heavy Metals in Agricultural Soils in an European Mediterranean Region, *Sci. Total Environ.*, 378:13–17.
- Munzuroğlu, Ö. ve Gür, N. (2000) Ağır Metallerin Elma (*Malus slyvestris* Miller cv. Golden)'da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. *Turk J.Biol.* (24) 677-684.
- NAS, (1997) Arsenic Drinking Water and Health, Washington, DC: *Nat. Acad. Sci.*, 316-344, 428-430.
- Nichol, R.D. and Beckett, P.H.T. (1985) *Plant Soil*, Vol:85, 107-129.
- Nuhoğlu, Y., Malkoç E., Gürses, A. ve Canpolat, N. (2002) Removal of Cu(II) from Aqueous Solution by *Ulothrix zonata*, *Biores. Tech.* 85(3): 331-333.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M. ve Pehlivan, M. (2009) Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri, *Alınteri*, 17(B): 14-26.
- Oprea, G., Michnea, A., Mihali, C., Şenilă, M., Roman, C., Jelea, S., Butean, C. ve Barz, C. (2010) Arsenic and Antimony Content in Soil and Plants from Baia Mare Area, Romania, *Amer. J. Earth Sci*, 6 (1):33-40
- Osma, E., Serin, M. Leblebici, Z. ve Aksoy, A. (2012) Heavy Metals Accumulation in Same Vegetables and Soils in İstanbul, *Ekoloji* 82(21): 1-8.
- Öktüren-Asri, A., Sönmez, S. (2007) Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri, *Derim*, 23(2): 36-45.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H. (1995) *Toprak Bilimi*, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın NO: 73 Ders Kitapları Yayın No: 16, ADANA 816s.
- Özku, C. (2003) *İzmit Cıvartı (Kocaeli), Endüstrileşmenin Toprak Ağır Metal Derişimine Etkisi, Öncel Çalışma*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, 67s.
- Özku, C., Tokel, S. ve Savaş, M. (2011) Emet (Kütahya) Neojen Havzası Topraklarında Saptanan Jeojenik Arsenik ve Antimon Anomalileri, *Dumlupınar Üni. Fen Bil. Enst. Der.*, 25: 91-102.
- Özyılmaz, G. (1999) *İskenderun Körfezinde Endüstri Kuruluşlarının Neden Olduğu Hava ve Toprak Kirliliği*, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, 126s.
- Rademacher, P. (2001) *Atmospheric Heavy Metals and Forest Ecosystems. ICP Forest Programme Coodinating Centre*, UNIECE and EC, Geneva and Brussels Prited in Germany.
- Robinson, B.H., Green, S.R., Chancerel, B., Mills, T.M. ve Clothier, B.E. (2007) Poplar for the Phytomanegement of Boron Contaminated Sites, *Environ. Pollut.*, 150: 225-233.

- Robson, A.D. and Reuter, D.J. (1981) *Diagnosis of Copper Deficiency and Toxicity*, In: Copper in Soils and Plants. (J.F. Loneragon, ed.) Academic Press, Sydney, Australia, p. 313-350.
- Rose, A.W., Hawkes, H.E. and WEBB, J.S. (1979) *Geochemistry in Mineral Exploration*, 2nd ed. Academic Press, New York, p. 657.
- Ross, R.G. ve Stewart, D.K.R. (1969) Cadmium Residues in Apple Fruit and Foliage Following a Cover Spray of Cadmium Chloride, *Can. J. Plant Sci.*, 49: 49-52.
- Rout, G.R. and Das, P. (2003) Effect of Metal Toxicity on Plant Growth and Metabolism, *I. Zinc Agron.*, 23: 3-11.
- Sauerbeck, D. (1982) *Nelche Schwermetall Gehalte in Pflanzen Dürren Nicht Überschritten Werden*, um Wachstumseintragungen zu Vermeiden, Landwirtsch, Forsch, Sonderheft 39, Kongressband, 108-129.
- Sauerbeck, D. (1985) *Funktionen, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus Agrikultur Chemischer Sicht.*, Materialien zur Umweltforschung, Kohlhammer, Stuttgart.
- Saygıdeğer-Demir, B. (2005) *Borun İnsan ve Bitki İçin Önemi ve Bazı Üzüm Çeşitlerinde Bor Tayini*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana. 57s.
- Saygıdeğer, S. (1995) *Lycopersicum esculentum L.* Bitkisinin Çimlenmesi ve Gelişimi Üzerine Kurşunun Etkileri, 2. *Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*, 11-13 Eylül 1995, Ankara, 588-597.
- Scheffer, F. ve Schachtschabel, P. (1989) *Lehrbuch der Bodenkunde*, 12 neu Bearb, Aufl. Unter Mitarb, Von W.R., Fischer Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
- Schmidt, J.P. (1997) Understanding Phytotoxicity Thresold for Trace Elements in Land Applied Sewage Sludge, *J. Environ. Qual*, 26. 4-10.
- Schwarz, T. Busch, A. und Lenk, R. (1991). Erste Untersuchungen zuz Belastung van Futtermitteln R,ndern und Lebensmittel Tierischer Herkunft aus Unterschiedlichen Produktionsgebieten Sachsens mit Blei, Kadmium und Arsen, *Dt. Tierarzt. Wschr.*, 98: 369-372.
- Şanlı, Y. Ve Kaya, S. (1984) Biyolojik Materyalde Arsenik Aranması, *A.Ü. Vet. Fak. Derg.*, 31(1): 1-14.
- Şener, Ş. (2007) Çevre İçin Jeoloji; Ağır Metallerin Çevresel Etkileri, *Sdugo e-dergi* 3(1): 33-35.
- Şimşek, C. (2005) Balçova Jeotermal Sahasında Bor ve Arsenik Kirliliği, *Türk Tesisat Kongresi, Teskon-2005*, Jeotermal Seminer Kitabı 23-26 Kasım 2005, 361-368.
- Smith, K.A. (1990) *Manganese and Cobalt in Haevy Metals in Soils*, Ed. B.J. Alloway, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- T.C. Resmi Gazete, *Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*, 25831, 2005.

- Tsushida, T. and Takeo, T. (1977) Zinc, Copper, Lead and Cadmium Contents in Green Tea, *J. Sci. Food. Agric.*, 28: 255-258.
- Tuna, A.L., Yağmur, B., Hakerlerler, H., Kılınç, R., Yokaş, İ. ve Bürün, B. (2005) *Muğla Bölgesindeki Termik Santrallerden Kaynaklanan Kirlilik Üzerine Araştırmalar*, Muğla Üniversitesi Yayınları, Muğla/Türkiye, 117s.
- Türkan, İ. (1986) İzmir İl Merkezi ve Çevreyolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Kurşun, Çinko ve Kadmiyum Kirlenmesinin Araştırılması, *Doğa Bil. Der., Tr.Bio. D.*, 10 (1): 116-125.
- Tok, H.H., Adiloğlu, A., Öner, N. Gönülsüz, E. ve Adiloğlu, S. (2004) Heavy Metal Concentrations in Irrigation Waters and Rice Culture İn the Central Trakya Region, *BENA International Symposium on "Transboundary Pollution "*, Under the Aegis of the Universty of Western Macedonia, Florina, May. 2004. (Basılmamıştır.)
- Ure, A.M. and Berrow, M.L. (1982) *Elemental Constituents of Soils*, Enviromental Chemistry Vol. 2.
- Xu, J., Yang, L., Wang, Z., Dong, G., Huang, J ve Wang, Y. (2006) Toxicity of Copper on Rice Growth and Accumulation of Copper in Rice Grain in Copper Contaminated Soil, *Chemosphere*, 62: 602-607
- Yang, B., Shu, W.S., Ye, Z.H., Lan, C.Y. ve Wong, M.H. (2003) Growth and Metal Accumulation in Vetiver and Two Sesbania Species on Lead/Zinc Mine Tailings, *Chemosphere*, 52: 1593-1600.
- Yağmur, F. ve Hancı, I.H., (2002) Arsenik, *Sted*, 11(7): 250-251.
- Yılmaz, O. ve Ekici, K. (2004) Van Yöresinde İçme Sularında Arsenikle Kirlenme Düzeyleri, Bilimsel Araştırma Projesi Proje No: 2000-vf-066. *YYÜ. Vet. Fak. Derg.* 15(1-2): 47-51.
- Yusuf, A.A., Arowolo, T.A. ve Bamgbose. O. (2003) Cadmium, Copper and Nickel Levels in Vegetables From İndüstriyal ve Residential Areas of Logos City/ Nigeria, *Food Chem. Toxicol.*, 41: 375-378.
- Zheljazkov, V.D. and Nielsen N.E. (1996) Effect of Heavy Metals on Peppermint and Commint, *Plant Soil*, 178 (1): 59-66.
- Zorlu, S. (2006) *Kırka (Eskişehir) Bor Yatakları Çevresindeki Biyojeokimyasal Anomalilerin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 132 s.

www.empol.com.tr/sir_boyalari.asp



ÖZGEÇMİŞ

Muhammed ÖZKUL

Cep: (0505) 463 77 84

e-mail: muhammedozkul03@gmail.com

KİŞİSEL BİLGİLER

Uyruğu : T.C
Doğum Yeri : Afyonkarahisar
Doğum Tarihi : 13-04-1987
Medeni Durum : Bekar

EĞİTİM DURUMU

2005 - 2010 : Muğla Üniversitesi, Biyoloji Derece: 3,14 /4
2001 - 2004 : Afyon Lisesi Derece: 3.56 /5

BİLGİSAYAR

Windows NT, XP. 7 Microsoft Ofis 2003, 2007; Excel, Word, PowerPoint, Access, Internet, Dreamweaver CS 5, Photoshop CS 2.

İLGİ ALANLARI

Sosyal geziler, Salon futbolu

İŞ TECRÜBESİ

Afyon Özel Fuar Hastanesi / Biyolog / 2010 – 2011
T.C. Çalışma ve İş Kurumu / İş ve Meslek Danışmanı (Halen)

SERTİFİKALAR

Halk Sağlığı Alanında Mesul Müdürlük
Bilgisayar İşletmenliği